

レーザー誘起ブレイクダウン発光分光法による プルトニウムスペクトルの測定

—高分解能分光スペクトル (350-670nm) —

Measurement of Plutonium Spectrum using Laser Induced Breakdown Spectroscopy
-High Resolution Spectroscopy (350-670nm)-

赤岡 克昭 大場 正規 宮部 昌文 音部 治幹
若井田 育夫

Katsuaki AKAOKA, Masaki OBA, Masabumi MIYABE, Haruyoshi OTOBE
and Ikuo WAKAIDA

福島研究開発部門
福島研究開発拠点
廃炉国際共同研究センター
遠隔技術ディビジョン

Remote System and Sensing Technology Division
Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science
Fukushima Research Institute
Sector of Fukushima Research and Development

March 2020

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Research

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<https://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 研究成果管理課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方2番地4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Institutional Repository Section,
Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department,
Japan Atomic Energy Agency.
2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2020

レーザー誘起ブレイクダウン発光分光法によるプルトニウムスペクトルの測定
- 高分解能分光スペクトル (350-670nm) -

日本原子力研究開発機構
福島研究開発部門 福島研究開発拠点
廃炉国際共同研究センター 遠隔技術ディビジョン

赤岡 克昭、大場 正規、宮部 昌文、音部 治幹⁺、若井田 育夫

(2020年1月7日 受理)

低除染のマイナーアクチノイド (MA: Minor Actinide) 含有混合酸化物 (MOX: Mixture Oxide) 燃料等の様に γ 線・中性子線の影響が排除できない燃料の分析、あるいは東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所事故で生成された燃料デブリの分析等の様に高い放射線場における核燃料物質の分析には、迅速かつ簡便な遠隔分析手法の開発が求められている。レーザー誘起ブレイクダウン発光分光法 (LIBS) は非接触で直接しかも迅速に分析できることから、これらの分析に適用可能な方法の一つとして考えられる。LIBS を用いた核燃料物質の組成・不純物分析においては、核燃料物質であるプルトニウム (U) やプルトニウム (Pu) 等の複雑でスペクトル密度が高い発光スペクトルと不純物のスペクトルとを明確に区別する必要がある。そのためには、これら核燃料物質の LIBS による発光スペクトル出現特性を明らかにする必要がある。そこで、波長分解能が $\lambda/50000$ の高分解能 Echelle 型分光器を用いて、350~470nm 及び 470~670nm の波長域のプルトニウムの発光スペクトルを測定した。測定したスペクトルについて分光器の感度及び波長の較正を行うことにより、分析に使用可能と思われるスペクトルを同定し、原子スペクトル 465 本、一価のイオンスペクトル 341 本を LIBS 用データとしてまとめた。また、測定したスペクトルの波長が公表されている値と矛盾なく一致することを示し、本データの信頼性を確認した。

**Measurement of Plutonium Spectrum using Laser Induced Breakdown Spectroscopy
-High Resolution Spectroscopy (350-670nm)-**

Katsuaki AKAOKA, Masaki OBA, Masabumi MIYABE,
Haruyoshi OTOBE⁺ and Ikuo WAKAIDA

Remote System and Sensing Technology Division
Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science
Fukushima Research Institute
Sector of Fukushima Research and Development
Japan Atomic Energy Agency
Tomioka-machi, Futaba-gun, Fukushima-ken

(Received January 7, 2020)

Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) method is an attractive technique because real-time, in-situ and remote elemental analysis is possible without any sample preparation. The LIBS technique can be applied for analyzing elemental composition of samples under severe environments such as the estimation of impurities in the next generation nuclear fuel material containing minor actinide (MA) and the detection of fuel debris in the post-accident nuclear core reactor of TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. For applying LIBS to the analysis of nuclear fuel materials, it is indispensable to identify the emission spectrum and its intensity on impurities intermingled within complex emission spectra of matrix elements such as uranium (U) and plutonium (Pu). In the present study, an echelle spectrometer with a resolving power of 50,000 was employed to identify spectra of plutonium of wavelength ranging from 350 to 670nm. The 465 atomic spectra and 341 ionic spectra can be identified. We have confirmed that the measured wavelength of spectra is consistent with published values.

Keywords: Laser Induced Breakdown Spectroscopy, Plutonium, Nuclear Fuel, Echelle Spectrometer

⁺Fuels and Materials Engineering Division, Nuclear Science and Engineering Center

目 次

1. 緒言	1
2. 実験方法	1
3. 結果および解析	3
3.1. スペクトル測定結果	3
3.2. 分光システムの感度較正	3
3.3. スペクトルの同定及び波長較正	5
4. 結言	6
謝辞	6
参考文献	6
付録	9
付録 1 プルトニウムスペクトル (343-472nm)	11
付録 2 プルトニウムスペクトル (469-678nm)	54
付録 3 プルトニウムスペクトルデータ (343-472nm)	124
付録 4 プルトニウムスペクトルデータ (469-678nm)	136

Contents

1. Introduction	1
2. Experimental procedure	1
3. Results and analysis	3
3.1. Emission spectra	3
3.2. Calibration of sensitivity	3
3.3. Calibration of wavelength and identification of spectra	5
4. Concluding remarks	6
Acknowledgements	6
References	6
Appendixes	9
Appendix 1 Measurement spectra of plutonium(343-472nm)	11
Appendix 2 Measurement spectra of plutonium(469-678nm)	54
Appendix 3 Identified spectra data of plutonium(343-472nm)	124
Appendix 4 Identified spectra data of plutonium(469-678nm)	136

This is a blank page.

1. 緒言

レーザー誘起ブレイクダウン発光分光 (LIBS: Laser Induced Breakdown Spectroscopy) 法は、パルスレーザー光を試料に照射し、そこから発生するプラズマ発光を分光することにより、その場でリアルタイムに固体・液体・気体等を構成する元素組成を分析する方法である¹⁾。この LIBS による分析はレーザー及びレーザー光集光器、プラズマ発光集光器とその発光を分光する分光器等の非常に簡単な装置構成で計測が可能であり、試料の元素組成を ppb から数%の広い濃度範囲で測定が可能である。このことから、これまでに国内外で基礎から応用まで、数多くの研究がなされている^{2),3)}。この LIBS による分析法は原子力分野においても研究が行われ、核燃料物質中に含まれる数 100 ppm の不純物についての適用研究例もあり⁴⁾、再処理工程の管理分析への導入についても検討が始まっている^{5),6)}。我々は資源の有効利用や環境負荷の低減、更には核拡散抵抗性等の利点があることから、次世代炉心燃料として利用が検討されている⁷⁾ 低除染のマイナーアクチノイド (MA: Minor Actinide) 含有混合酸化物 (MOX: Mixture Oxide) 燃料へ LIBS を適用するための研究⁸⁾⁻²¹⁾を進め、U や Pu の分析で障害となる強い γ 線や中性子線の影響を低減し得る手法として LIBS による遠隔分析性能を評価してきた。さらに、本手法は東京電力福島第一原子力発電所における炉心熔融事故で生成された燃料デブリのその場遠隔分析へ適用できる可能性が高いことから、その適用研究を開始しており²²⁾、分析に不可欠となる核燃料物質の分光データを取得している²³⁾。

LIBS においては、分析に使用する試料のスペクトルの単独性やスペクトル強度等のスペクトル自身の特性と共に、測定時のスペクトルの安定性や高い精度を得るために、そのスペクトルに関与するエネルギーレベルを明らかにすることが重要である。これらの目的のために、これまで測定波長域が 250~1050nm で分解能が $\lambda/8000$ の Echelle 型広帯域分光器でウランスペクトルの分光を行い、データとしてまとめた¹⁰⁾。更に、 $\lambda/50000$ の分解能の波長域の異なる 2 種類の Echelle 型高分解能分光器を用いて、隣接するスペクトルと重なり合うことがなく、互いに干渉しない分解能が高く、スペクトルのデコンボリューションなどの複雑な解析^{8),11),19)}をする必要のないウランスペクトルを測定し、350~470nm²⁰⁾及び 470~670nm²¹⁾の範囲のデータをまとめた。

本報告では、同時測定可能波長域 350~470nm 及び 470~670nm、分解能 $\lambda/50000$ の Echelle 型分光器を用い、低除染 MOX 燃料や熔融燃料デブリの分析へ LIBS を適用する際に必要となる詳細なプルトニウムスペクトルを測定・同定した結果について報告する。更に、未知のスペクトルの中からプルトニウムのスペクトルとして同定し、評価するために有用である分光器の絶対波長に対する測定波長の相関及び振動子強度の公表値に対する測定値の相関について議論する。

2. 実験方法

実験装置の概要を Fig. 1 に示す。実験はグローブボックス内に設置した密閉できる分析容器内を 2kPa の Ar ガスで満たし、その中に試料を設置して行った。試料は、数 100mg のプルトニウム酸化物粉末 PuO_2 ($\text{Pu}^{239}:\text{Pu}^{240}=97.4:2.6$) を約 16MPa の圧力でプレス成型器により厚さ約 1mm、直径約 6mm のディスク状に圧縮成型し、NUCEF 施設内の鉄セル (TRU-HITEC) に設置して

ある高温ヒーターを用いて温度 1650K で 16 時間、4% H_2/He 還元雰囲気中にて焼結した。使用したレーザー光源は Q スイッチ Nd:YAG レーザー (Brilliant Eazy) で、ビーム径 8mm、波長 532nm、繰返し数 10Hz、パルス幅 5ns である。レーザー光強度は波長板と偏光ビームスプリッターキューブを用いて 5mJ/pulse に調節した。このレーザー光を光学窓を通して

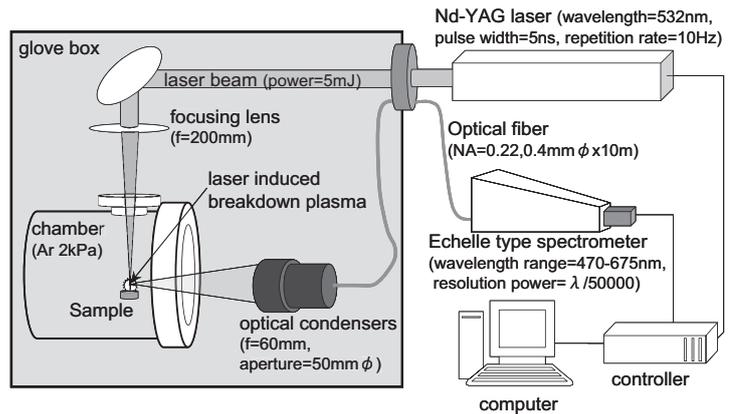


Fig. 1 Experimental setup

グローブボックス内に導き、焦点距離 200mm の平凸レンズで分析容器内の試料表面に直上から 100 パルス集光照射した。発生したブレイクダウン発光は分析容器の外で、レーザー入射方向とは垂直をなす角度から焦点距離 60mm、有効径 50mm の蛍光集光器で NA=0.22、コア径 0.4mm の紫外グレードの石英ファイバーに集光し、このファイバーによりグローブボックス外に導き出した。グローブボックス外ではこのブレイクダウン発光を 350~470nm 及び 470~670nm の測定波長域を持つ 2 台の ICCD カメラ付 Echelle 型高分解能イメージング分光器 (LTB ARYELLE 400) により時間分解分光を行い、スペクトルを測定した。なお、測定に際してはレーザー光 100 パルス分を ICCD 上で積算した。レーザー照射から観測までの観測遅延時間と観測時間幅は、それぞれ 5 μ s、10 μ s に設定した。実験パラメータ等の詳細を Table 1 に示す。

Table 1 Experimental conditions and apparatuses

Laser	Q-switched Nd-YAG laser (Brilliant Eazy / Qauntel)
Wavelength	532nm
Pulse width	5ns
Repetition rate	10Hz
Energy	5mJ/pulse
Beam diameter	8mm
Focal length of focusing lens	200mm
Spectrometer	Echelle Spectrograph (ARYELLE 400 / LTB)
Resolution of wavelength	$\lambda/50000$ (@3pixels)
Range of wavelength	Short wavelength range type 350~470nm(@1shot) Long wavelength range type 470~670nm(@1shot)
Delay	5 μ s
Gate duration	10 μ s
Number of integrate	100
Optical fiber	200-1050nm transmission / 400 μm core / 10m length
Optical condenser	50mm aperture / 60mm focus length
Atmosphere	Ar (2kPa)

3. 結果および解析

3.1. スペクトル測定結果

Fig. 2 に測定波長域 350~470nm の分光器で測定したプルトニウムのスペクトルの相対強度を、Fig. 3 に測定波長域 470~670nm のスペクトルの相対強度を示す。一回の測定で、レーザー光を 100 ショット照射し、ICCD カメラ上で積算されたブレイクダウン発光スペクトルを取得する。この測定を 100 回繰り返し、更にそれらを積算したスペクトルである。従って、100 ショット×100 測定であることから、10000 ショットの繰り返し測定の結果である。それぞれ、約 120nm、約 200nm の範囲に非常に多くのスペクトルが混在していることが判る。

3.2. 分光システムの感度較正

Echelle 型分光器は、その原理上、多くの次数の回折光を同時に測定しているため、スペクトル強度を広範囲で比較する場合には、検出素子である ICCD カメラの感度に加え、それぞれの次数における感度をも較正する必要がある。例えば Fig. 4 及び Fig. 5 に示した連続光である標準光源 (L7810-02/浜松ホトニクス) 光を Echelle 型分光器で測定したスペクトルを見ると、破線で示したただらかに減少する放射照度を持つ標準光源のスペクトルが、数 nm 間隔で山のような盛り上がったスペクトルとして観測される。これが、Echelle 型分光器の特徴であり、それぞれの山は異なる次数で回折したスペクトルである。このような各回折次数による多くの山がスペクトルにあ

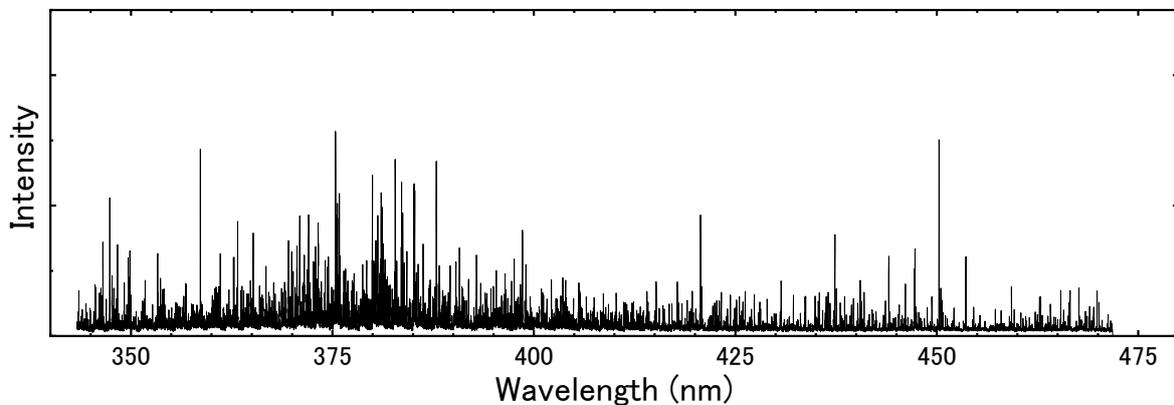


Fig. 2 Emission spectra of plutonium (350-470nm wavelength range)

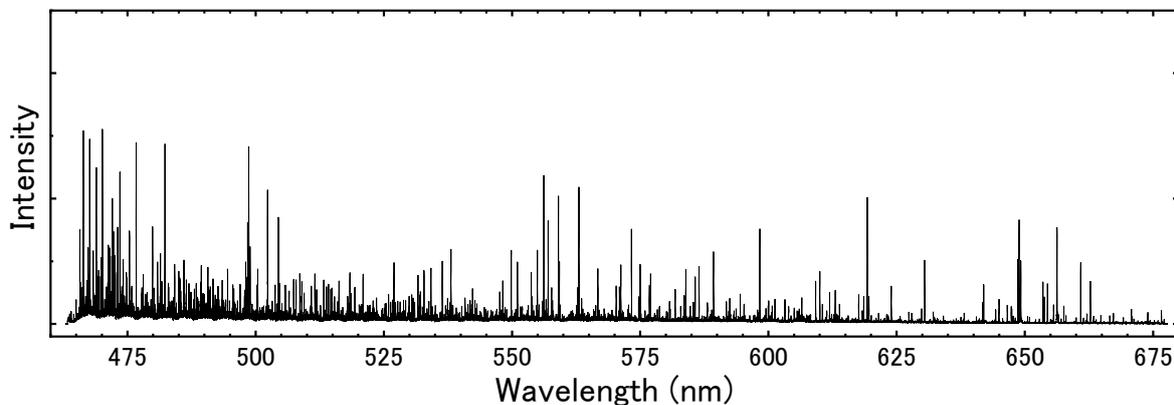


Fig. 3 Emission spectra of plutonium (470-670nm wavelength range)

らわれるため、他の分光器により得られたスペクトルとの比較が困難であるだけでなく、同じ分光器内における異なる回折次数に現れるスペクトルの強度の直接比較も難しくなる。

そこで、我々は上で測定した際に用いた集光器、光ファイバー、分光器など、同じ光学系を用いて、あらかじめ分光放射照度の判っているキセノンランプの標準光源 (L7810-02/浜松ホトニクス) を分光し、標準光源の分光放射照度のスペクトルをその測定スペクトルで除したスペクトルをファクターとして、測定された先のプルトニウムのスペクトルに乗ずることによりスペクトルの強度を校正した。その結果を Fig. 6 及び Fig. 7 に示す。校正前のスペクトル Fig. 2 及び Fig. 3 と比較すると各スペクトルの強度が異なっているのが判る。

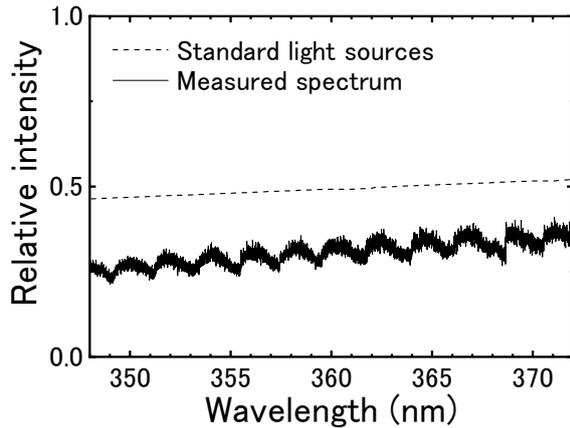


Fig. 4 Emission spectra of standard light (350-470nm wavelength range)

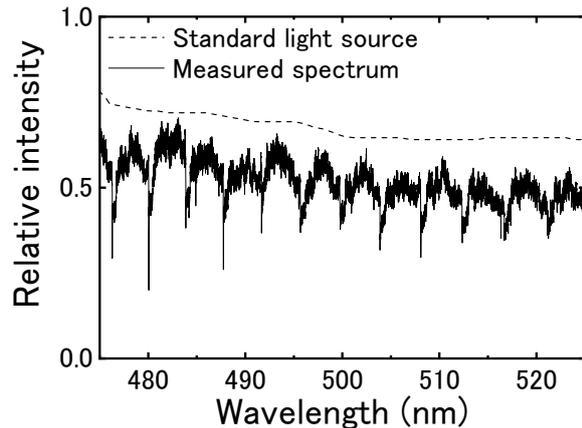


Fig. 5 Emission spectra of standard light (470-670nm wavelength range)

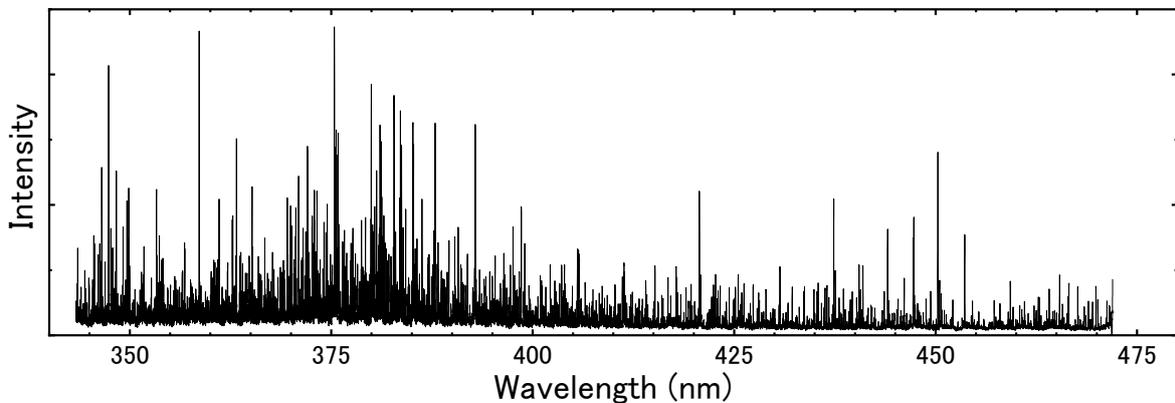


Fig. 6 Calibrated spectra of plutonium (350-470nm wavelength range)

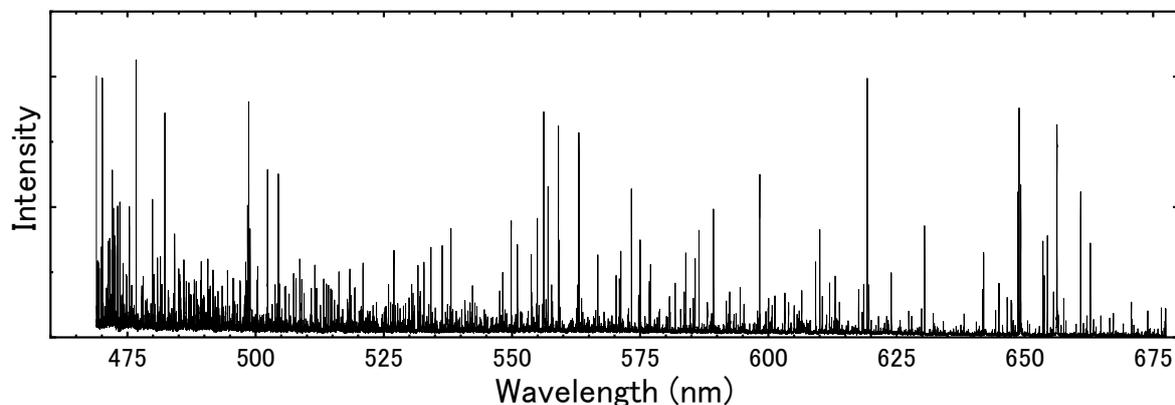


Fig. 7 Calibrated spectra of plutonium (470-670nm wavelength range)

3.3. スペクトルの同定及び波長較正

これらの結果を元に Fig. 6 及び Fig. 7 で示した範囲のプルトニウムスペクトルについて同定を行った。スペクトルの同定には、スペクトル解析ソフト PLASUS SpecLine と Argonne National Laboratory のプルトニウムスペクトルデータ (ANL-83-95)²⁴⁾を使用した。なお、同定は大気波長で行った。プルトニウムでは多くのスペクトルが存在し、その中には原子やイオン等のいまだに同定されていないスペクトルが多数混在している。一般的に Echell 型分光器は機械的に動作する機構がないことから、その相対波長制度は回折格子からの幾何学的位置で決定される。一方、絶対波長精度は温度環境等によって変化することから、逐一 Hg ランプ等で構成しなければならない。このため、絶対波長制度より相対波長精度のほうが優れている。従って、これらのことを考慮してスペクトルの同定を行わなければならない。そこで、データベースに掲載されているスペクトル同士の波長差を相対波長として、該当するスペクトルの波長差の組み合わせが一致する測定スペクトルを抽出することにより、スペクトルの同定を行った。この際、信頼性が低い測定スペクトルの絶対波長は ICCD の分解能 (3 ピクセル) の 5 倍を基準に ± 15 ピクセル (絶対波長で $\pm \lambda/10000$) 程度の範囲内で探索した。また、隣接するスペクトル間の相対的な波長差が分解能の 2 倍 (相対波長で $\pm 2\lambda/50000$) 程度の範囲内に収まるように探索した。この様にして ANL-83-95 と比較することによって同定を行った結果、分析に使用可能と思われるスペクトルとして、原子スペクトル 465 本、一価のイオンスペクトル 341 本を見出した。

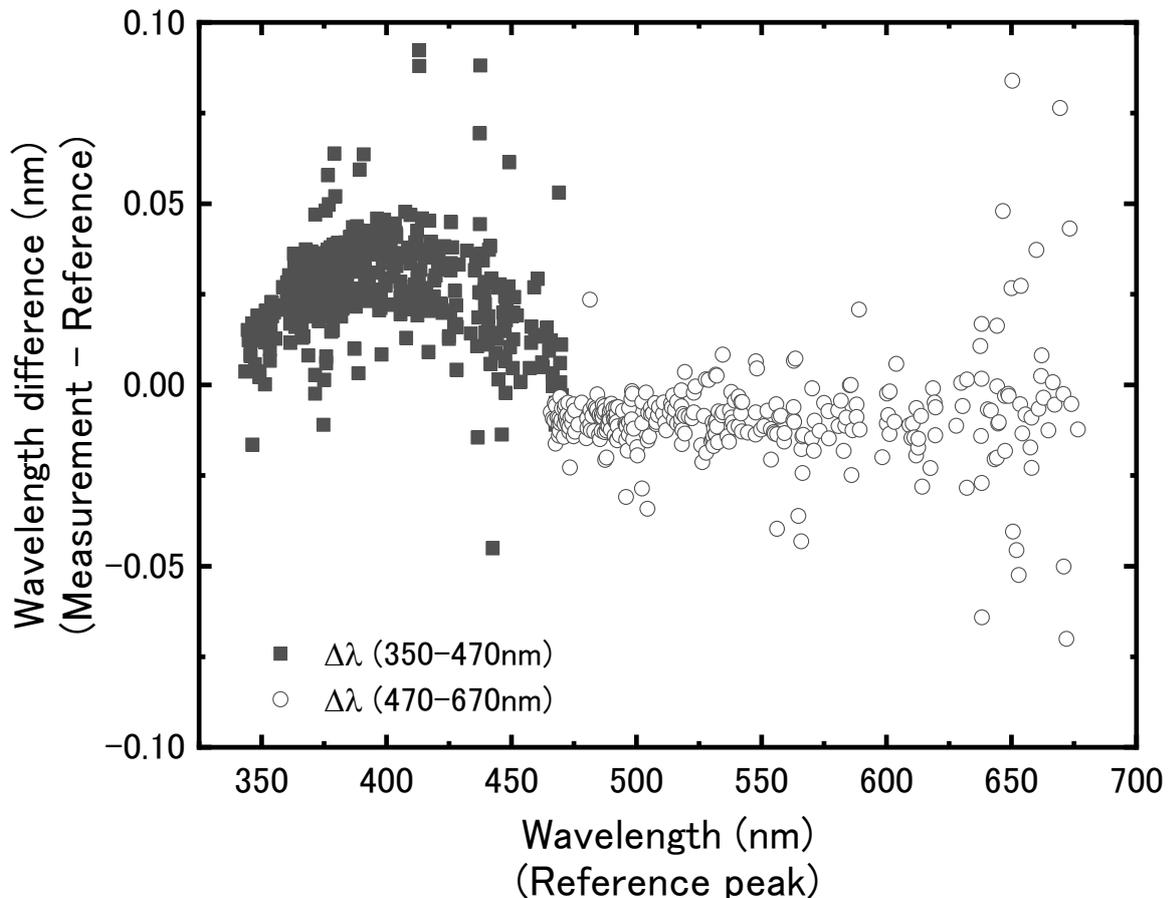


Fig. 8 Correlation of the wavelength difference to ANL-83-95 report

次に、同定したスペクトルの波長精度について考察した。Fig. 8 に同定したスペクトルについて分光器によって観測された指示波長とリファレンスの波長²⁴⁾との波長差をリファレンスの波長でプロットした図を示す。横軸のリファレンス波長に対する縦軸の波長差は絶対波長との差を表し、これは概ね $\pm \lambda/10000$ (0.035nm@350nm~0.7nm@700nm) 以下であることが判る。また、横軸のリファレンスの波長に対する縦軸の波長差の幅は相対波長精度を表し、これも概ね $\pm \lambda/10000$ (0.035nm@350nm~0.7nm@700nm)以下であることが判る。このプロットは、使用している分光器の固有の絶対波長精度や相対波長精度を表している。従って、測定されたスペクトルの相対波長や絶対波長はほとんどが $\pm \lambda/10000$ の範囲内に収まっていることから、測定されたスペクトルの波長は確からしいといえる。

以上のように較正した測定スペクトルとそのデータの最終結果を付録 (Appendixes) に示す。

4. 結言

核燃料物質中に含まれる不純物の分析にレーザー誘起ブレイクダウン発光分光分析法を適用するために、複雑で密度が高い発光スペクトルを示すプルトニウムのブレイクダウンスペクトルを測定し、350~670nm のスペクトルの全容を明らかにした。プルトニウムのスペクトルに混在して現れる不純物のスペクトルを区別し、かつその存在量を分析するためには、スペクトル基準となる信頼性の高いプルトニウムの分光データが不可欠である。そこで、スペクトルの相対感度及び波長の較正を行うことにより、測定スペクトルの中からレーザー誘起ブレイクダウン分光分析に使用可能と思われる単独スペクトルとして、原子スペクトル 465 本、一価のイオンスペクトル 341 本を抽出し、ブレイクダウン分光データとしてまとめた。さらに、既存の分光データを基に、これらのスペクトルの同定を行い、エネルギー準位を明らかにし、本データの信頼性を確認した。

謝辞

本報告は、特別会計に関する法律（エネルギー対策特別会計）に基づく文部科学省からの受託事業として、日本原子力研究開発機構が実施した平成 25 年度「次世代燃料の遠隔分析技術開発と MOX 燃料による実証的研究」の成果を含みます。

参考文献

- 1) E. Tognoni, V. Palleschi, M. Corsi, and G. Cristoforetti, "Quantitative micro-analysis by laser-induced breakdown spectroscopy: a review of the experimental approaches", *Spectrochim Acta B*, 57, 2002, pp.1115-1130.
- 2) "「レーザー誘起ブレイクダウン分光法の産業応用に向けて」特集号", *レーザー研究*, 42, 12, 2014, pp.877-922.
- 3) F. J. Fortes, J. Moros, P. Lucena, L. M. Cabalín, and J. J. Laserna, "Laser-Induced

- Breakdown Spectroscopy”, *Anal Chem*, **85**, 2013, pp.640-669.
- 4) P. Fichet, P. Mauchien and C. Moulin, “Determination of Impurities in Uranium and Plutonium Dioxides by Laser-Induced Breakdown Spectroscopy”, *Appl Spectrosc*, **53**, 1999, pp.1111-1117.
 - 5) A.I. Whitehouse, J. Young, C.P. Evans, A. Brown, J. Franco, A. Simpson, J. Franco and A. Simpson, “Remote compositional analysis of spent-fuel residues using Laser-Induced Breakdown Spectroscopy”, *Proceedings of Waste Management 2003 Symposium : WM 03 : waste management, energy security and a clean environment HLW, TRU, LL/ILW, mixed hazardous wastes and environmental management, February 23-27, 2003, Tucson, Arizona, USA*.
 - 6) J. E. Barefield II, D. K. Veira, C. A. Smith, and P. G. Eller, “Potential Safeguards Applications of LIBS in UREX1 Reprocessing”, LA-UR-06-4319, 2006.
 - 7) “高速増殖炉サイクルの研究開発方針について（文部科学省科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会 原子力分野の研究開発に関する委員会 2006年10月31日）”, http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/toushin/06112004.htm (accessed 2020/02/04).
 - 8) 赤岡 克昭, 丸山 庸一郎, 大場 正規, 宮部 昌文, 若井田 育夫, “ガドリニウムに添加した銅のレーザーブレイクダウン発光分光分析（受託研究）”, *JAEA-Research 2008-081*, 2008, 16p.
 - 9) 赤岡 克昭, 丸山 庸一郎, 大場 正規, 宮部 昌文, 音部 治幹, 若井田 育夫, “LIBS によるプルトニウム酸化物中の不純物測定法の開発”, 東北大学金属材料研究所ワークショップ「素材産業に関係する新しい分析・解析技術」講演論文集, 2008, p.55.
 - 10) 赤岡 克昭, 丸山 庸一郎, 大場 正規, 宮部 昌文, 音部 治幹, 若井田 育夫, “レーザーブレイクダウン発光分光法によるウランスペクトルの測定（受託研究）”, *JAEA-Research 2009-029*, 2009, 49p.
 - 11) 赤岡 克昭, 丸山 庸一郎, 大場 正規, 宮部 昌文, 音部 治幹, 若井田 育夫, “カルシウムを添加したウランのレーザーブレイクダウン発光分光 –時間分解分光–（受託研究）”, *JAEA-Research 2010-004*, 2010, 13p.
 - 12) 赤岡 克昭, 丸山 庸一郎, 大場 正規, 宮部 昌文, 音部 治幹, 若井田 育夫, “カルシウムを添加したウランのレーザーブレイクダウン発光分光 –レーザー光強度依存性–（受託研究）”, *JAEA-Research 2010-036*, 2010, 14p.
 - 13) 若井田 育夫, 赤岡 克昭, 大場 正規, 丸山 庸一郎, 宮部 昌文, 音部 治幹, 仁木 秀明, “レーザー誘起プラズマ発光分光とアブレーション共鳴吸収分光法を組合せた次世代燃料の遠隔分析技術に関する基礎研究”, 核物質管理学会 (INMM) 日本支部第 30 回年次大会論文集 (CD-ROM) , 2010, p.9.
 - 14) 赤岡 克昭, 丸山 庸一郎, 大場 正規, 宮部 昌文, 音部 治幹, 若井田 育夫, “LIBS による核燃料物質の高分解能分光、核燃料物質の遠隔分析技術開発,2”, 東北大学金属材料研究所 2011 年ワークショップ「素材製造プロセス及び新素材開発の迅速化・高度化に資する分析・解析技術」, 2011, p.107.

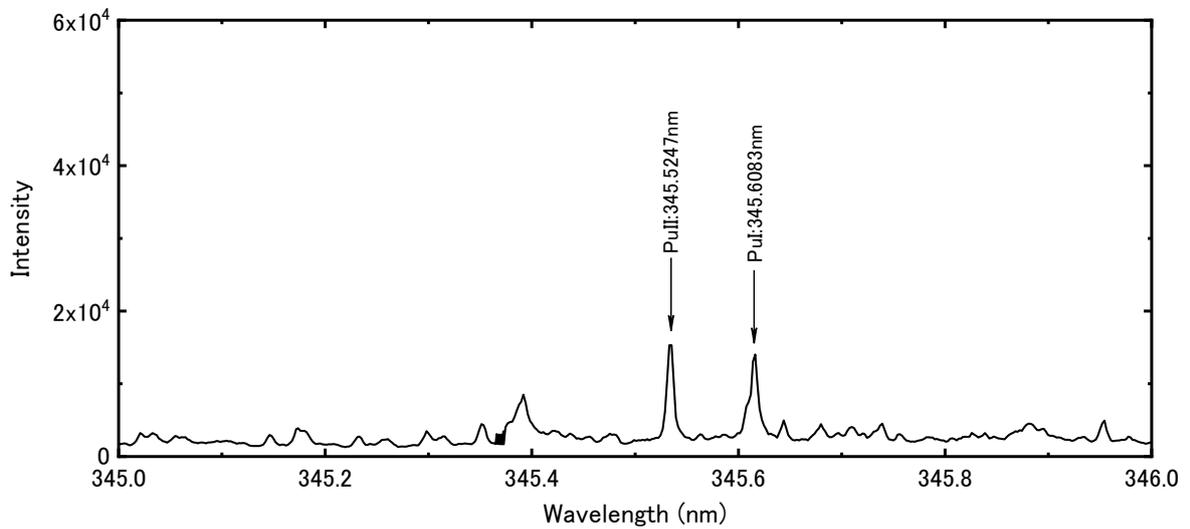
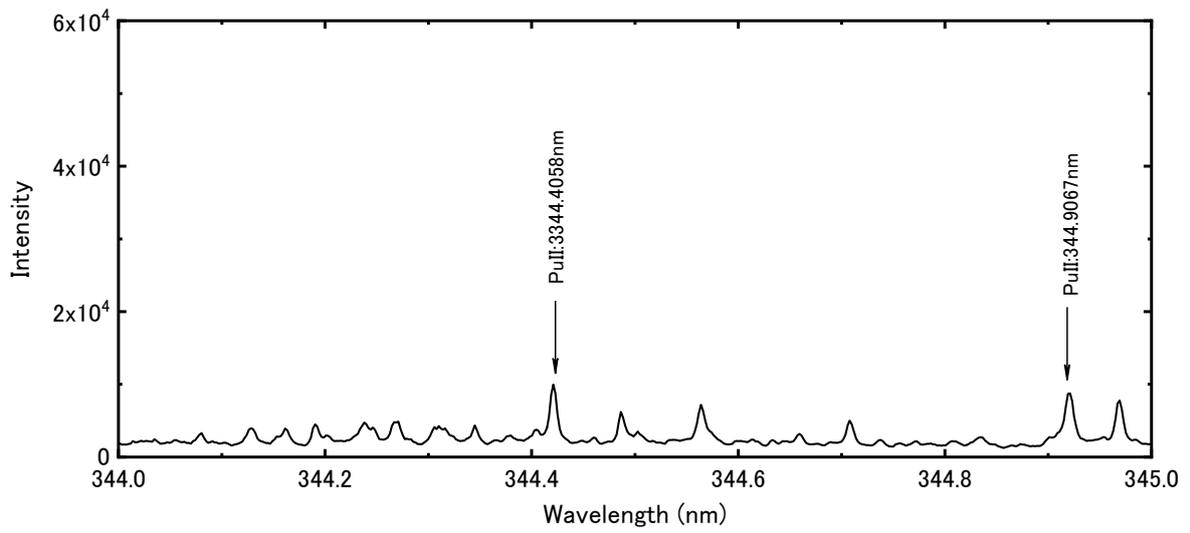
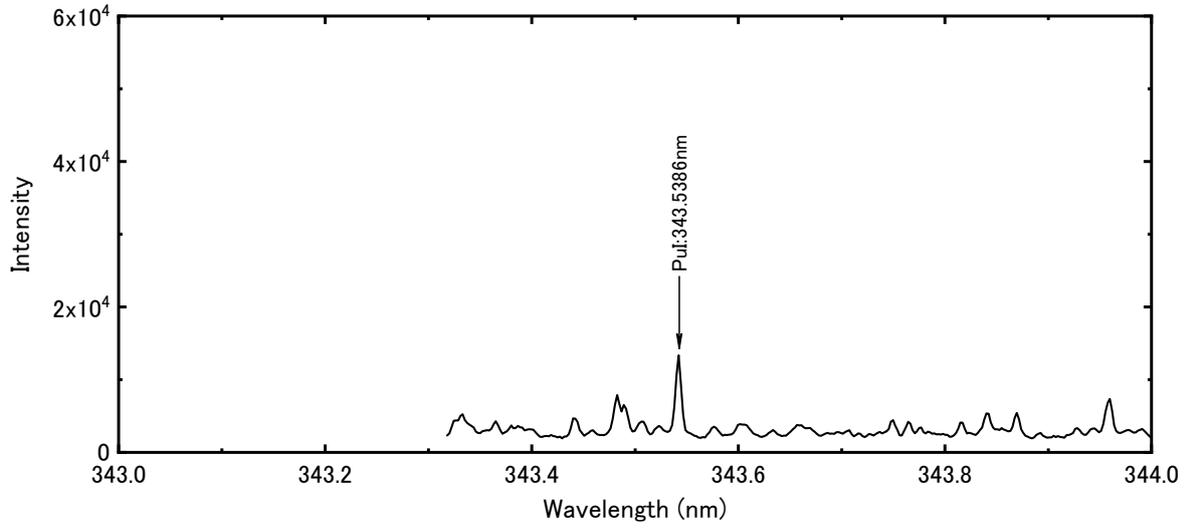
- 15) 赤岡 克昭, 丸山 庸一郎, 宮部 昌文, 音部 治幹, 高野 公秀, 若井田 育夫, “プルトニウム, ジルコニウム, 鉄のブレイクダウン発光分光とそのスペクトルの評価”, 東北大学金属材料研究所 2012 年ワークショップ「素材製造プロセス及び新素材開発の迅速化・高度化に資する分析・解析技術」講演論文集, 2012, p.137.
- 16) K. Akaoka, Y. Maruyama, M. Oba, M. Miyabe, H. Ootobe, I. Wakaida, Ikuo, “Determination of calibration curve for the neodymium contained as impurities in uranium by laser induced breakdown spectroscopy, Laser remote analysis for next generation nuclear fuel”, International Conference on Laser Applications in Nuclear Engineering (LANE '13) Abstract book, 2013, p.51.
- 17) 赤岡 克昭, 加藤 政明, 宮部 昌文, 丸山 庸一郎, 音部 治幹, 清水 修, 若井田 育夫, “レーザー誘起ブレイクダウン発光分光によるプルトニウムのスペクトル測定”, 先端計測技術の応用展開に関するシンポジウム, 鉄鋼, 化学工学, エネルギー関連技術への適用技術 講演論文集, 2013, p.29.
- 18) 赤岡 克昭, 宮部 昌文, 音部 治幹, 若井田 育夫, “レーザー分光分析技術の原子力分野への応用、レーザーブレイクダウン発光分光におけるスペクトル幅”, 第 2 回先端計測技術の応用展開に関するシンポジウム 講演論文集, 2014, p.21.
- 19) 赤岡 克昭, 宮部 昌文, 音部 治幹, 若井田 育夫, “レーザー誘起ブレイクダウン分光の核燃料物質分析への適用”, レーザー研究, 42, 12, 2014, pp. 918-922.
- 20) 赤岡 克昭, 大場 正規, 宮部 昌文, 音部 治幹, 若井田 育夫, “レーザー誘起ブレイクダウン発光分光法によるウランスペクトルの測定 –高分解能分光スペクトル (350-470nm)–”, JAEA-Research 2015-012, 2015, 48p.
- 21) 赤岡 克昭, 大場 正規, 宮部 昌文, 音部 治幹, 若井田 育夫, “レーザー誘起ブレイクダウン発光分光法によるウランスペクトルの測定 –高分解能分光スペクトル (470-670nm)–”, JAEA-Research 2016-005, 2016, 40p.
- 22) M. Saeki, A. Iwanade, C. Ito, I. Wakaida, B. Thornton, T. Sakka and H. Ohba, “Development of a fiber-coupled laser-induced breakdown spectroscopy instrument for analysis of underwater debris in a nuclear reactor core”, J. Nucl. Sci. Technol., 51, 2014, pp.930-938.
- 23) 若井田 育夫, 赤岡 克昭, 宮部 昌文, 大場 正規, 音部 治幹, 加藤 政明, 伊藤 主税, 西村 昭彦, 大場 弘則, 佐伯 盛久, “レーザー分光分析技術の原子力分野への応用、LIBS、共鳴分光の概要とその展開”, 第 2 回先端計測技術の応用展開に関するシンポジウム 講演論文集, 2014, p.7.
- 24) Jean Blaise, Mark Fred and Ralph G. Gutmacher, “The Atomic Spectrum of Plutonium”, ANL-83-95.

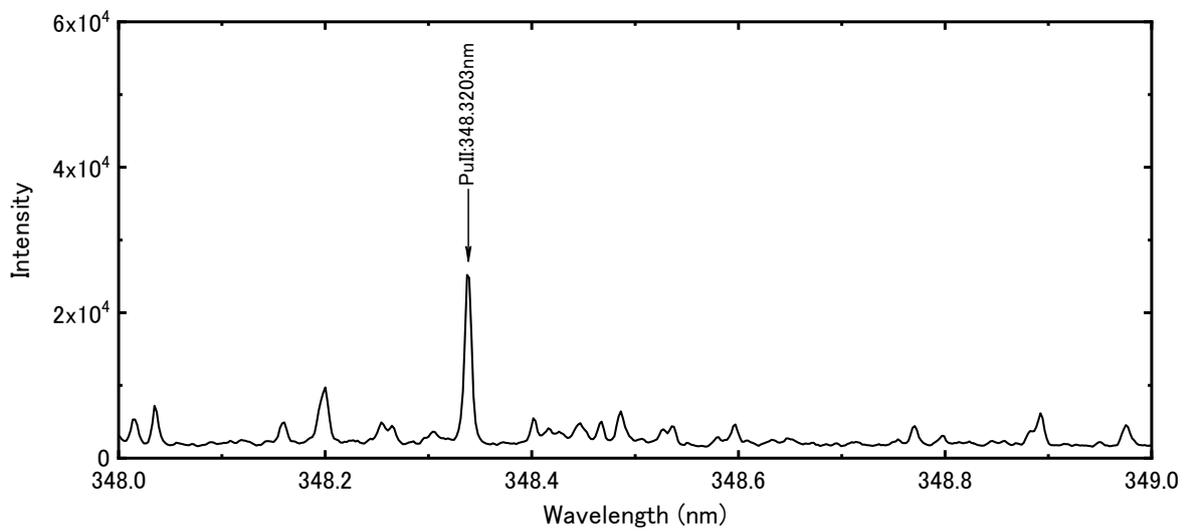
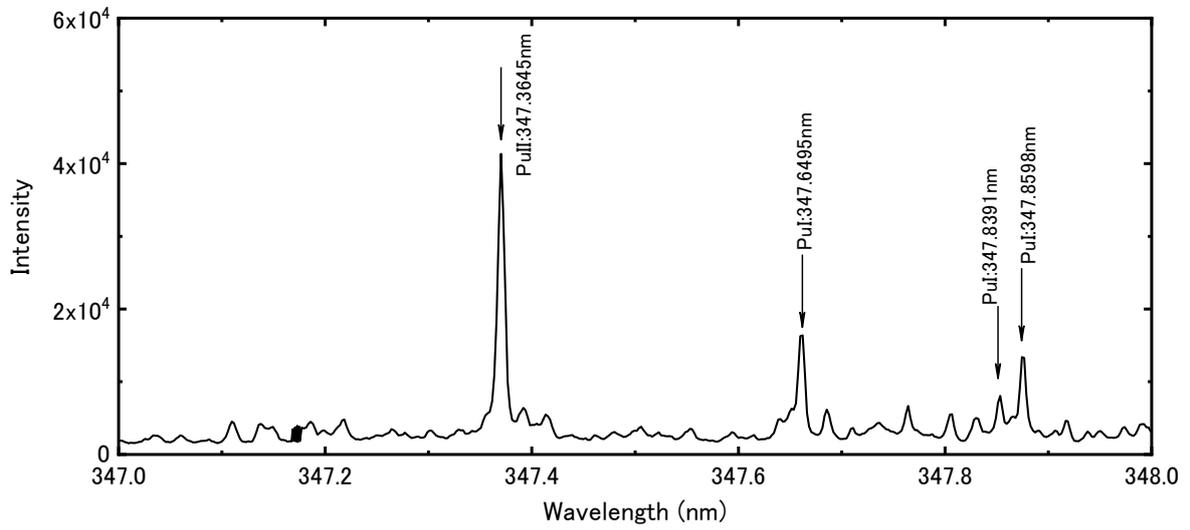
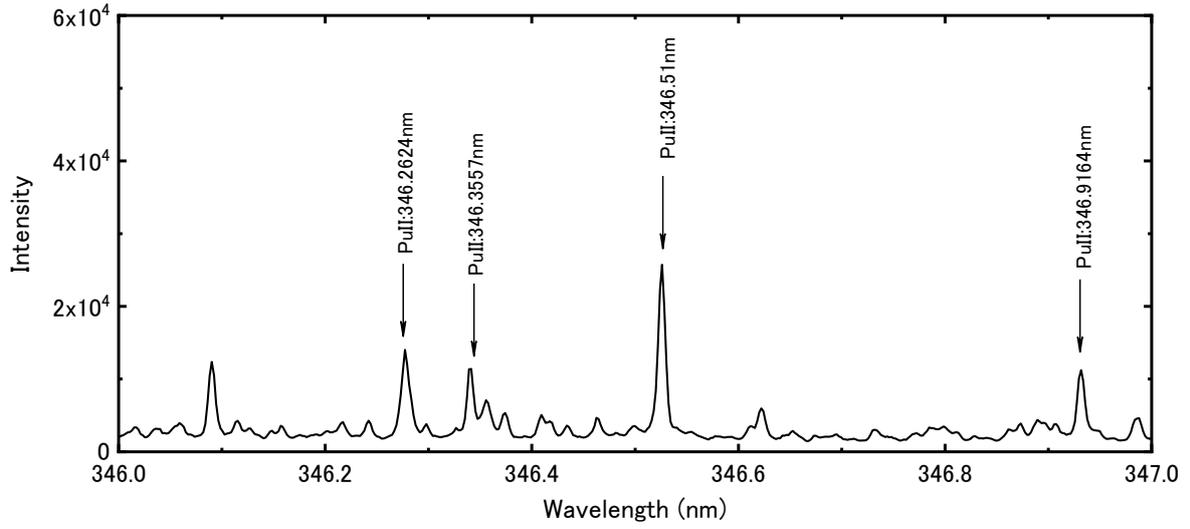
付録

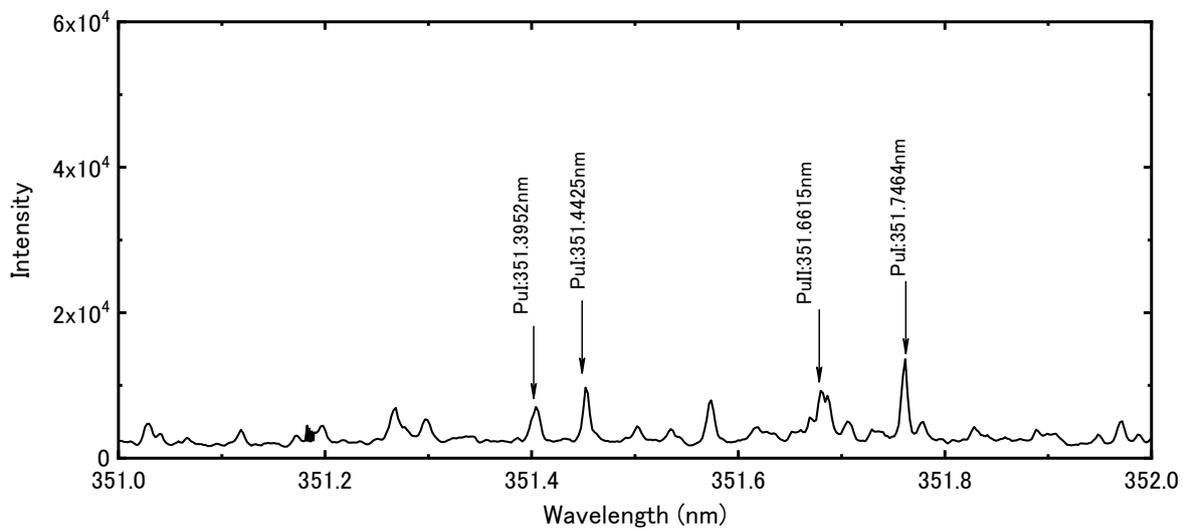
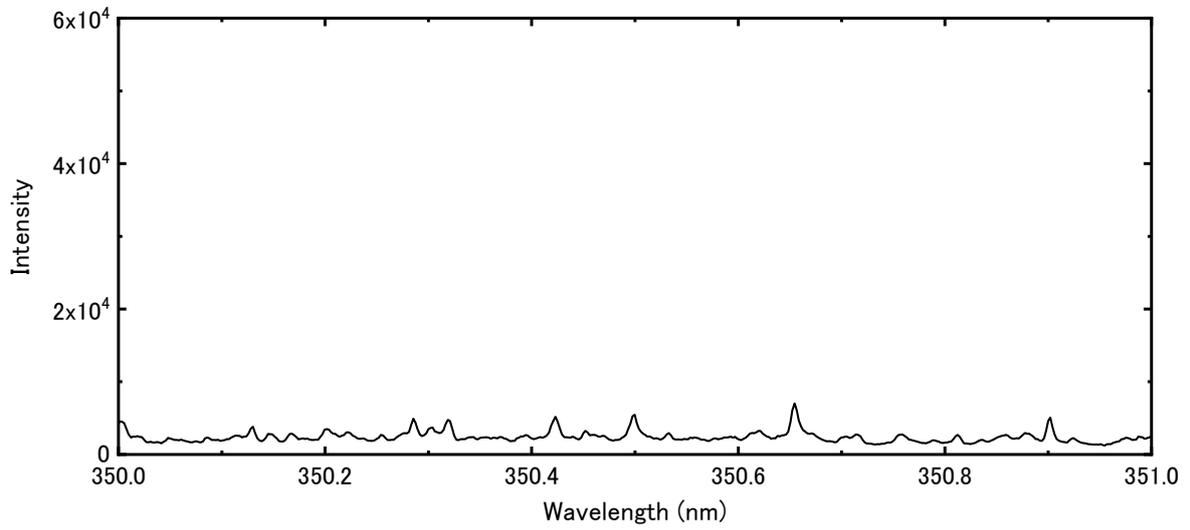
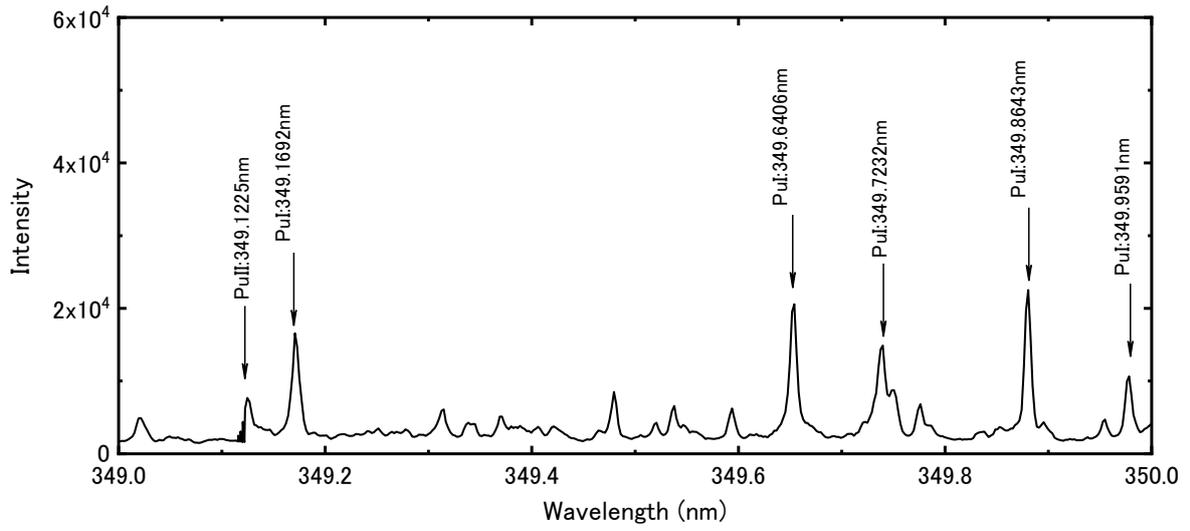
不純物スペクトルとプルトニウムスペクトルの分離区別に必要である測定したプルトニウムの全スペクトルのうち、Appendix 1 に Short wavelength range type 343~472nm の分光器で測定したスペクトルを、Appendix 2 には Long wavelength range type 469~678nm の分光器で測定したスペクトルを示した。また、分析に使用可能と思われる単独でエネルギーレベルが既知のスペクトルのうち同定できたスペクトルデータとして、原子スペクトル 465 本、一価のイオンスペクトル 341 本を分光器それぞれについて Appendix 3 及び Appendix 4 に表で示した。なお、Appendix 1 及び Appendix 2 の横軸は測定した分光器の波長 (nm) で示してあり、縦軸は測定された ICCD カメラのカウント数を感度較正したスペクトル強度 (arb.unit) で変換して記載した。また、Appendix 3 及び Appendix 4 には観測波長と感度較正したスペクトル強度を同定に用いたデータベースと共に記載した。なお、表中の Intensity は強度を測定された ICCD カメラのカウント数を感度較正したスペクトル強度で示し、Ion は原子 1 とイオン 2 の種別を表し、0 は原子・イオンの種別が不明のスペクトルを示している。

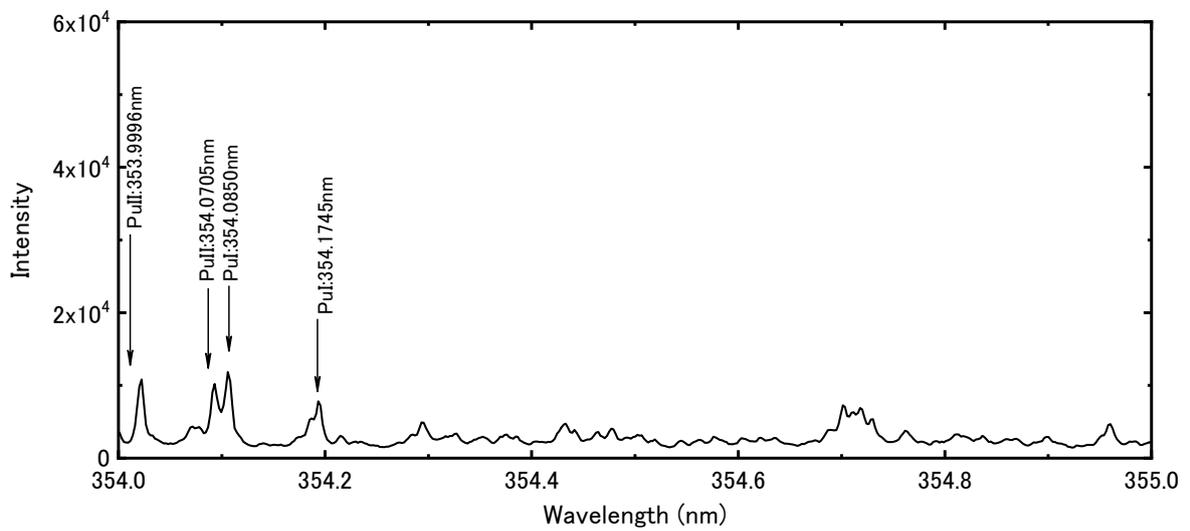
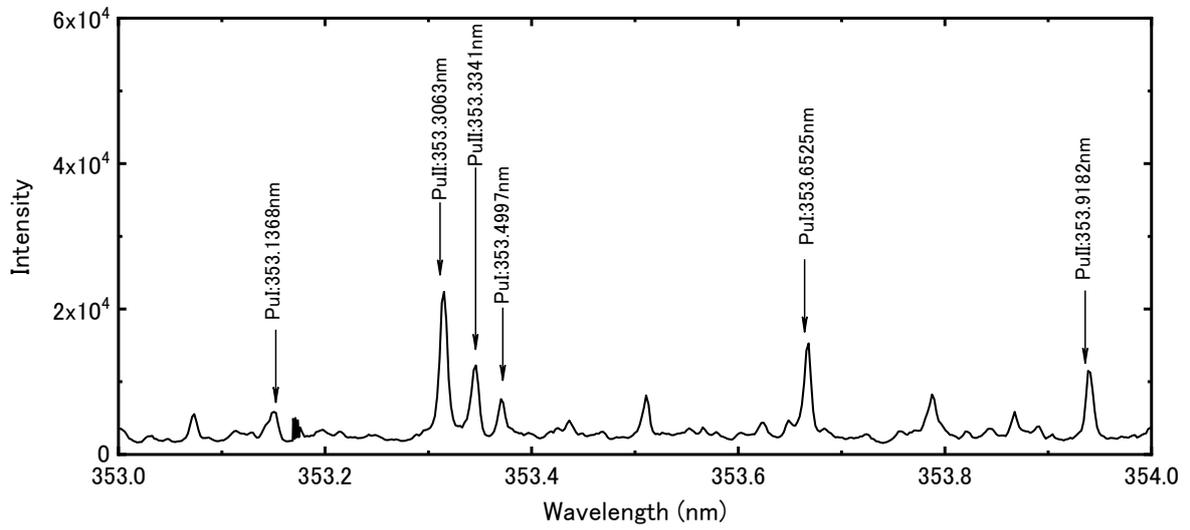
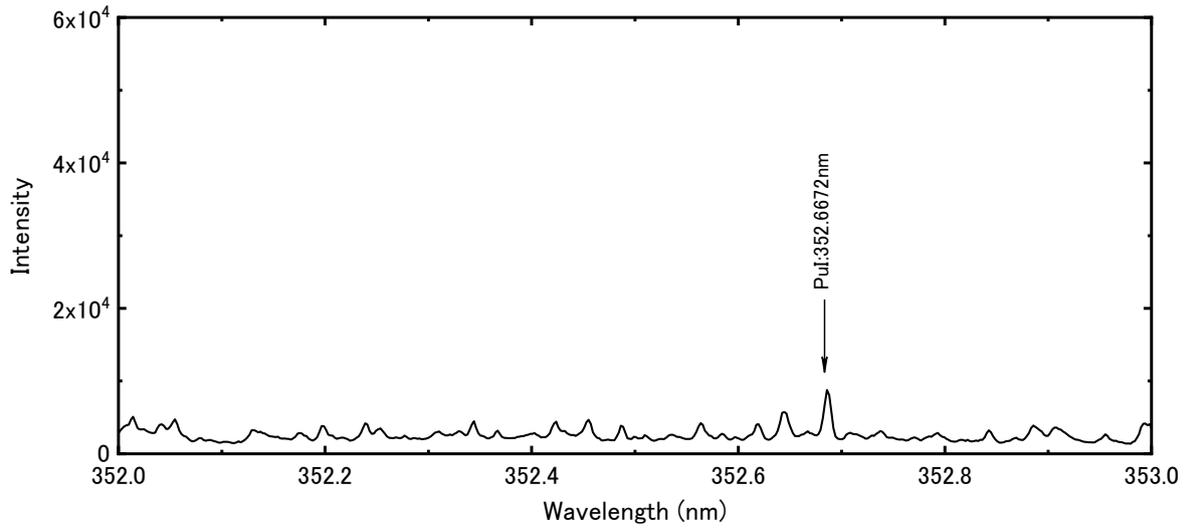
This is a blank page.

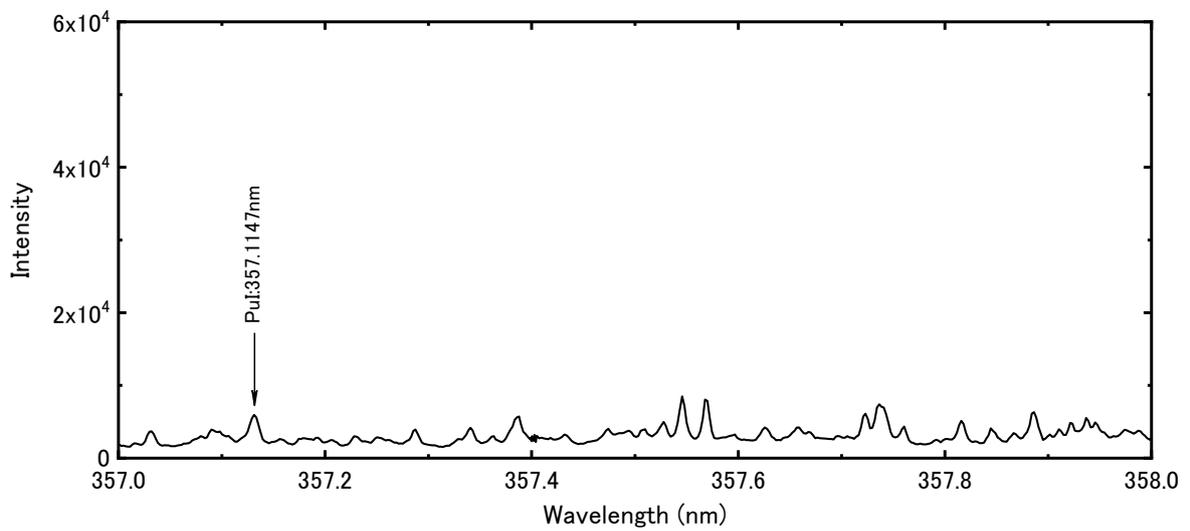
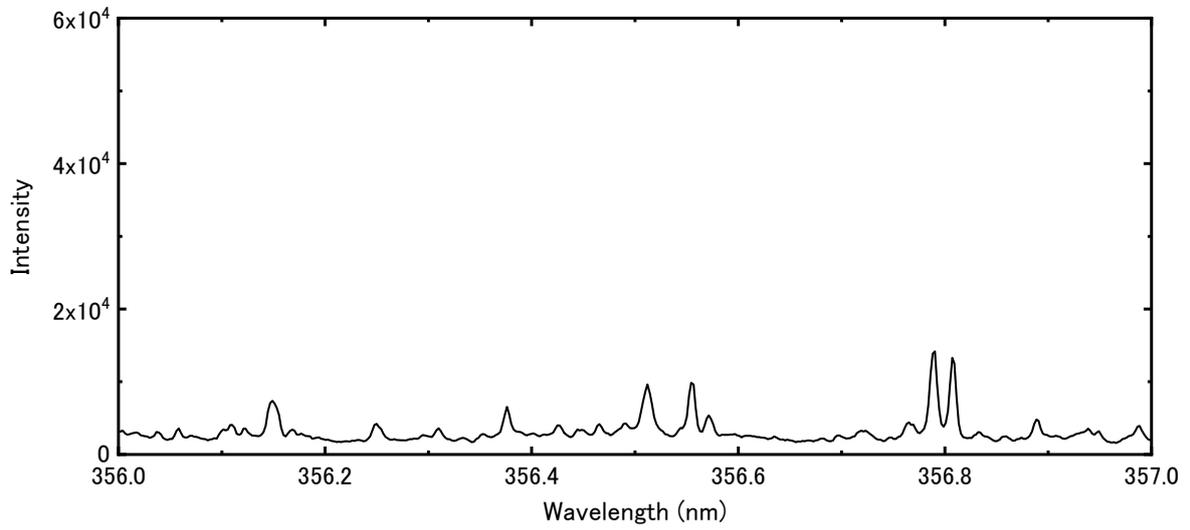
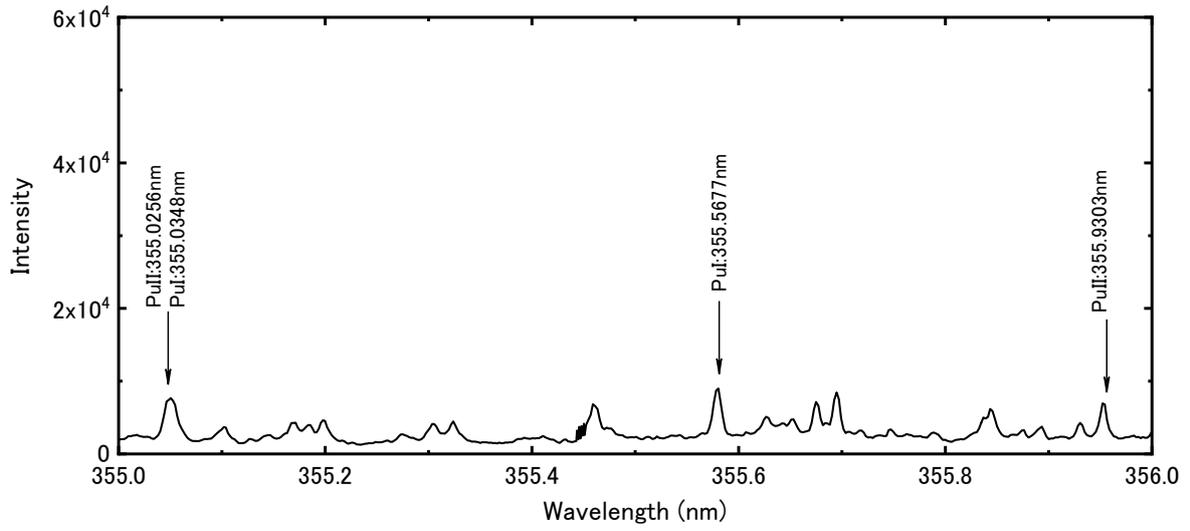
Appendix 1 Measurement spectra of plutonium (343-472nm)

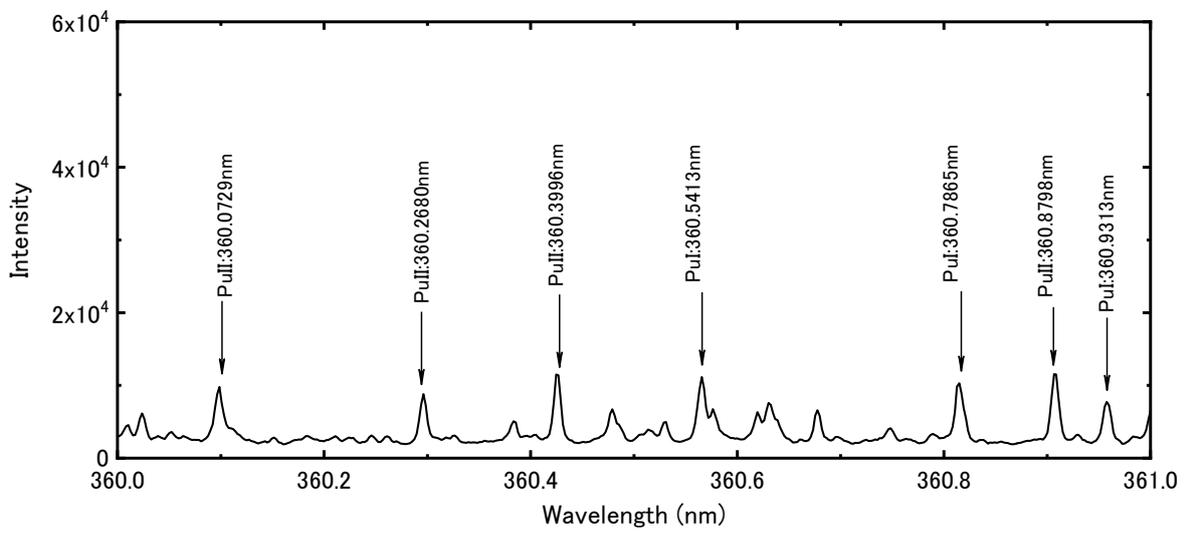
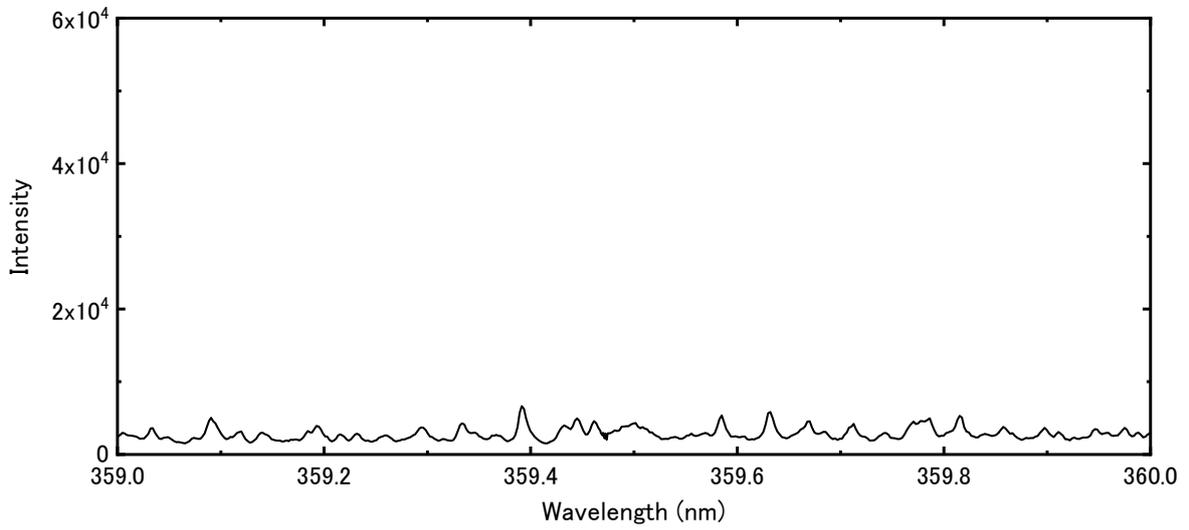
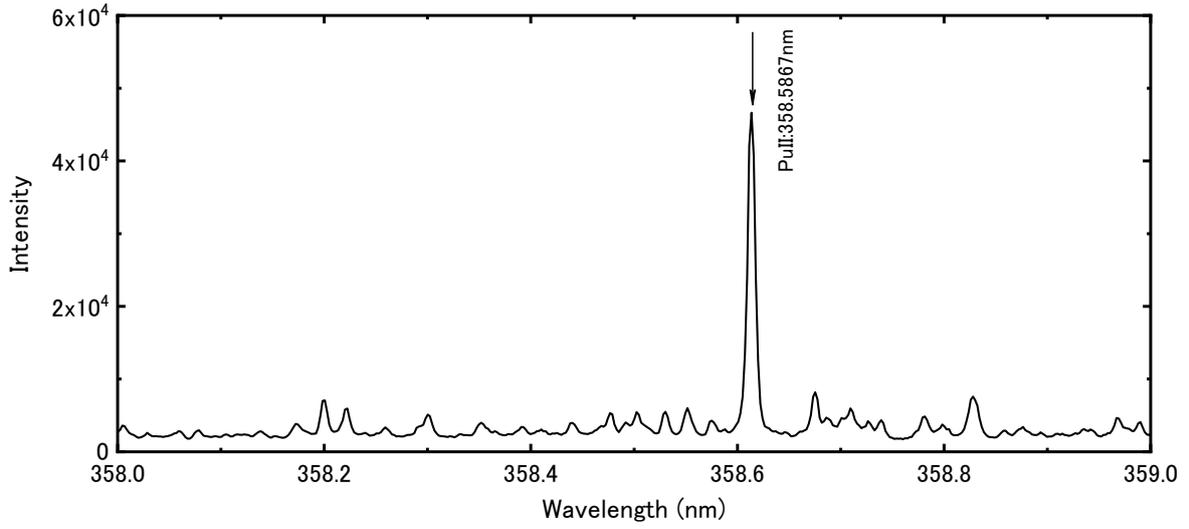


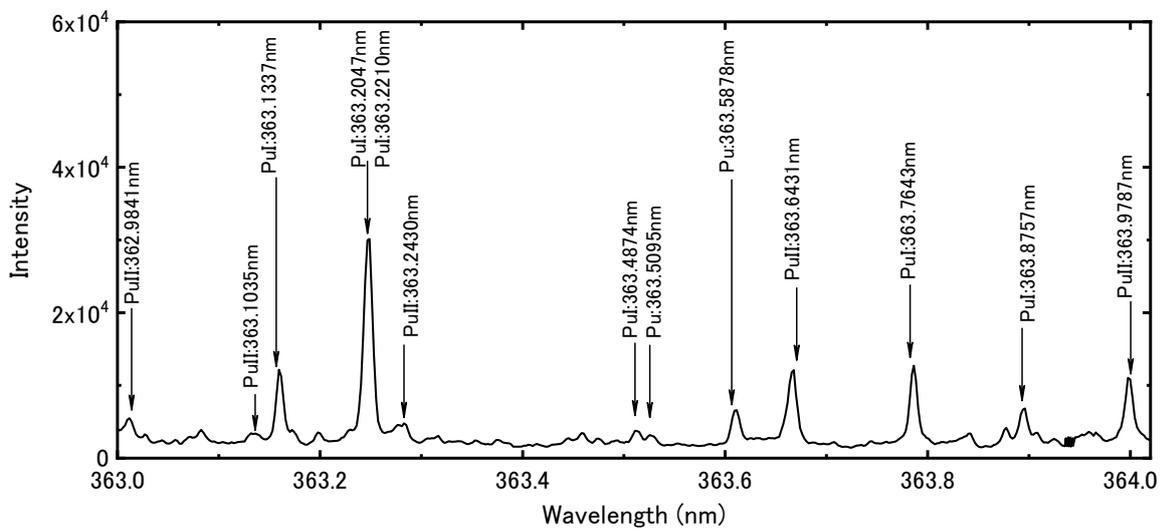
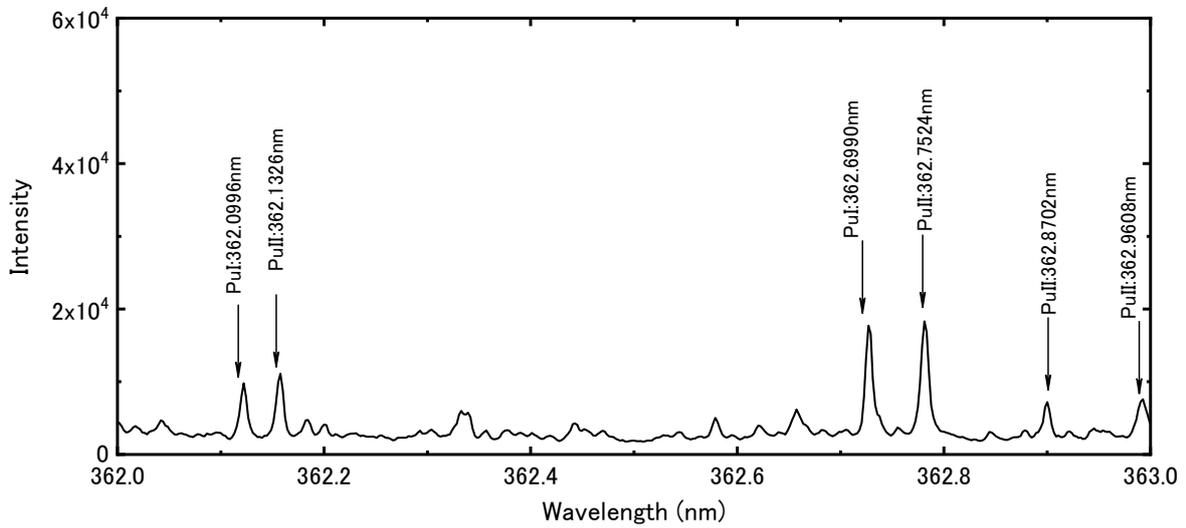
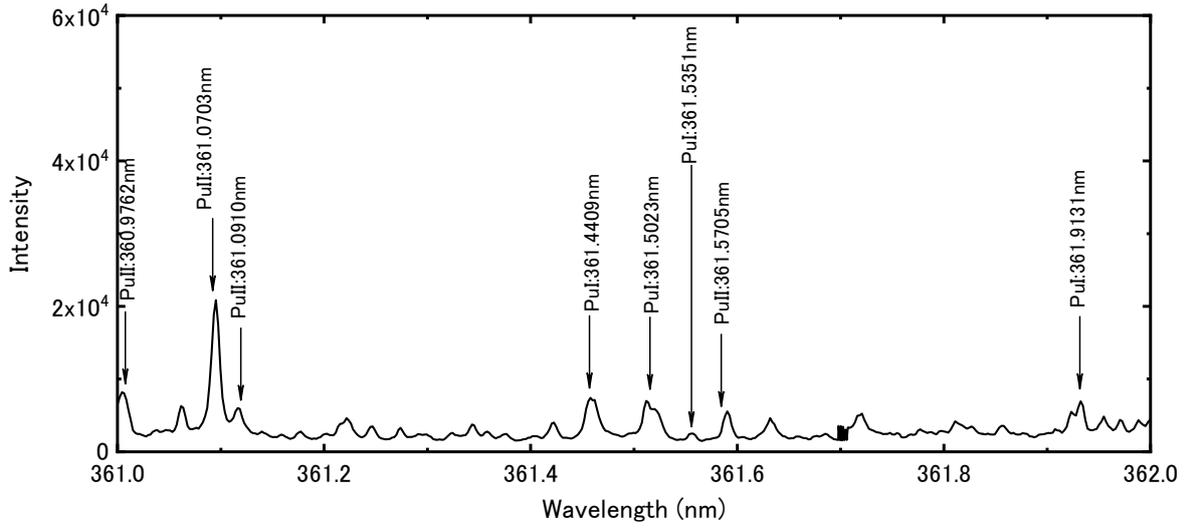


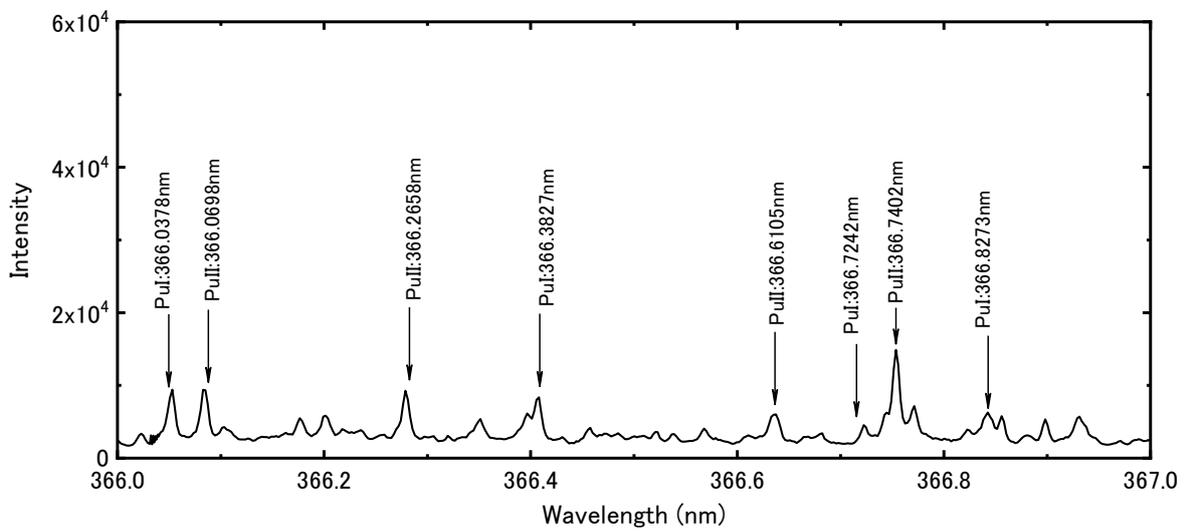
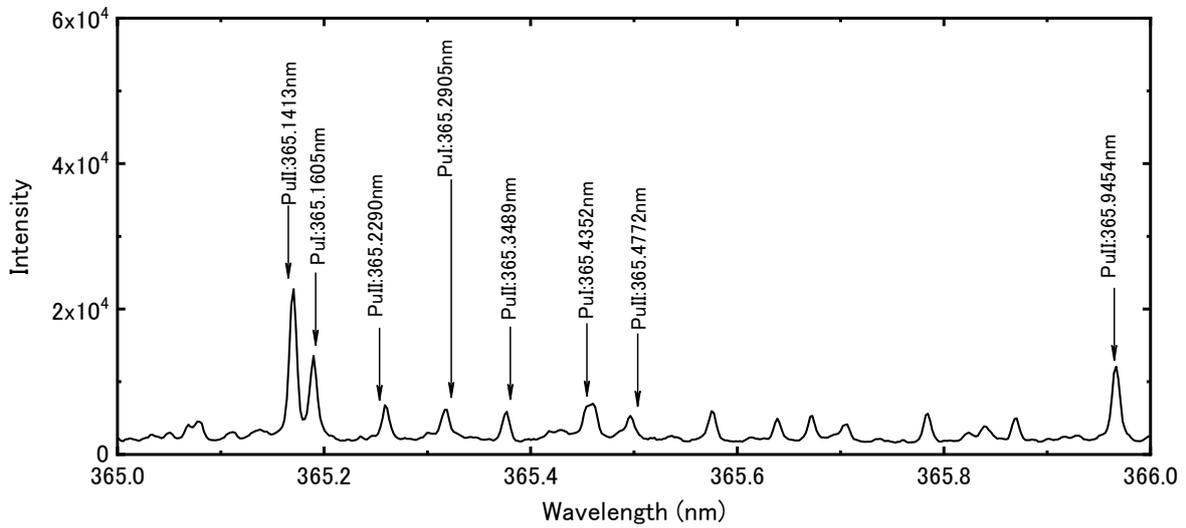
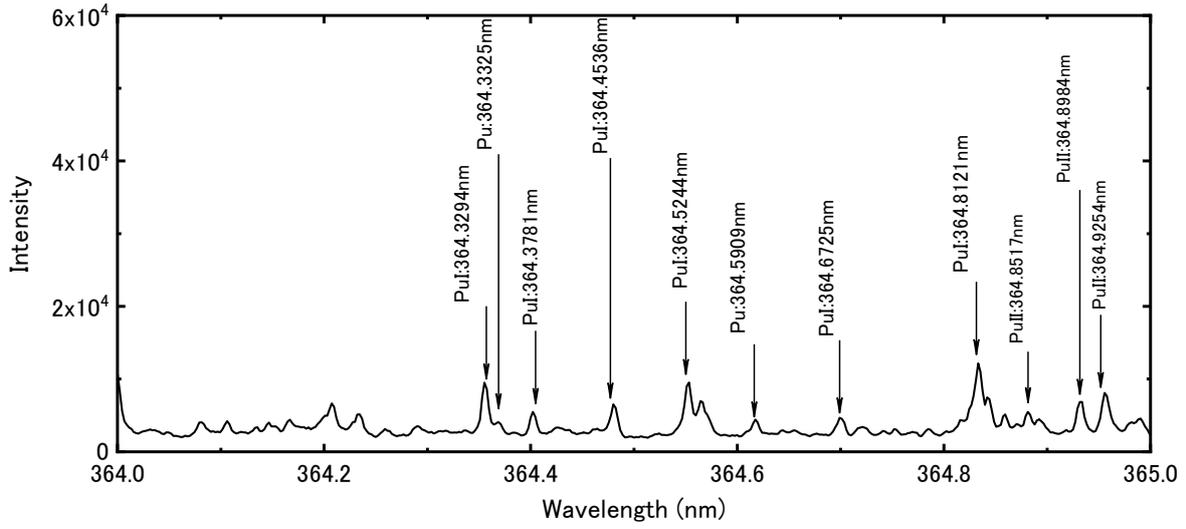


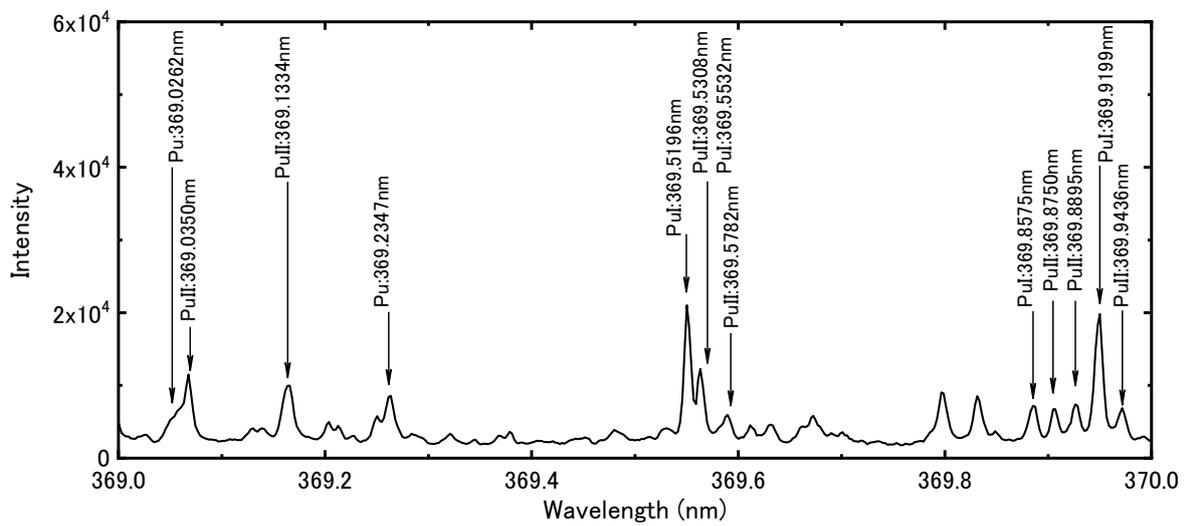
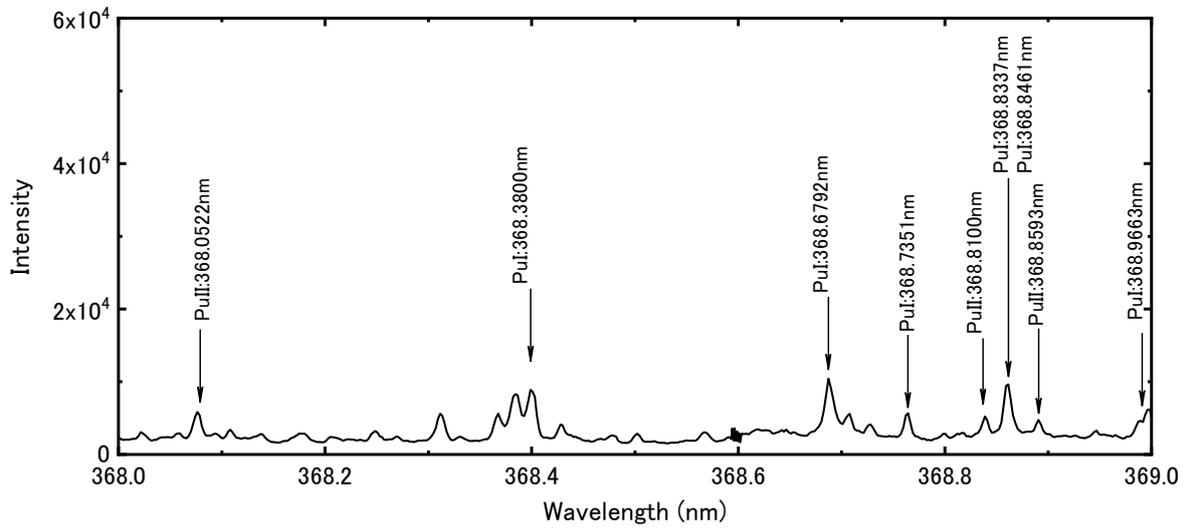
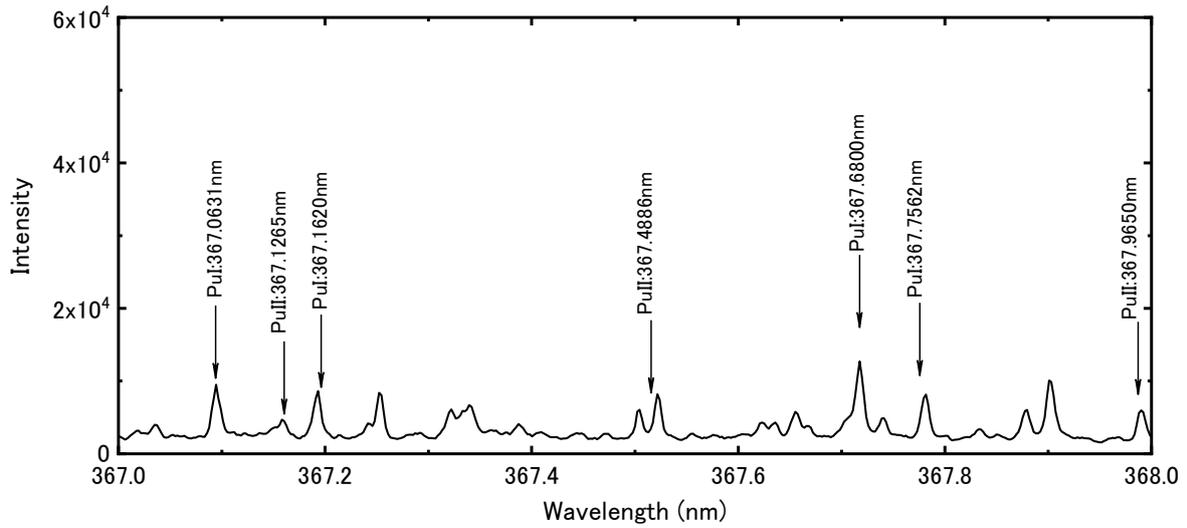


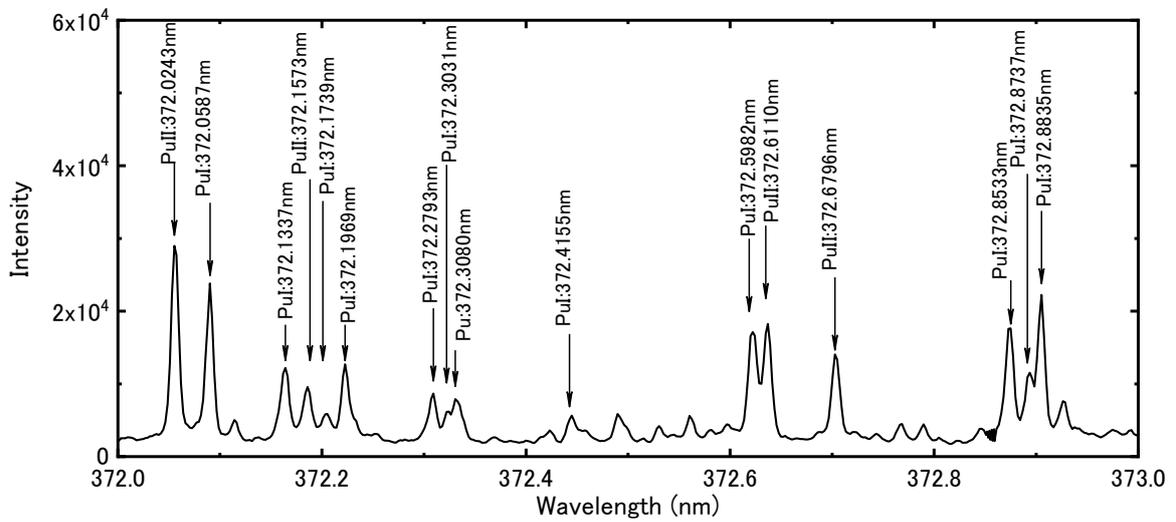
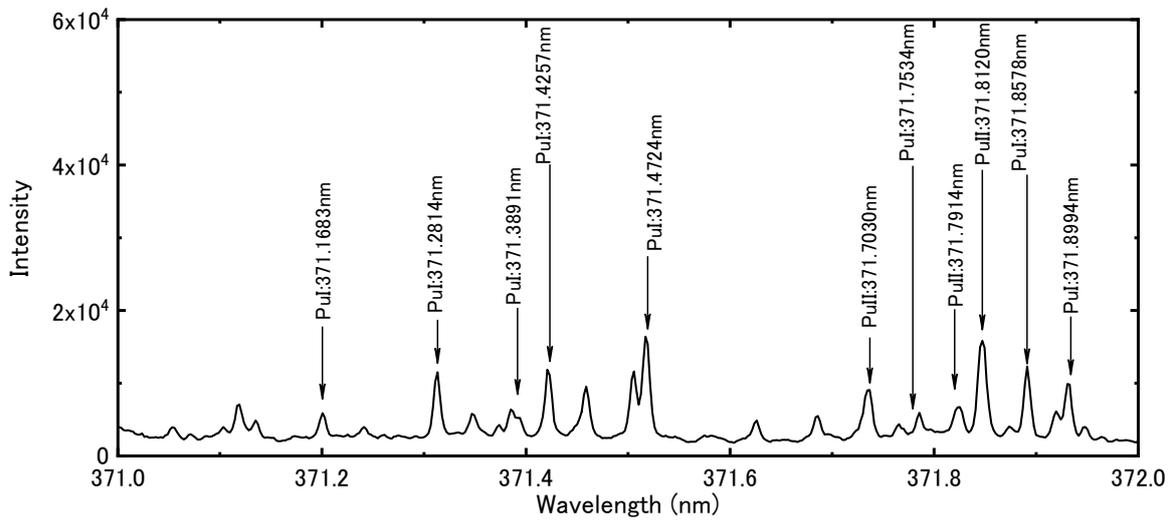
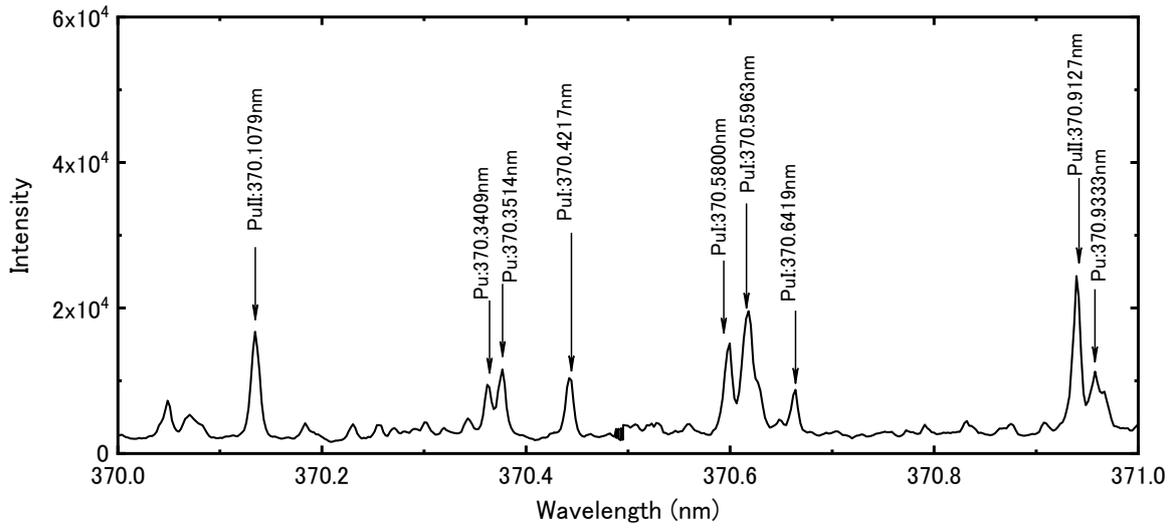


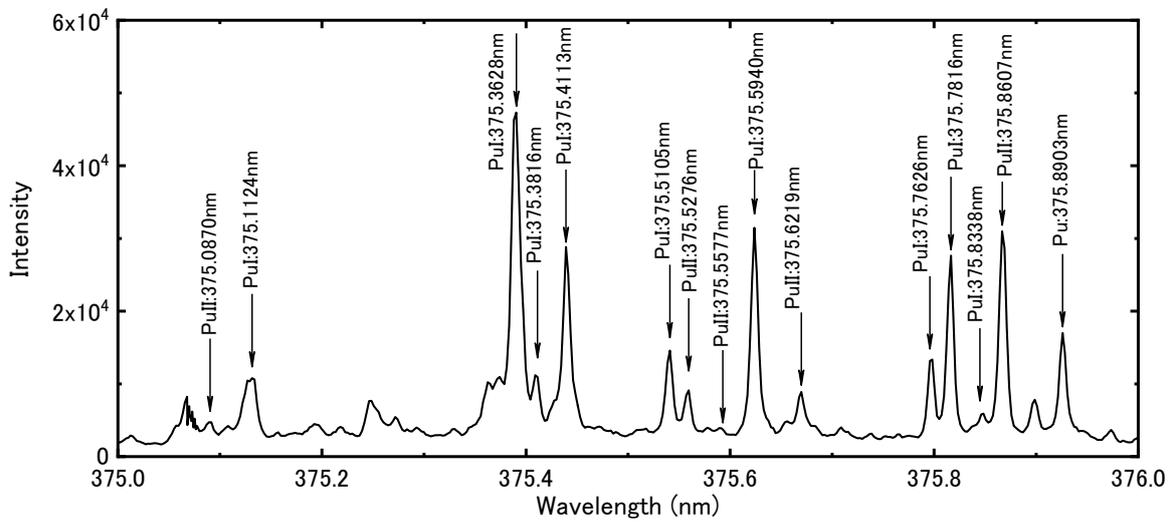
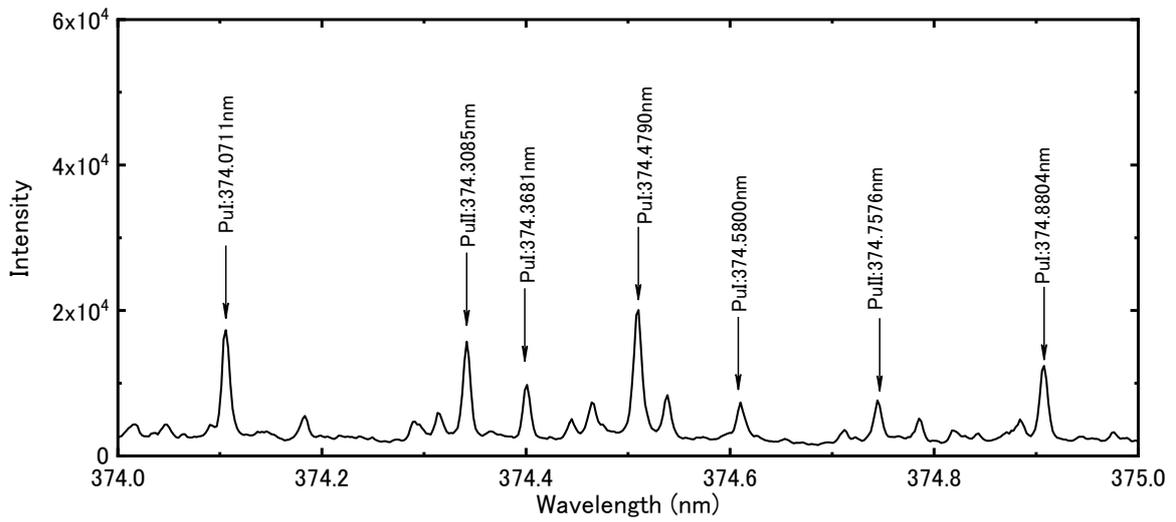
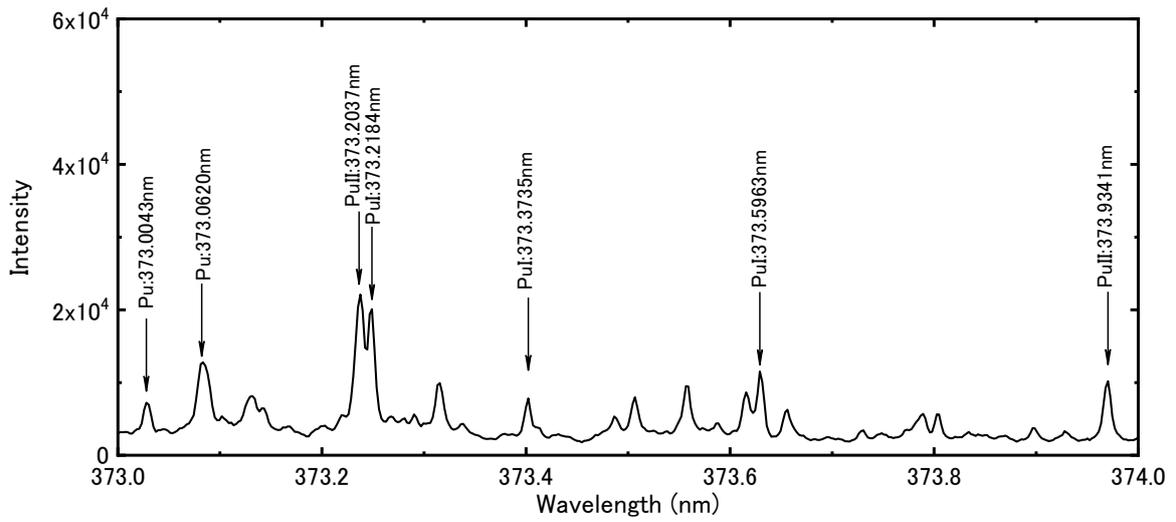


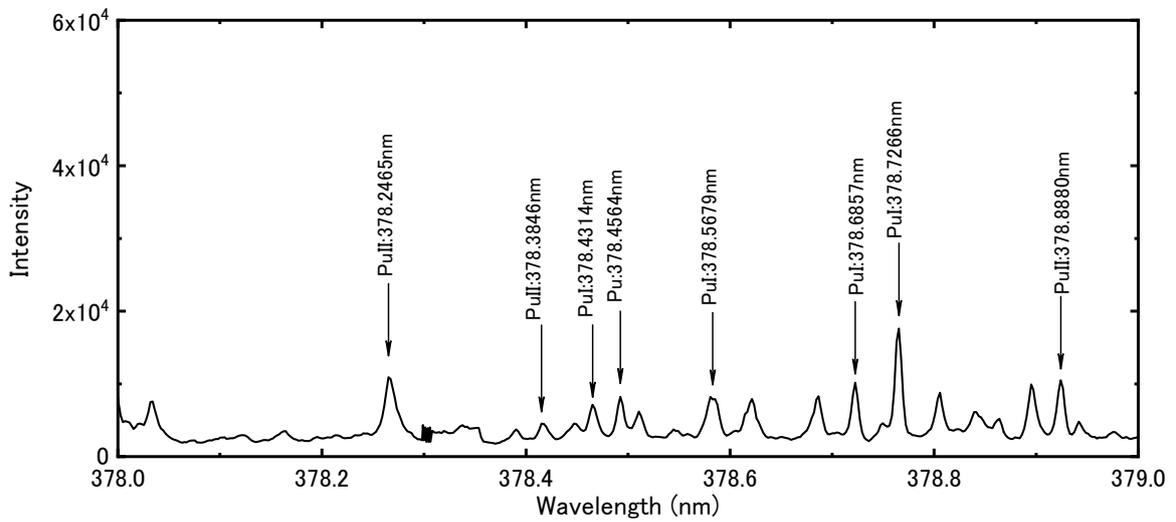
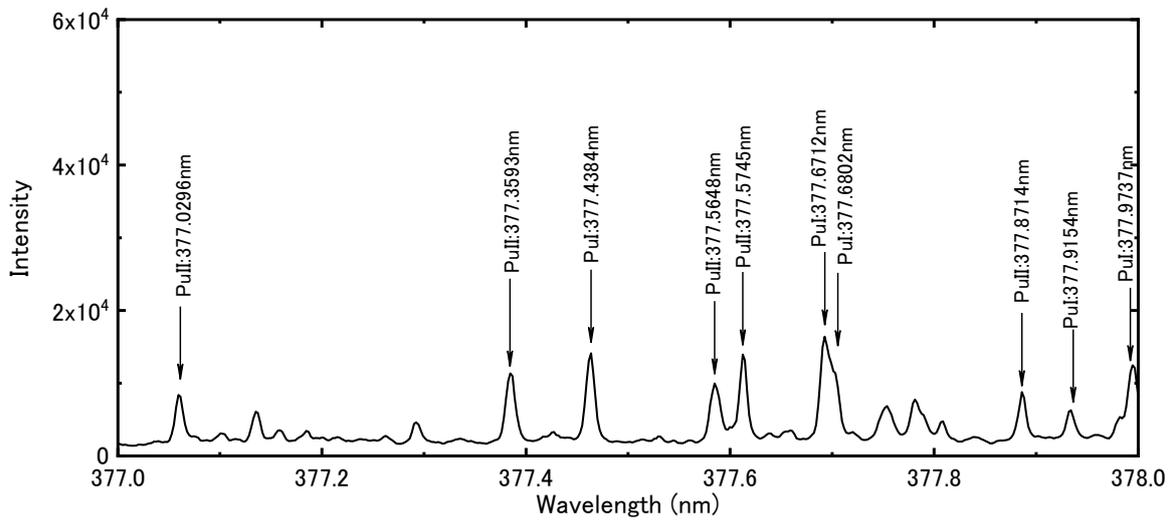
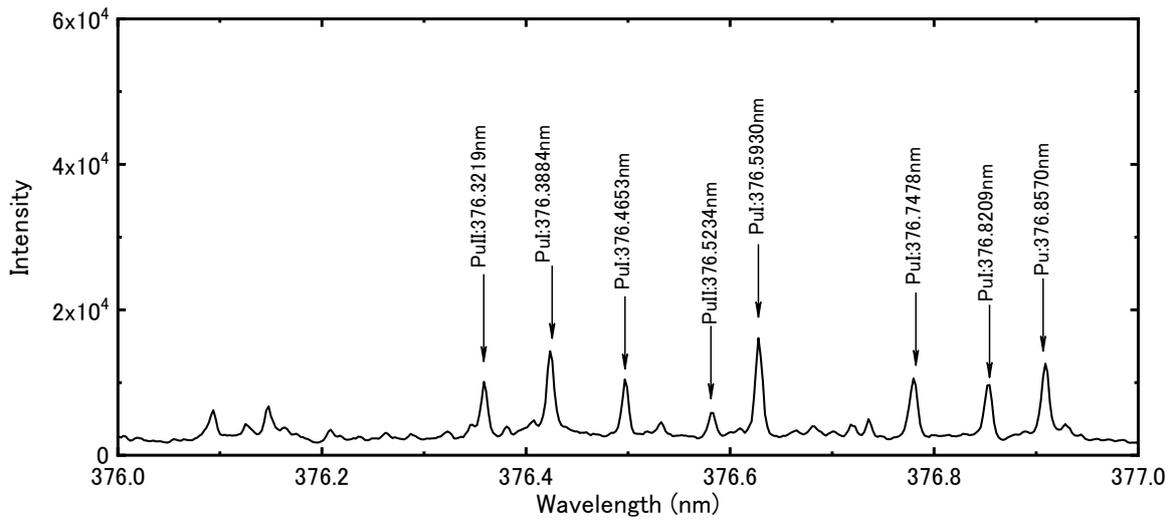


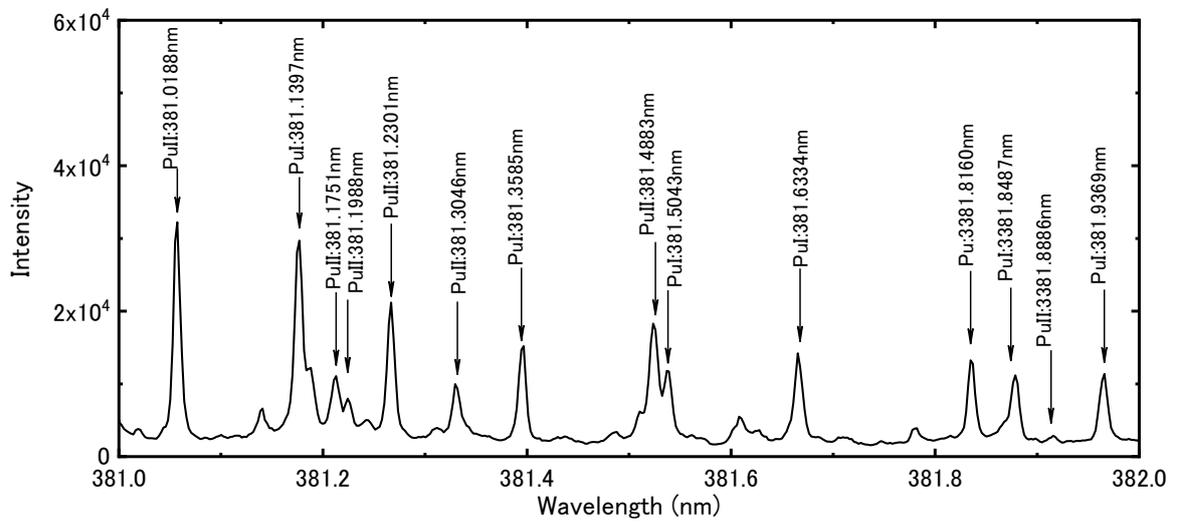
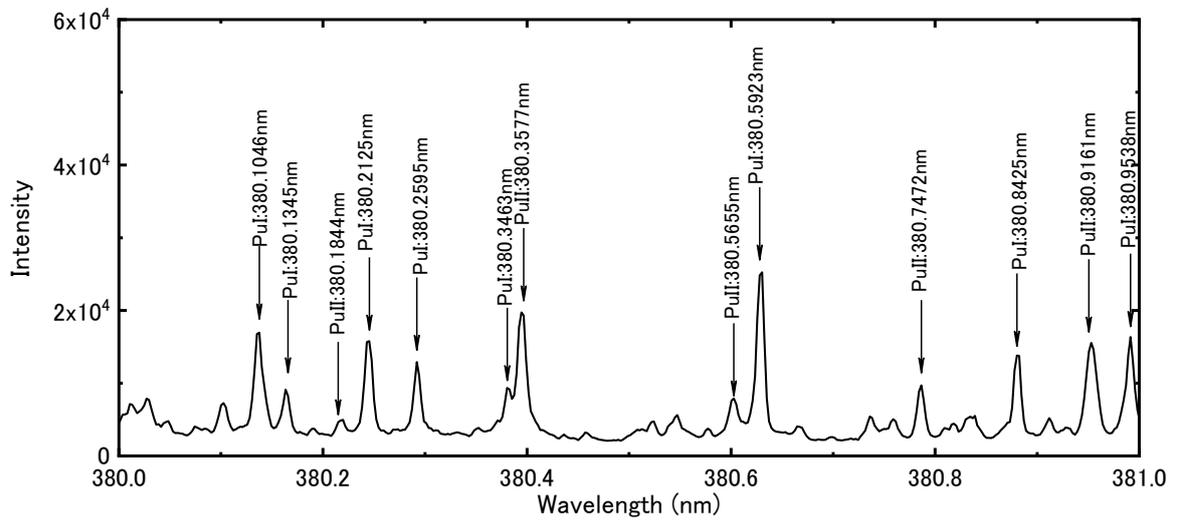
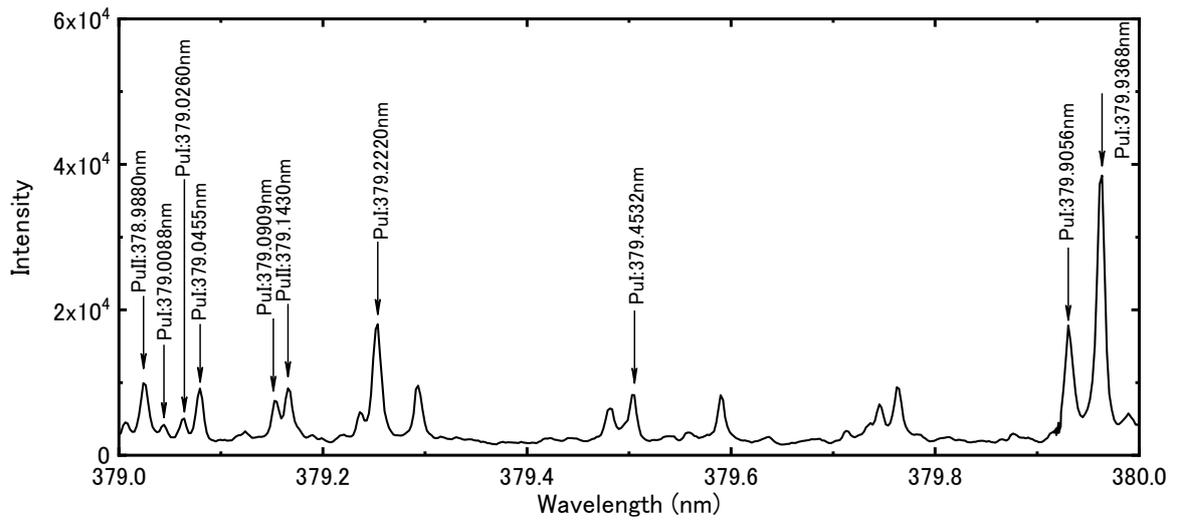


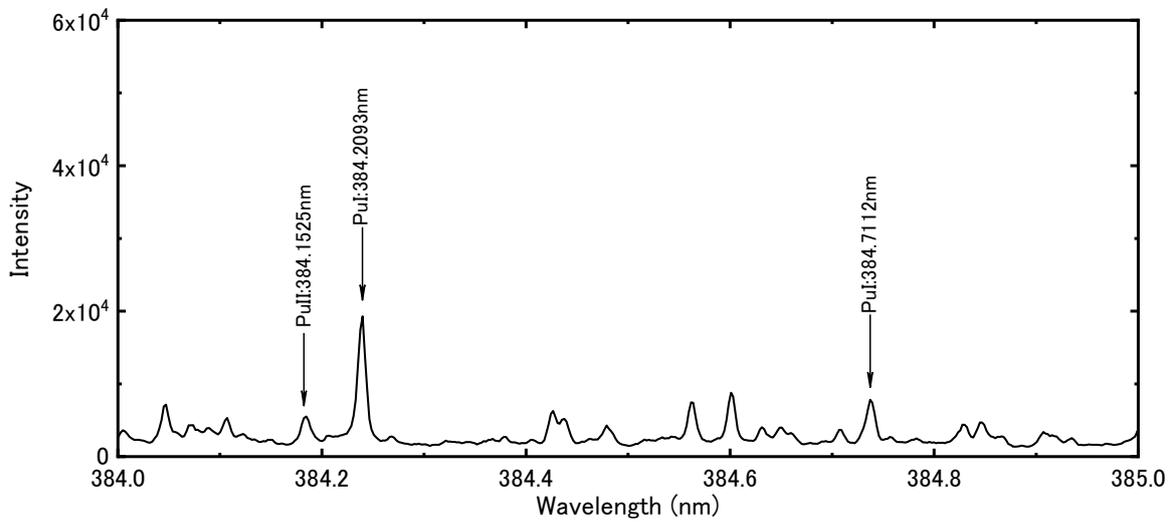
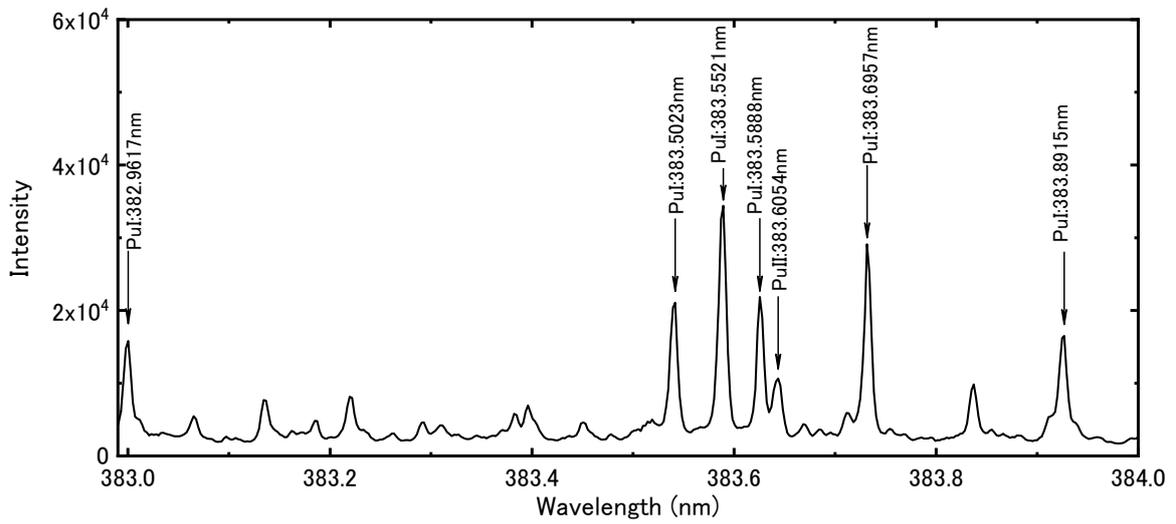
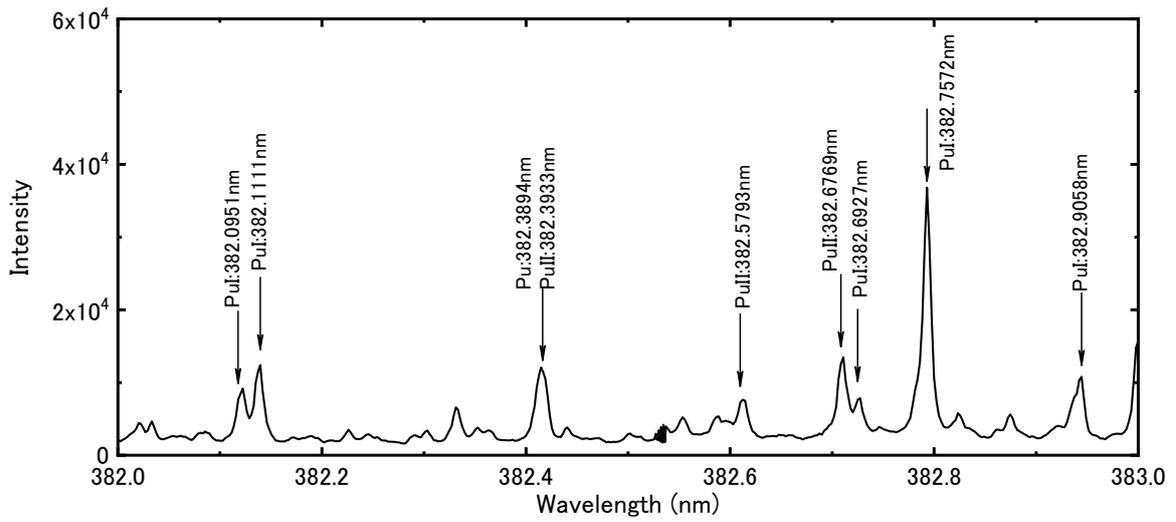


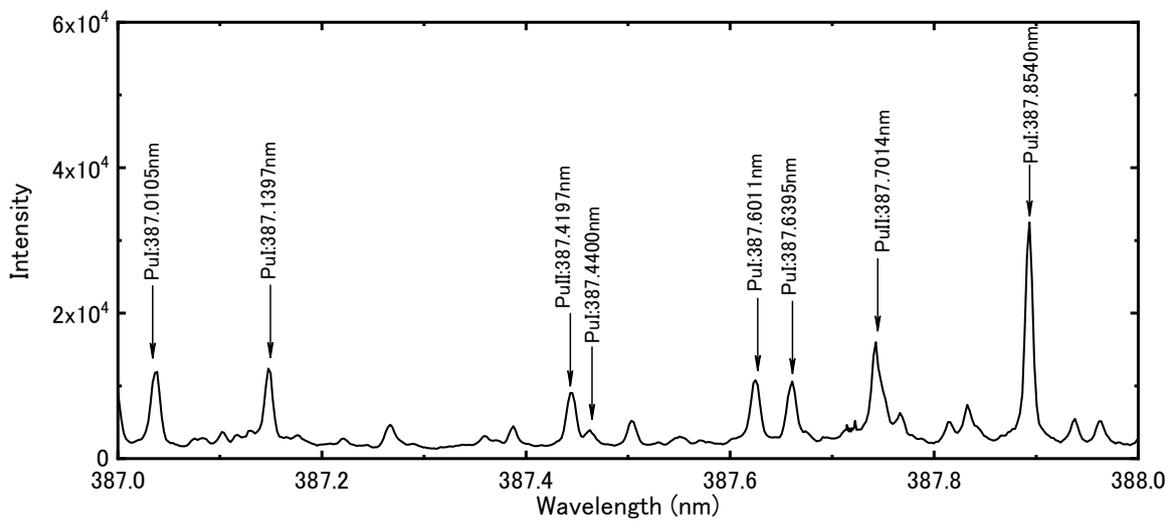
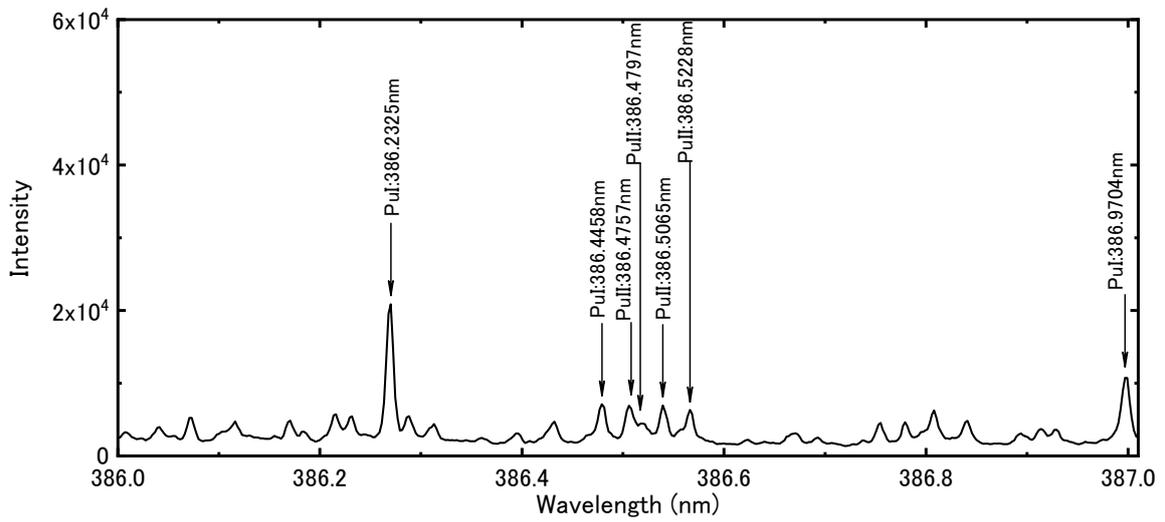
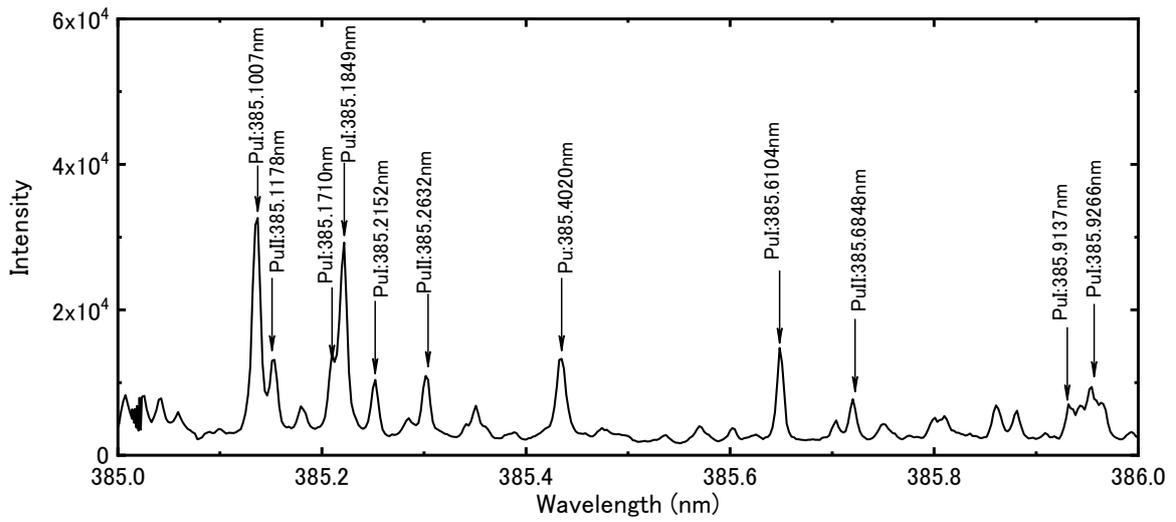


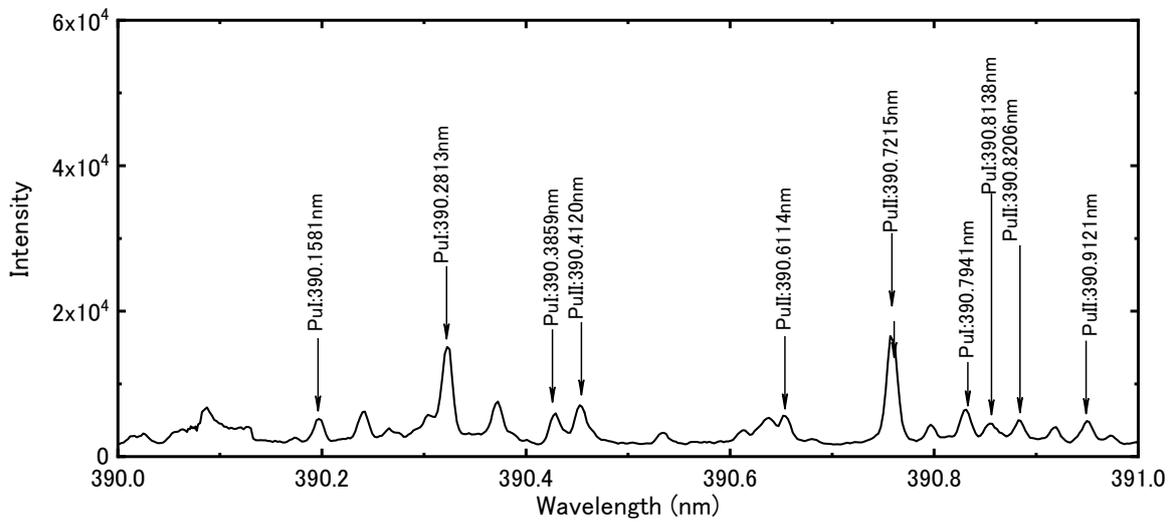
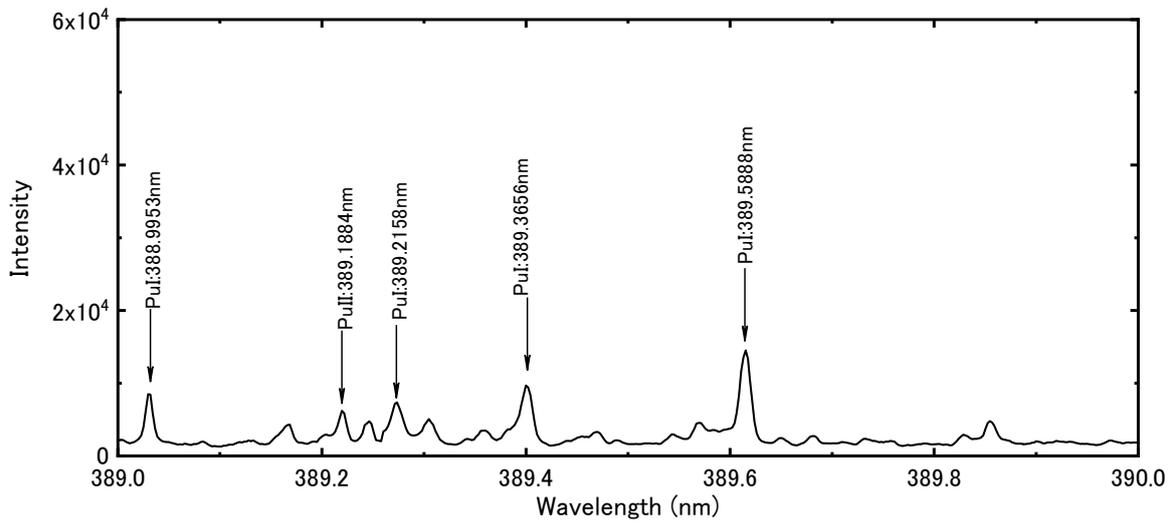
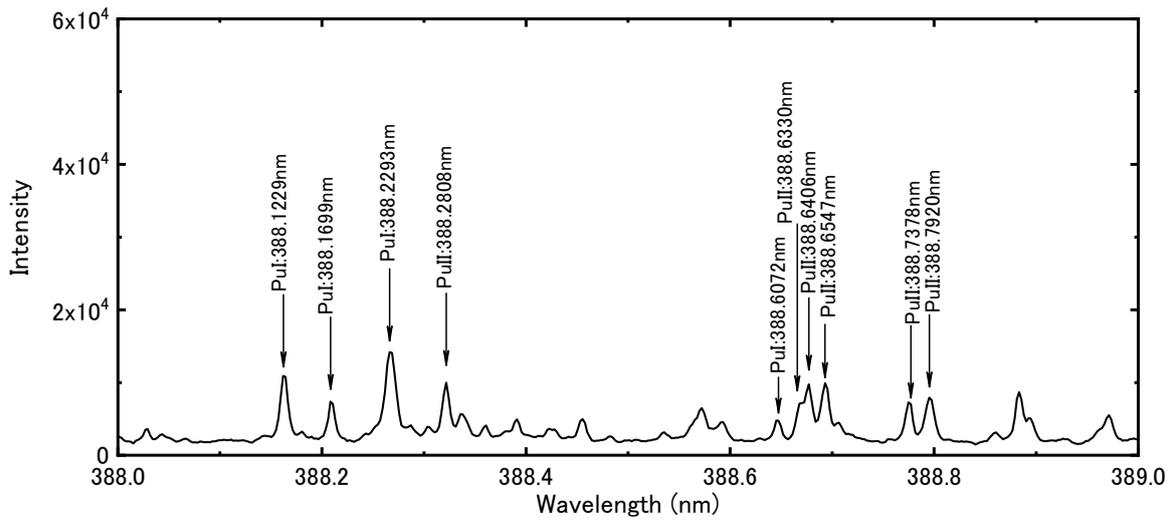


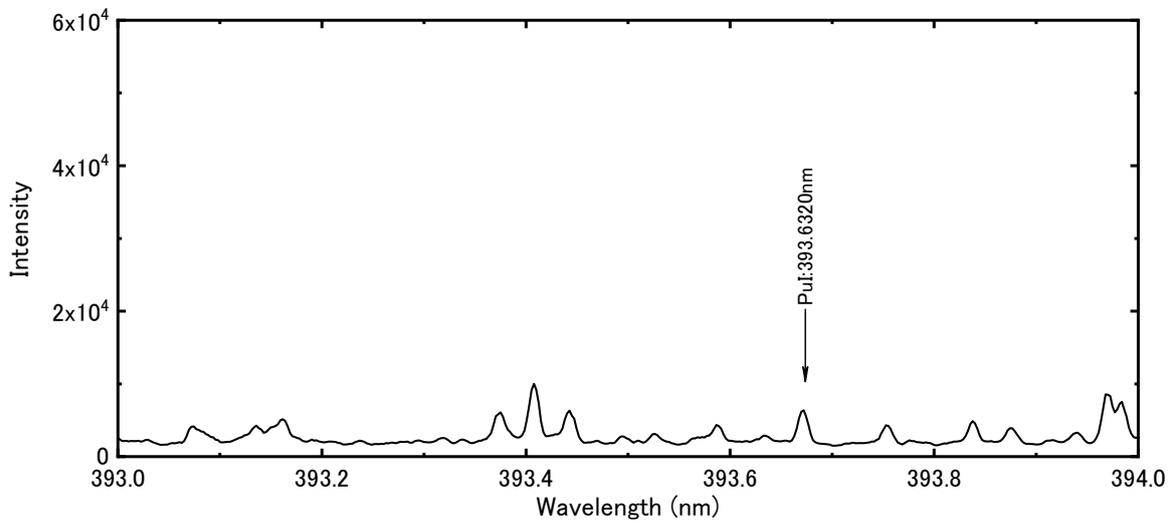
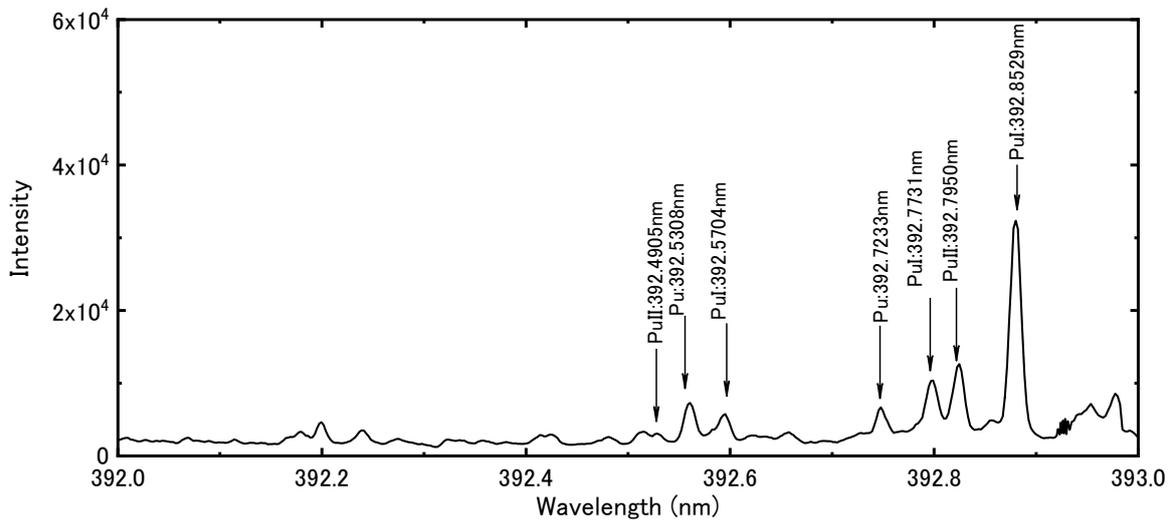
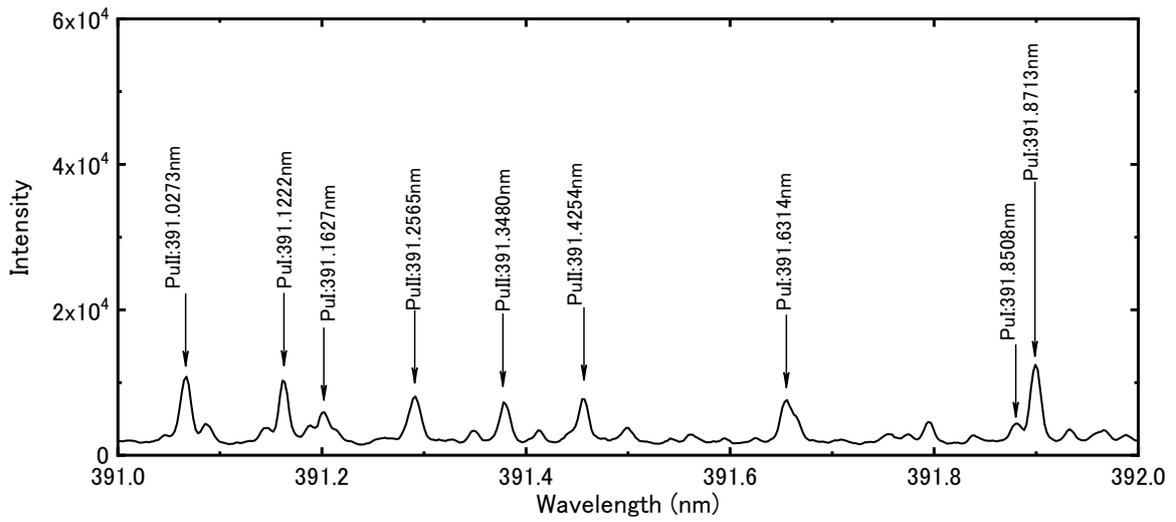


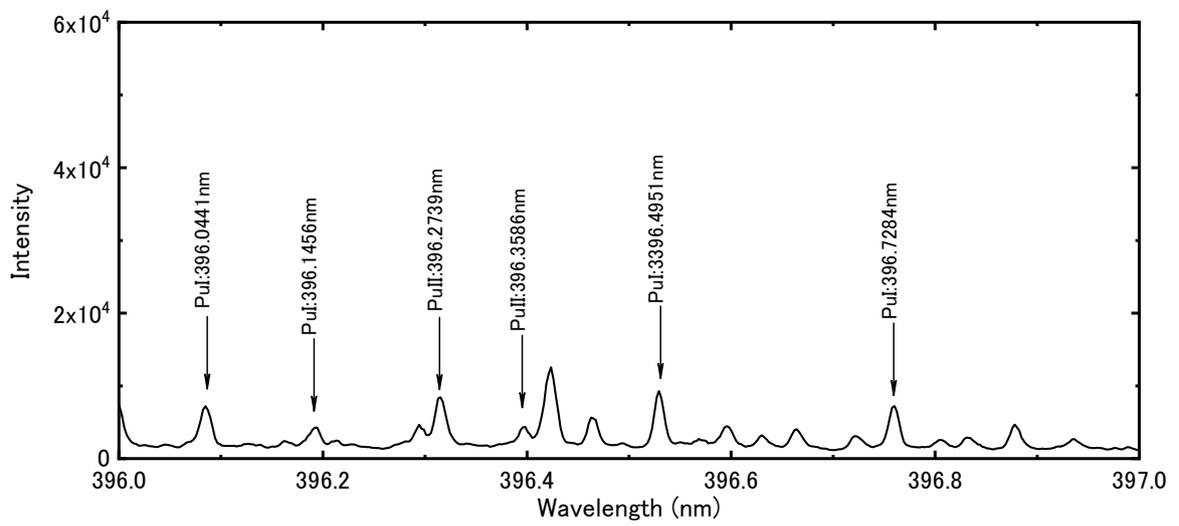
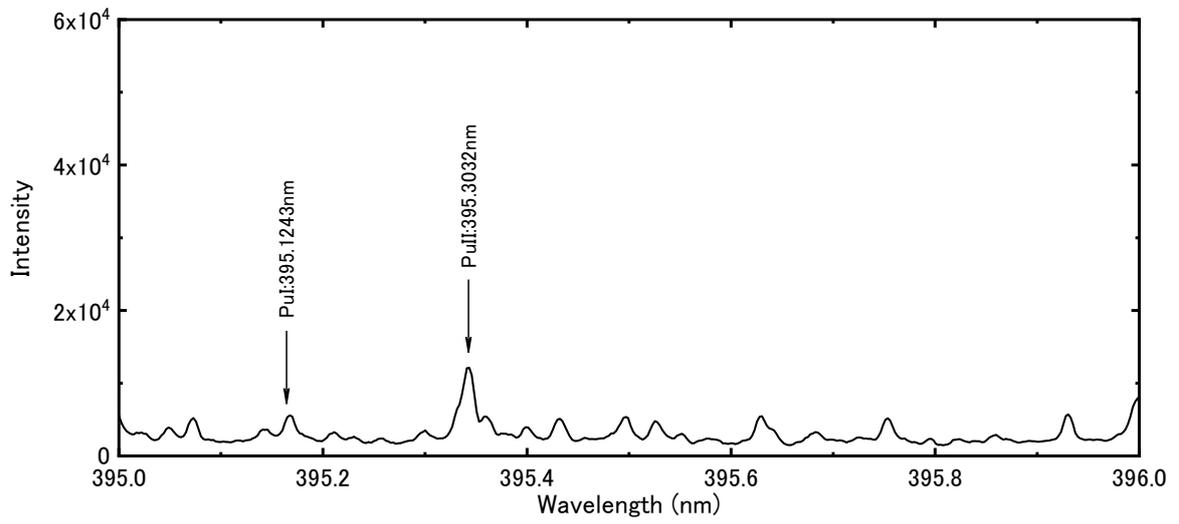
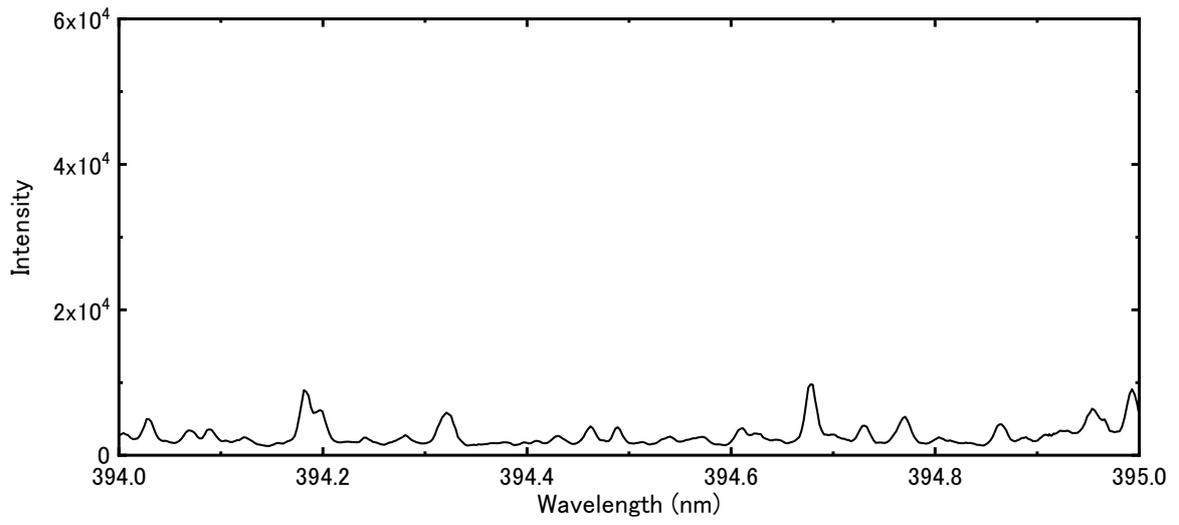


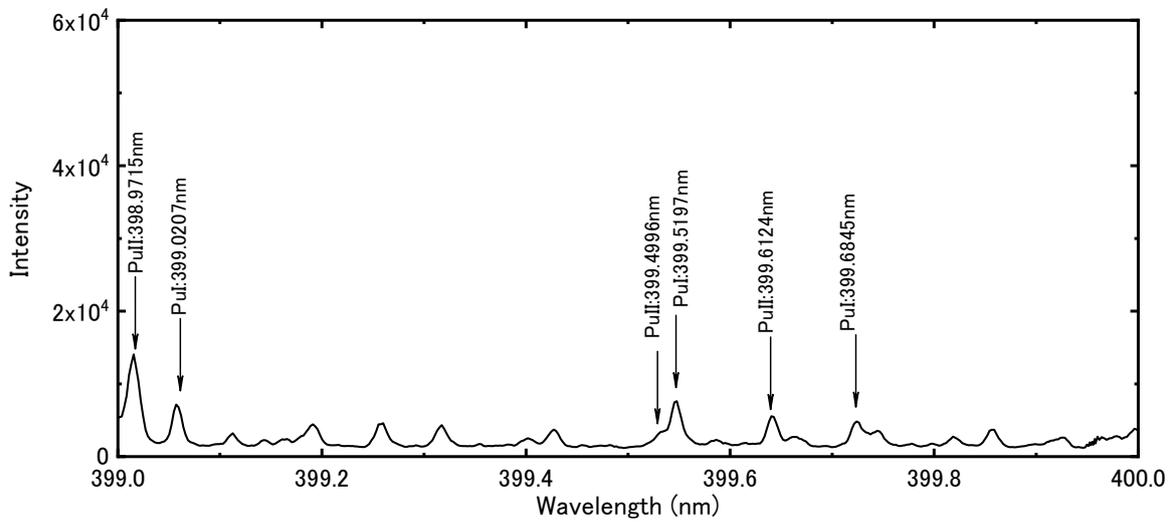
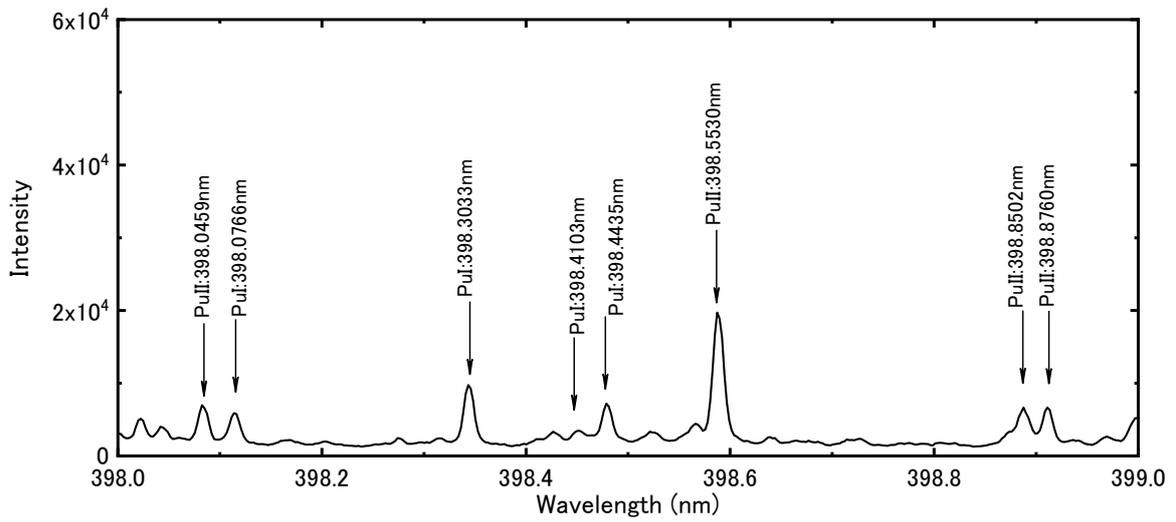
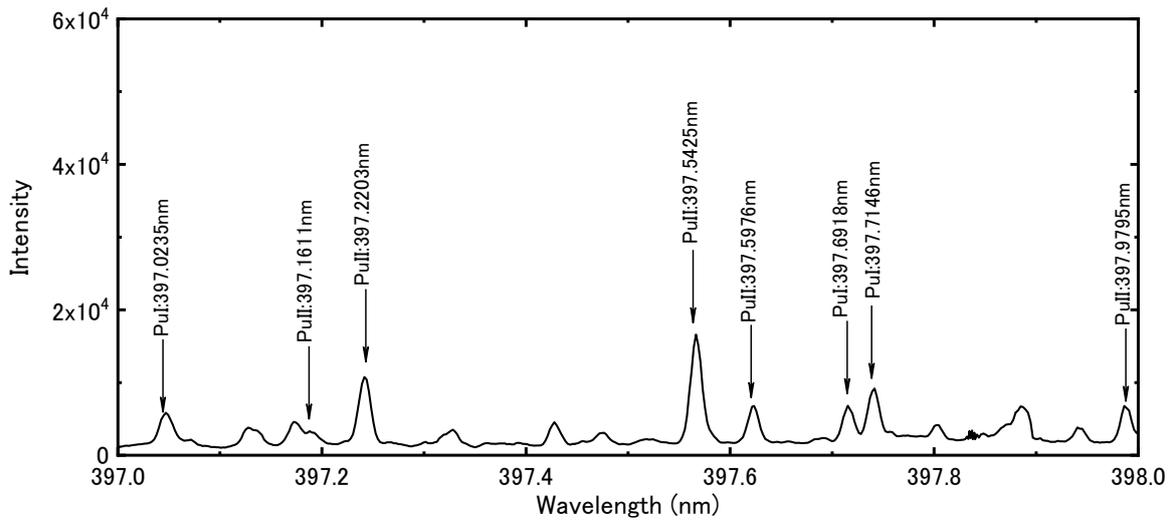


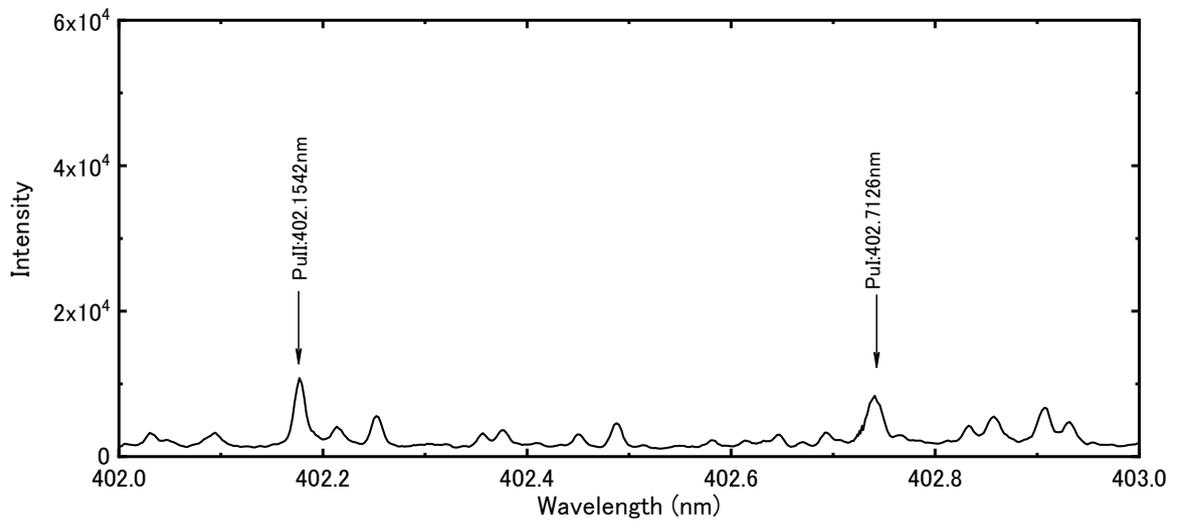
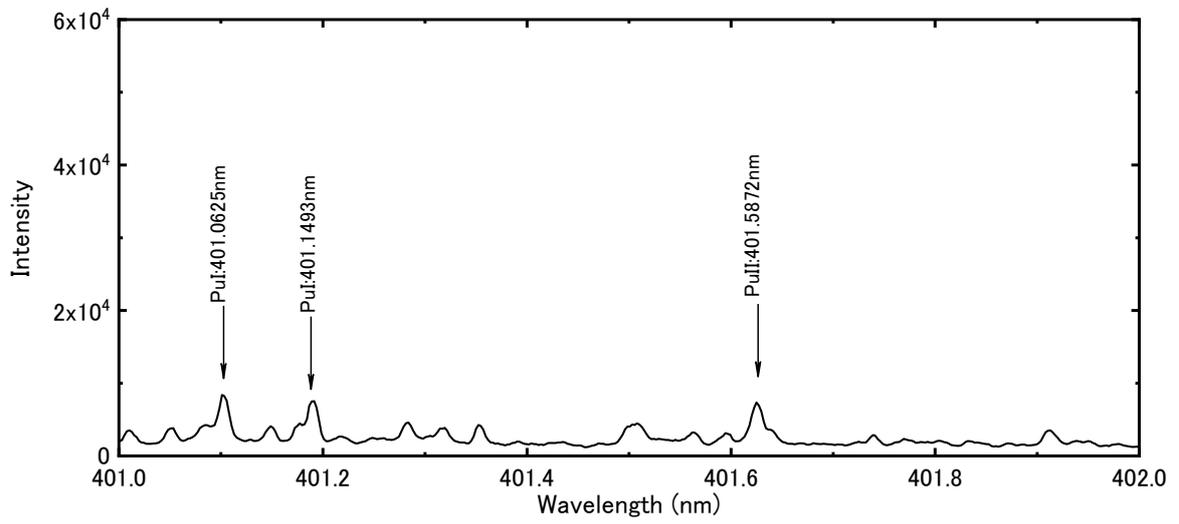
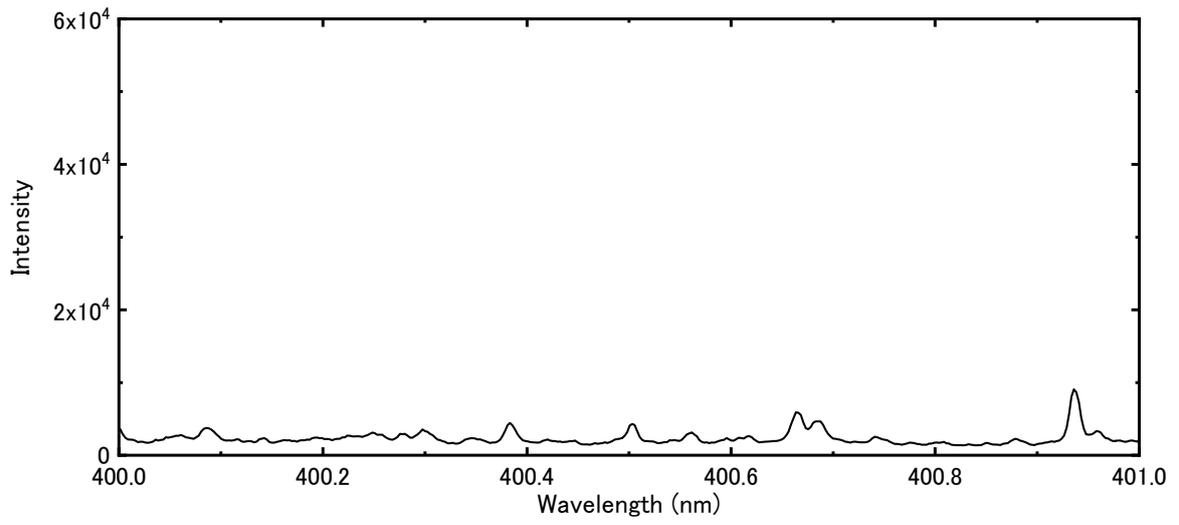


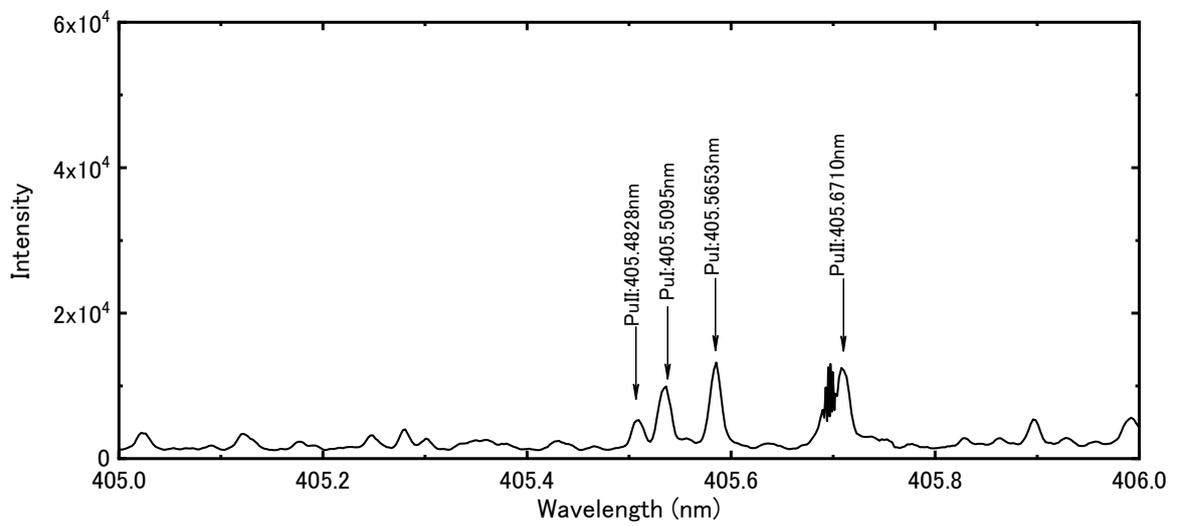
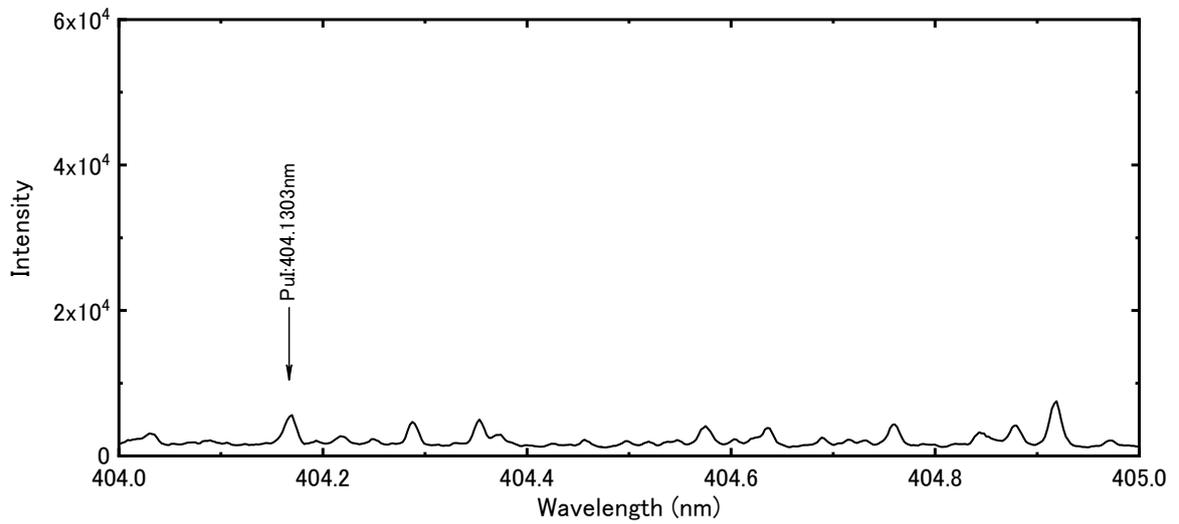
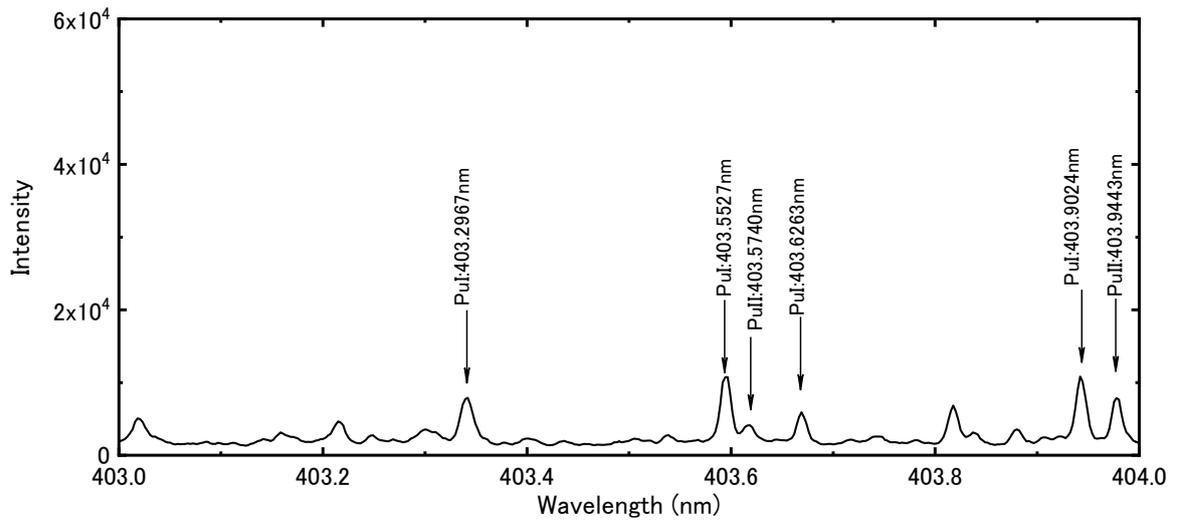


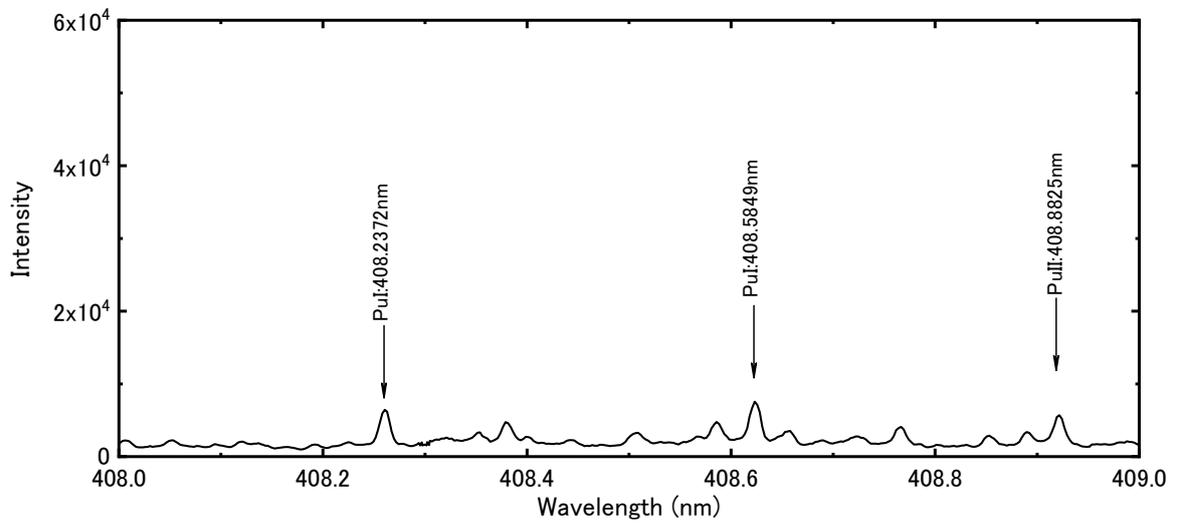
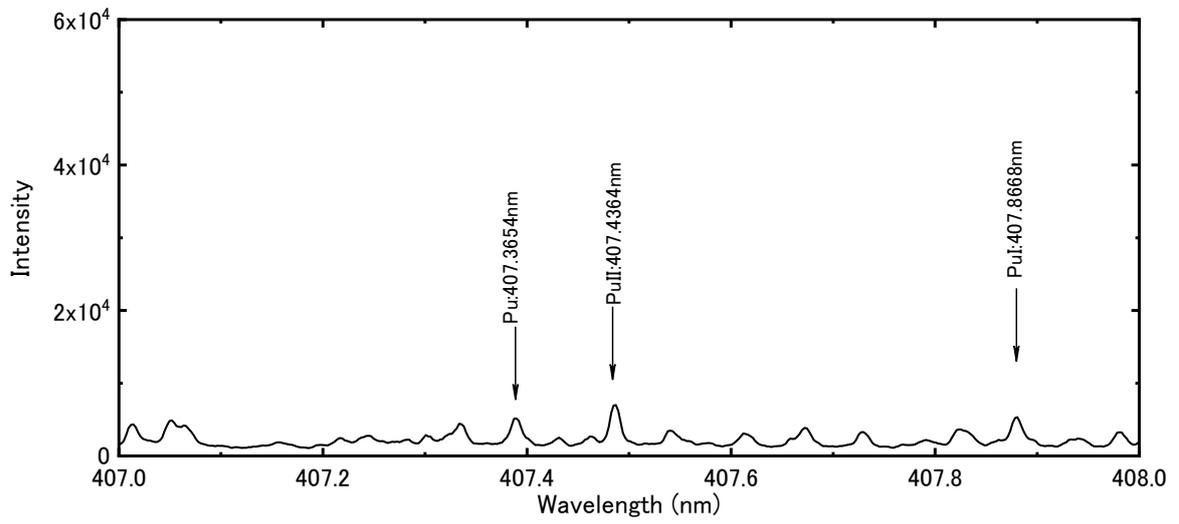
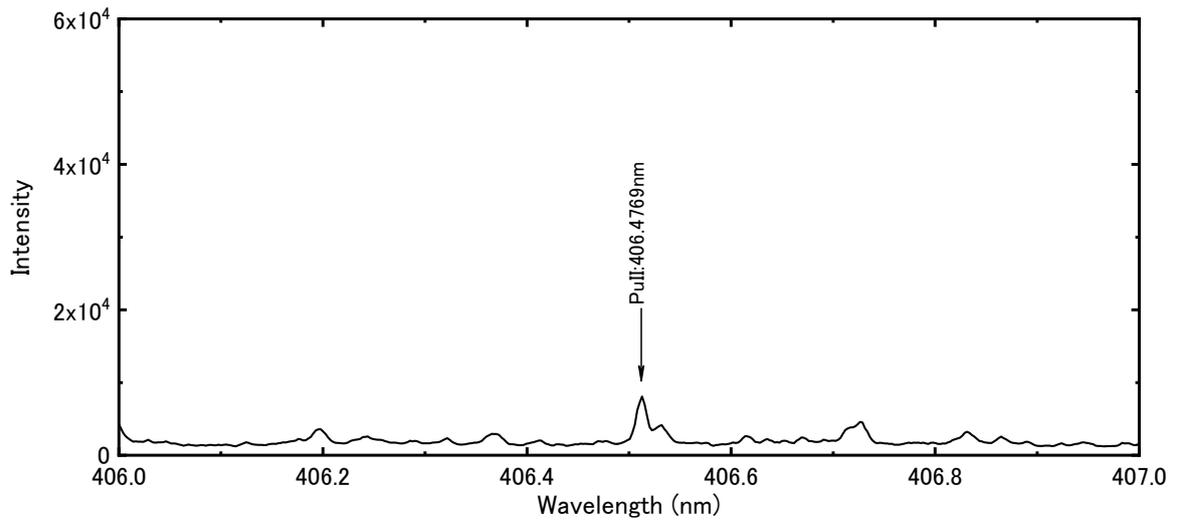


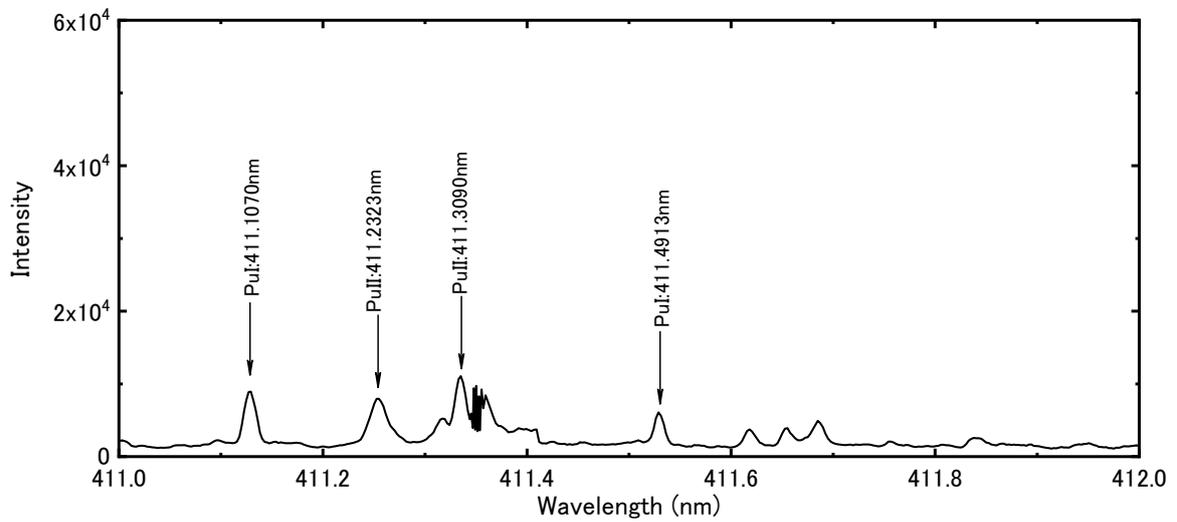
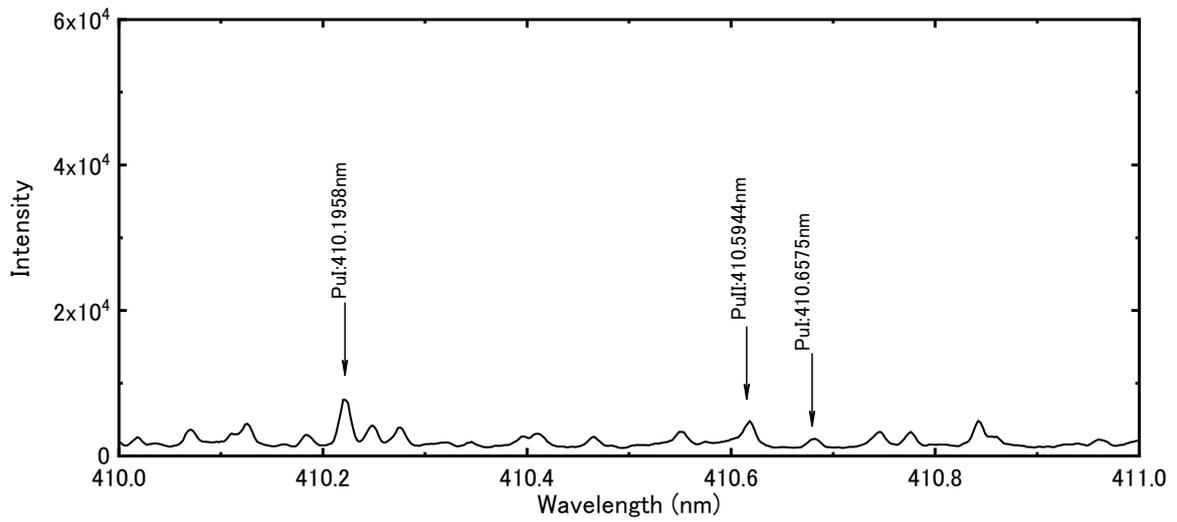
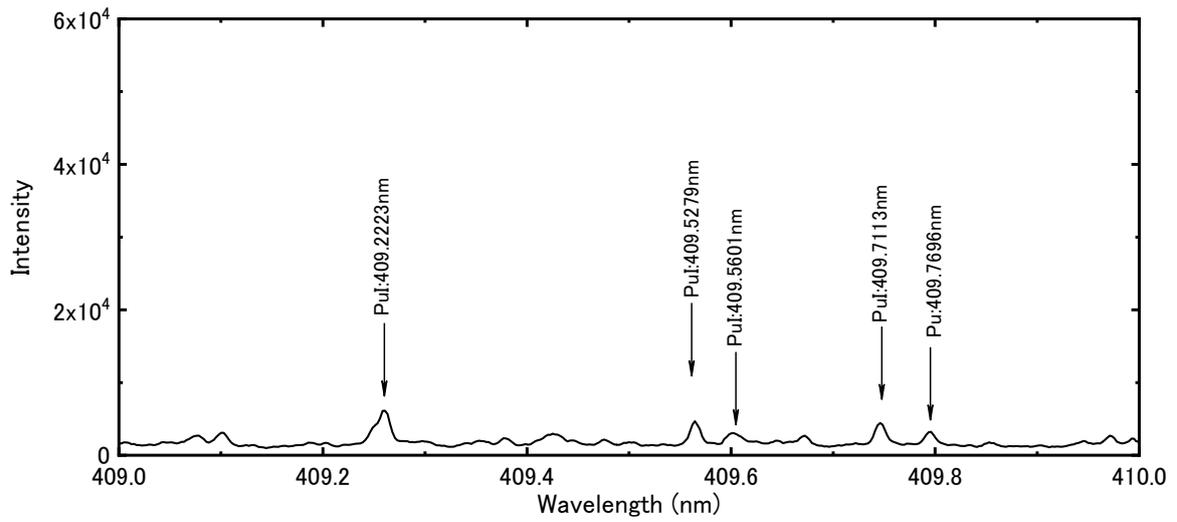


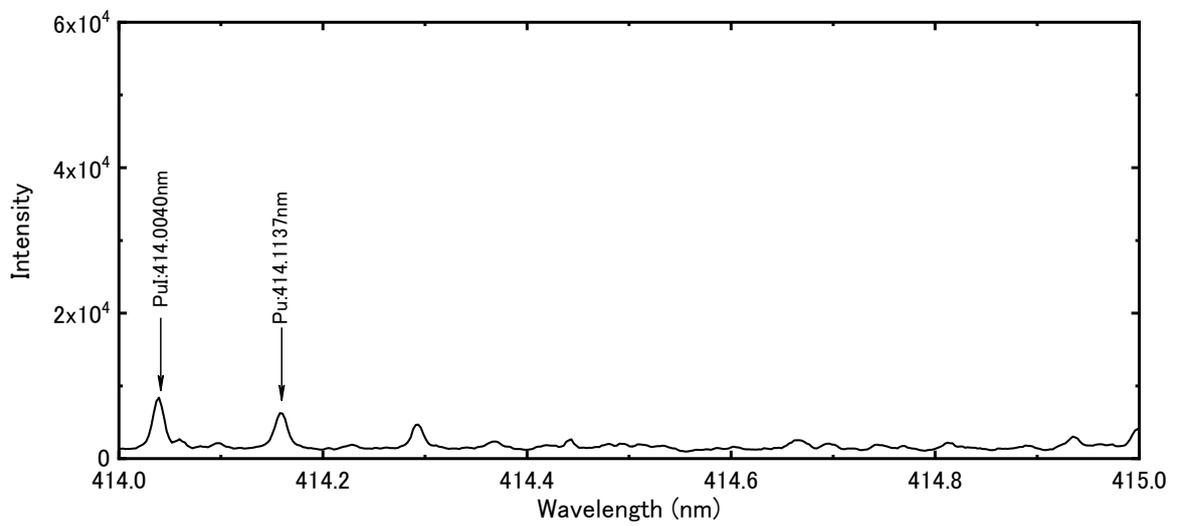
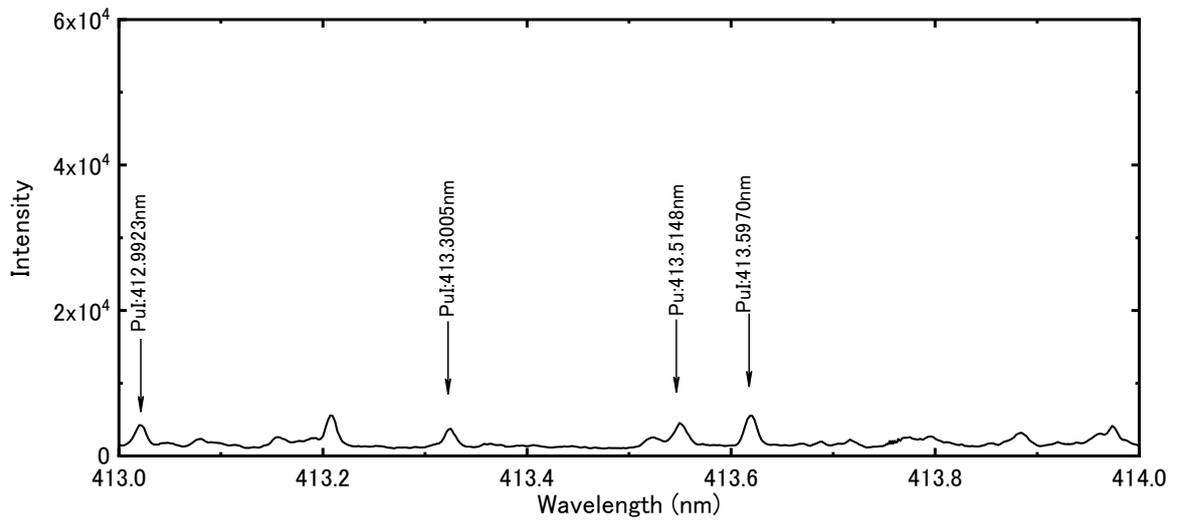
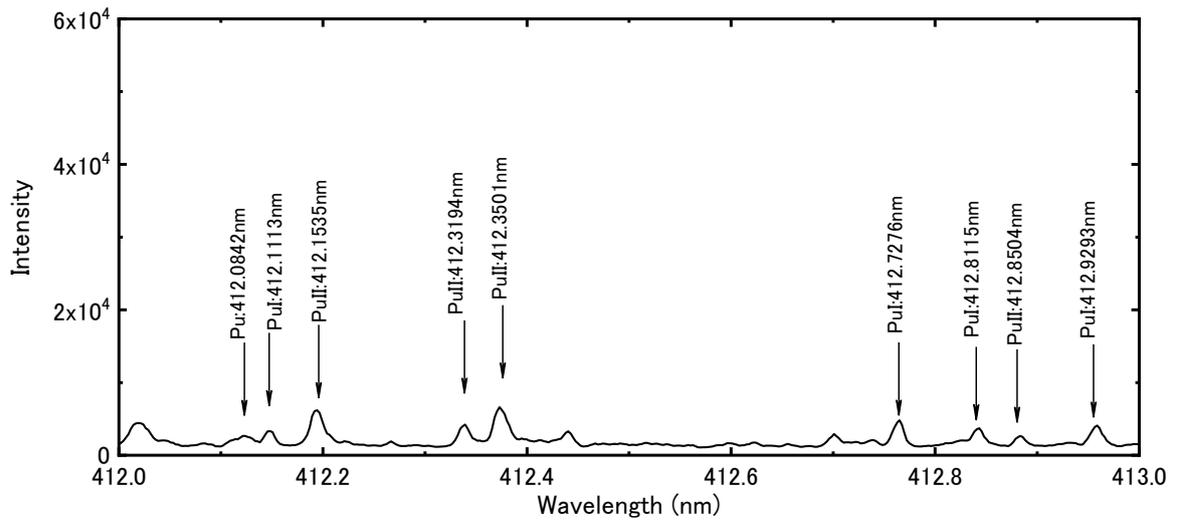


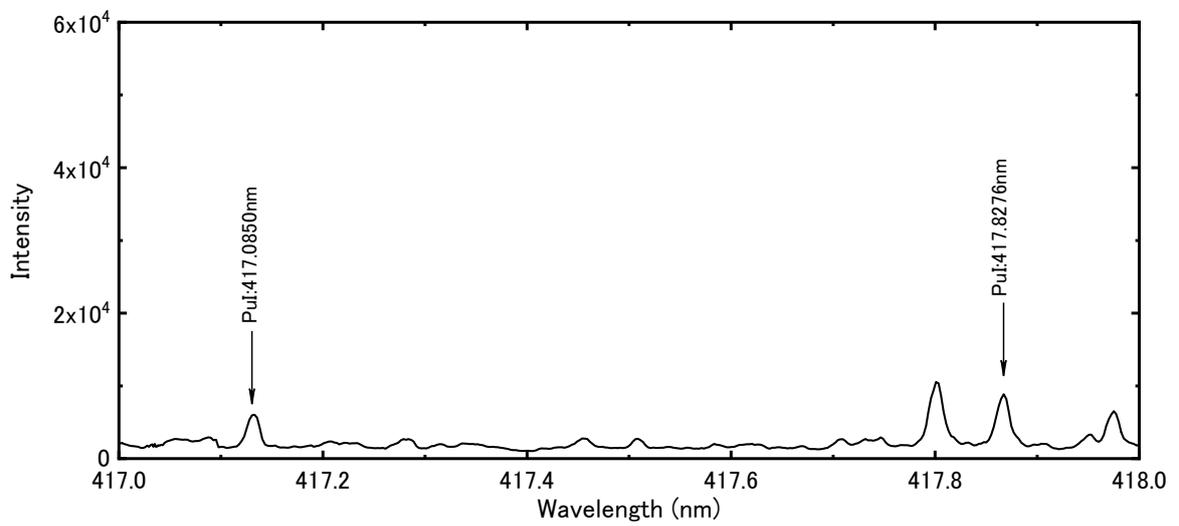
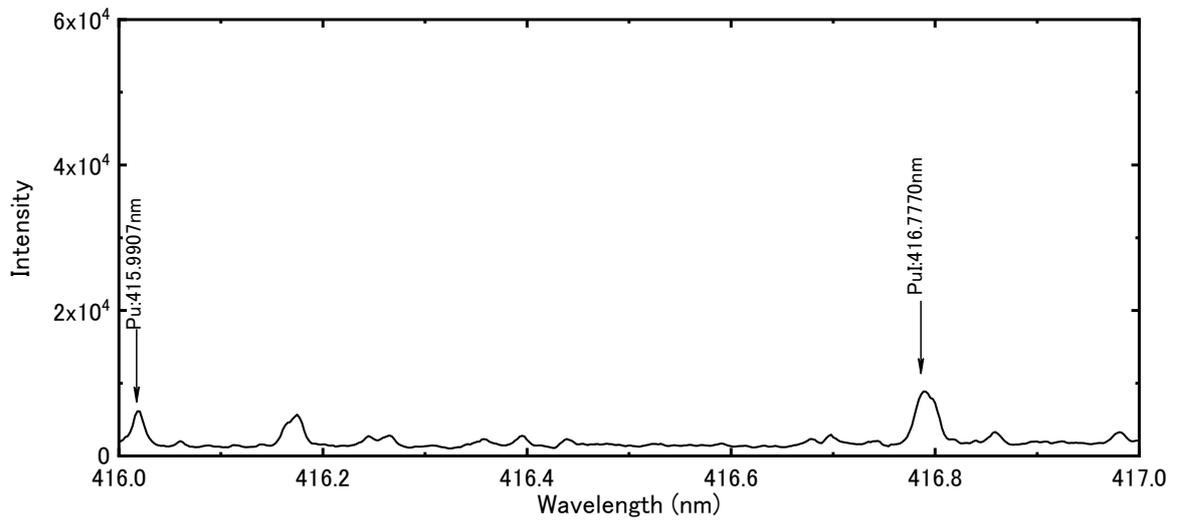
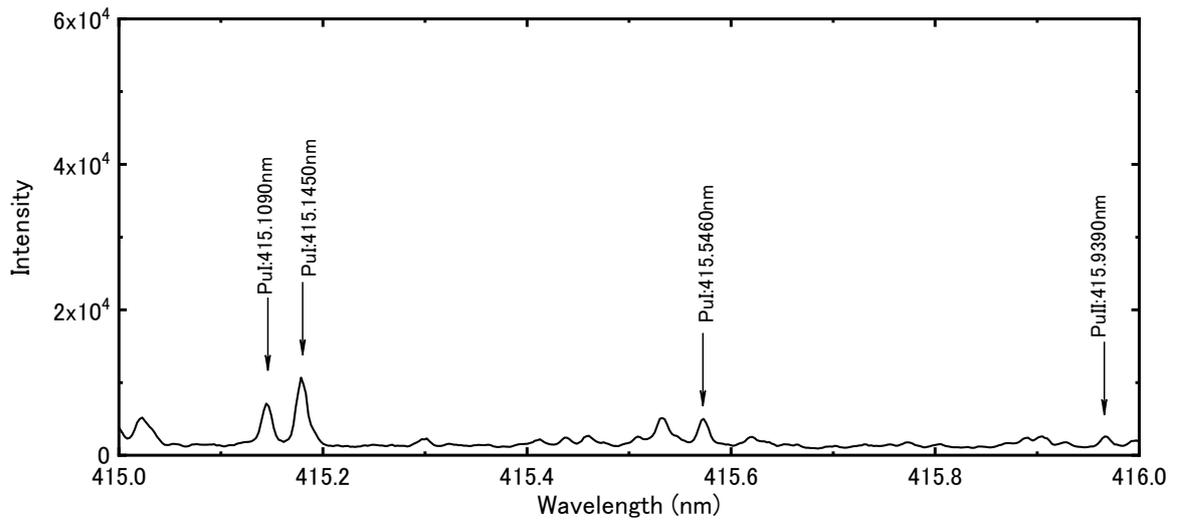


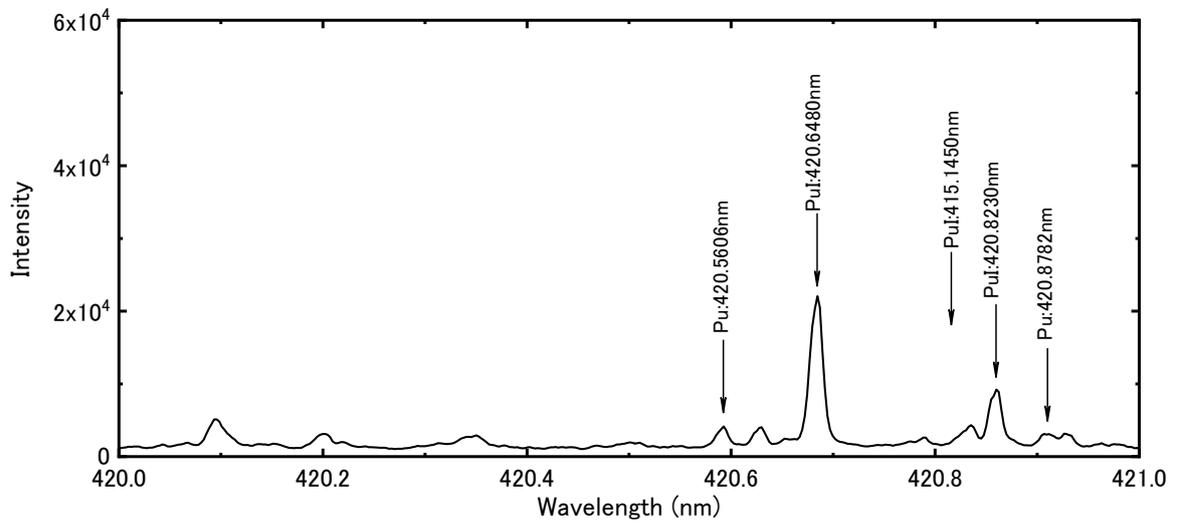
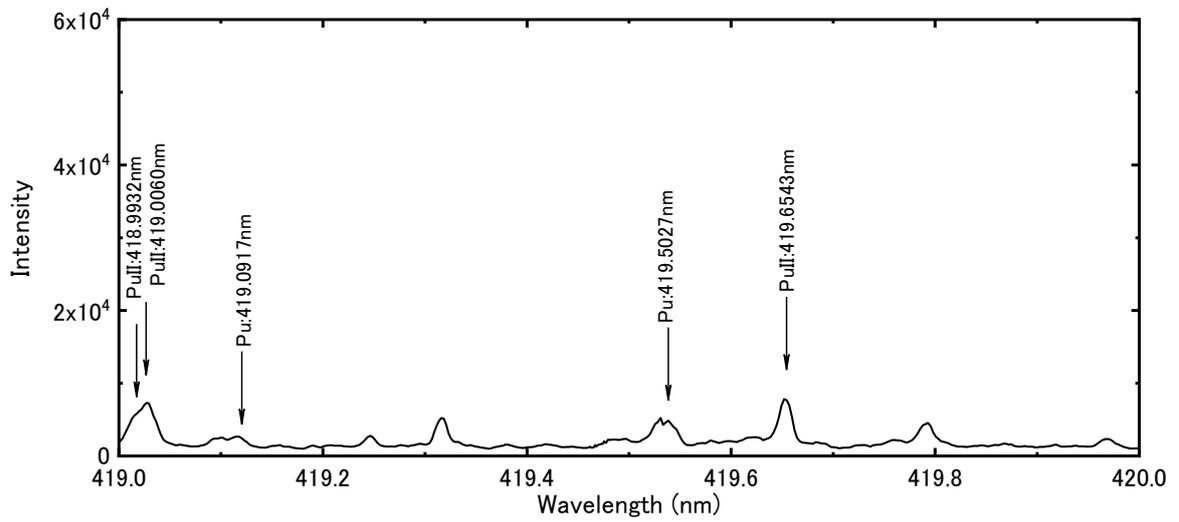
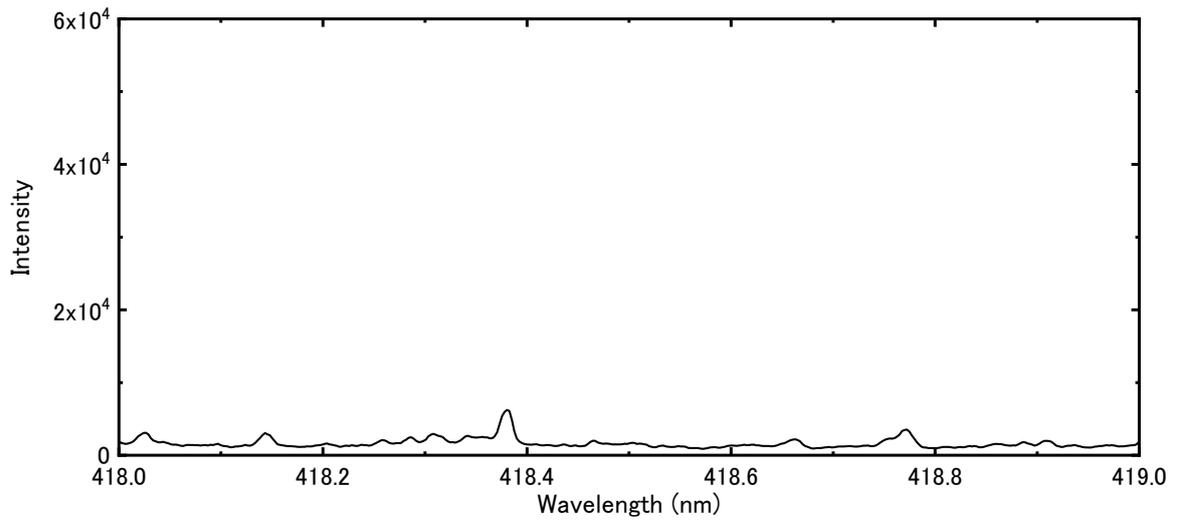


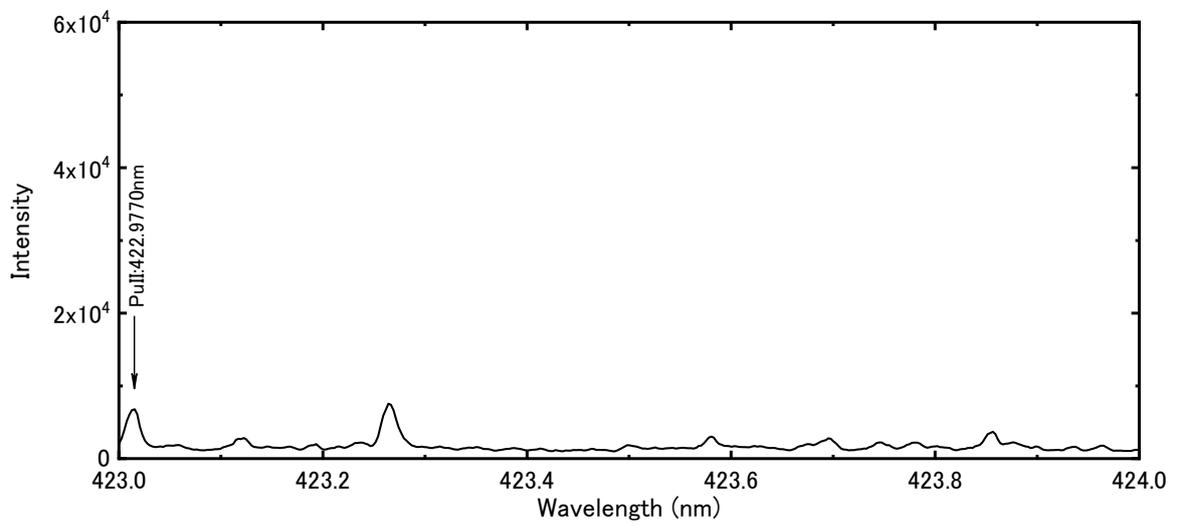
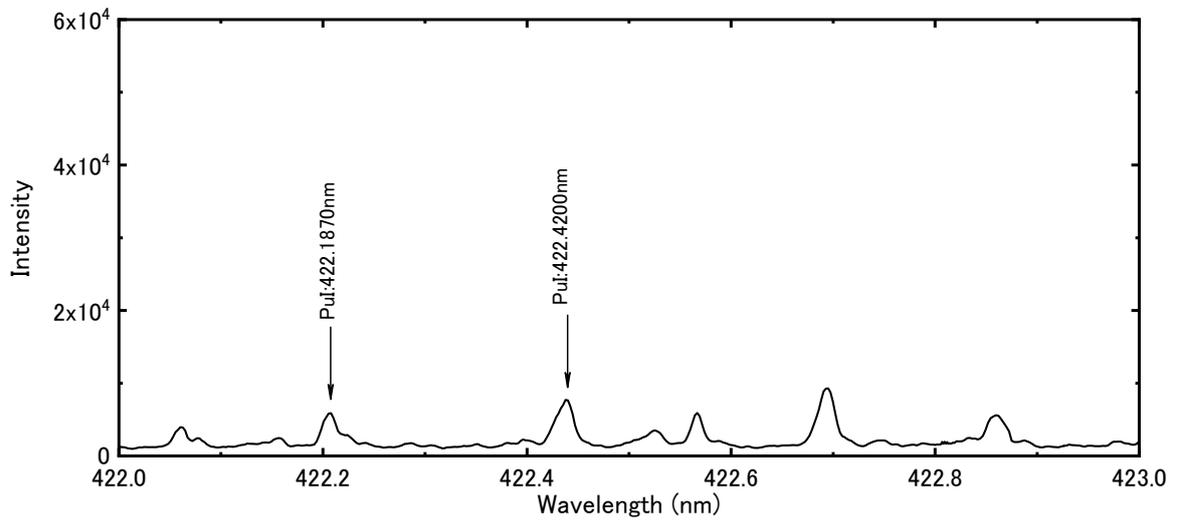
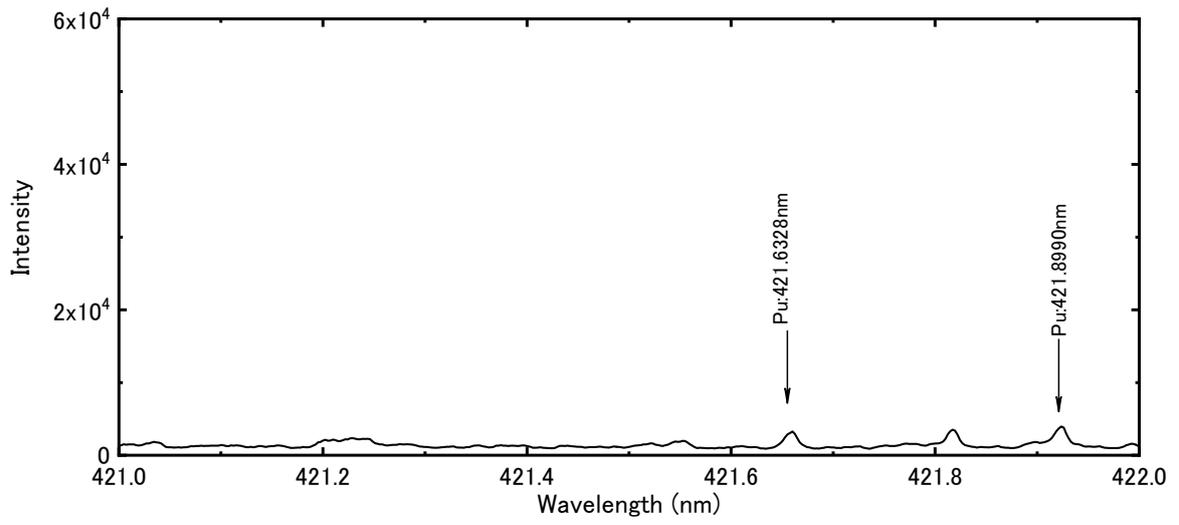


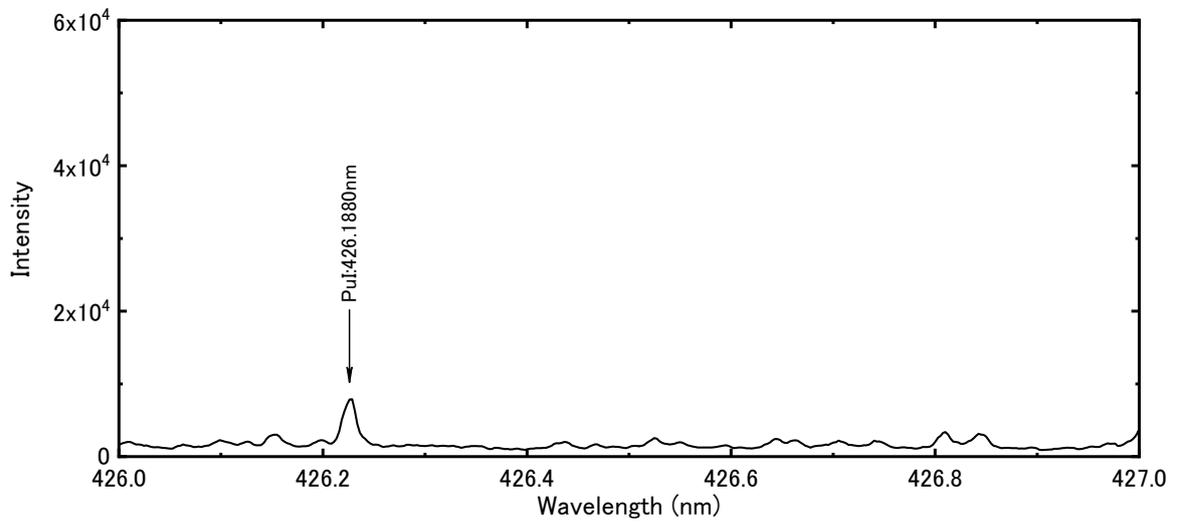
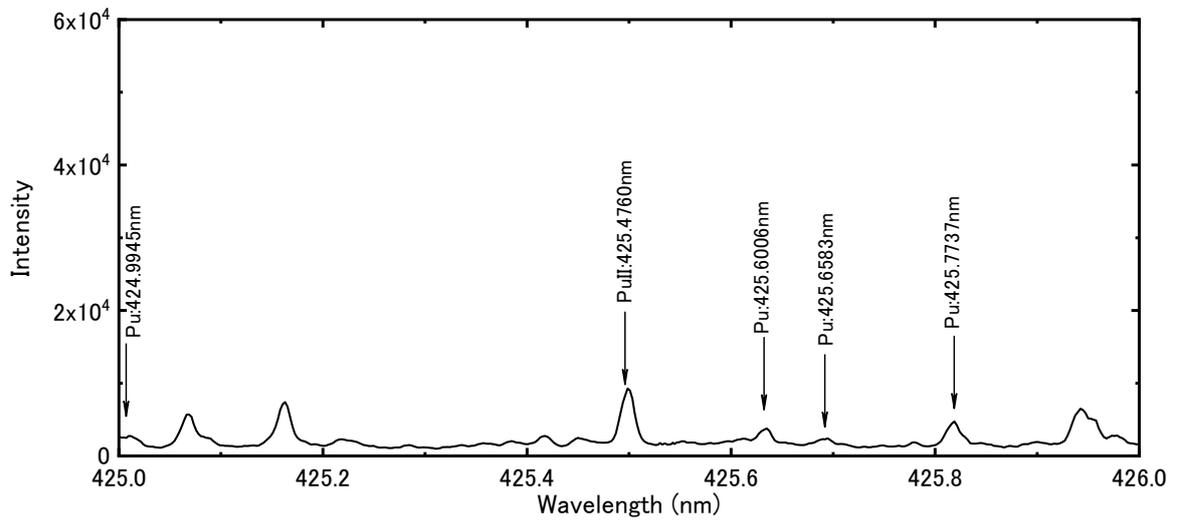
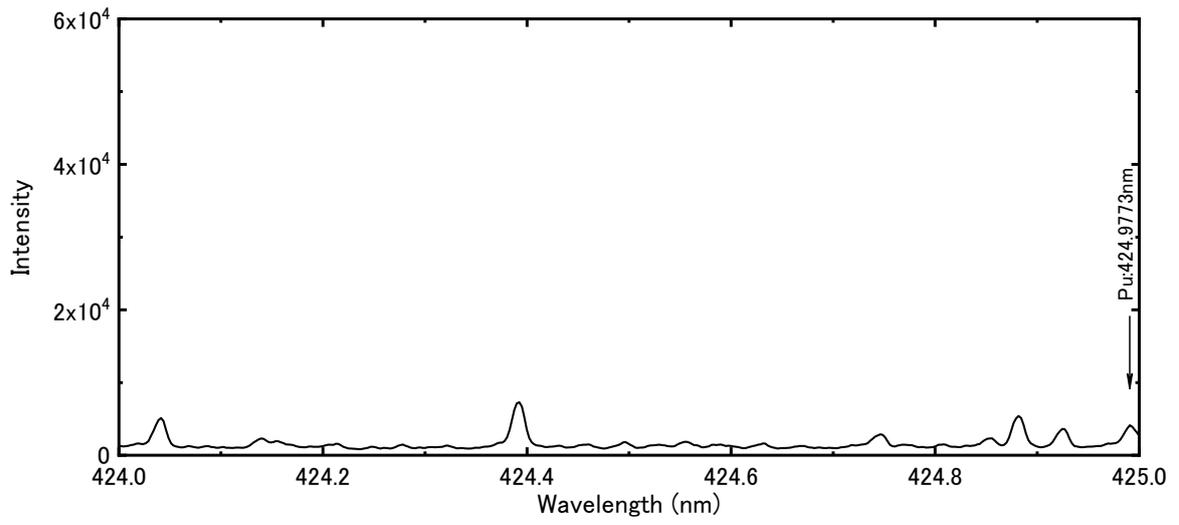


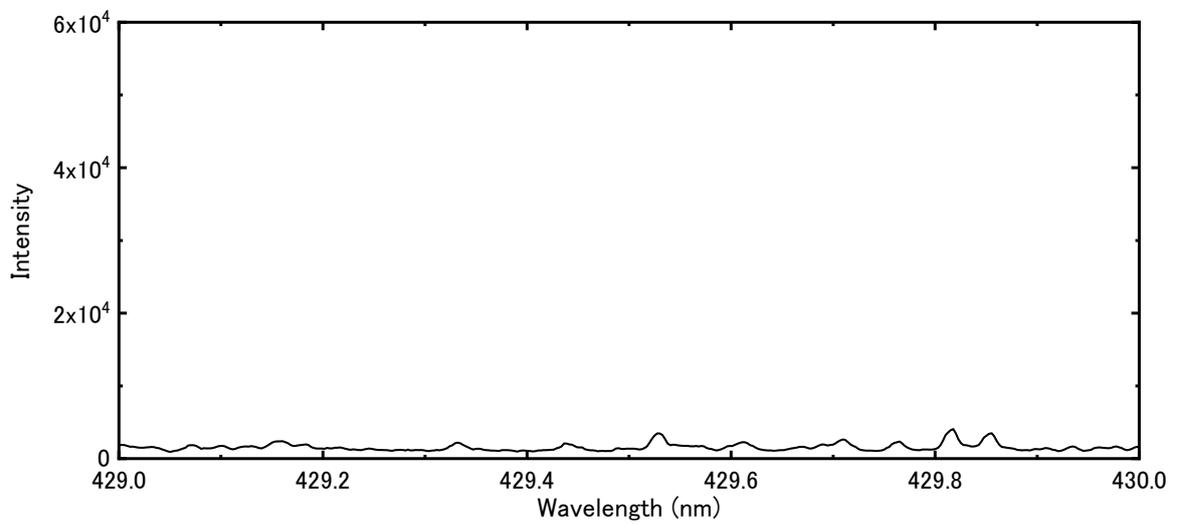
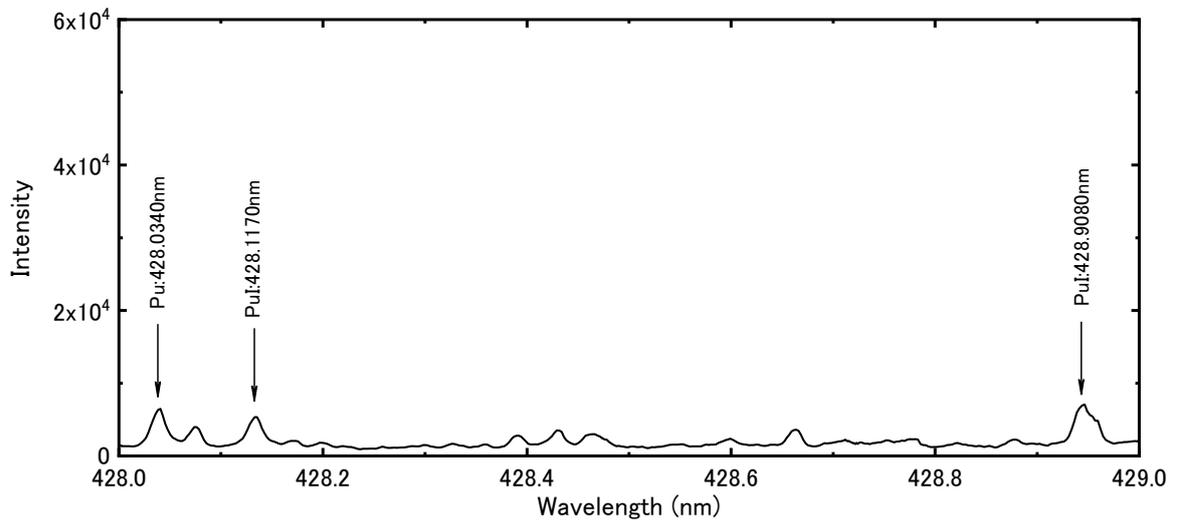
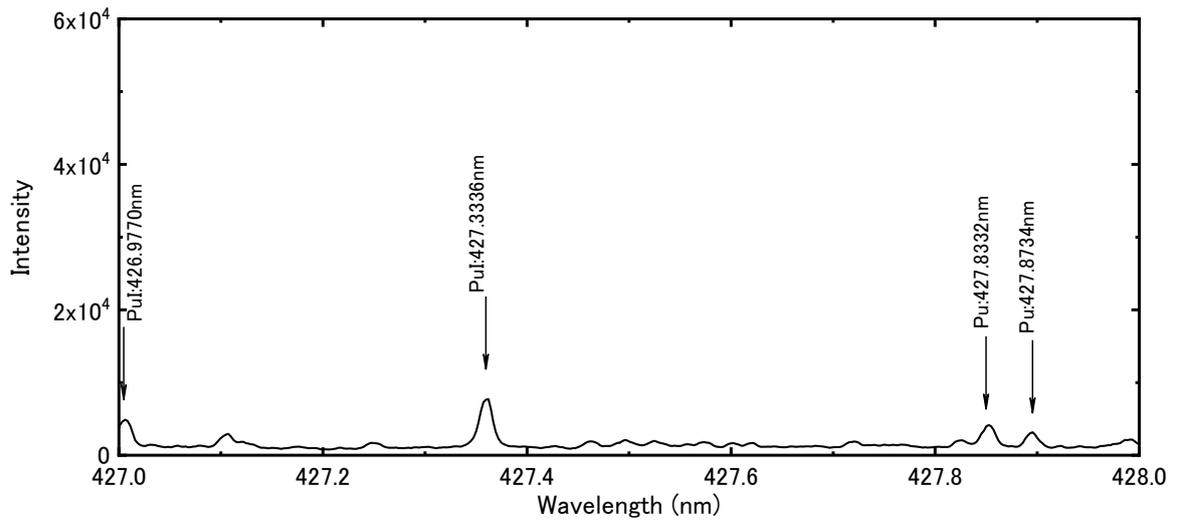


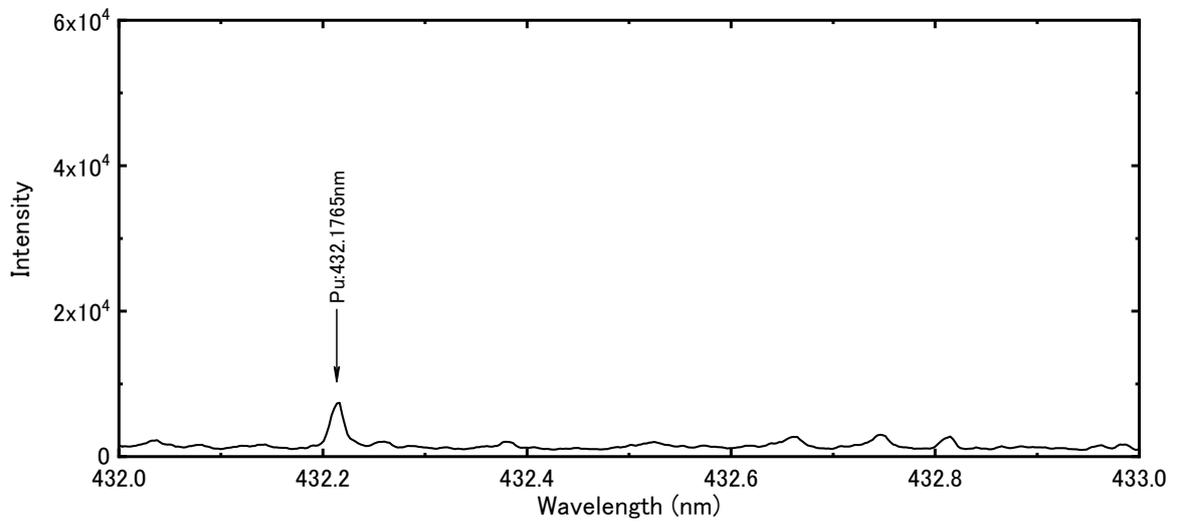
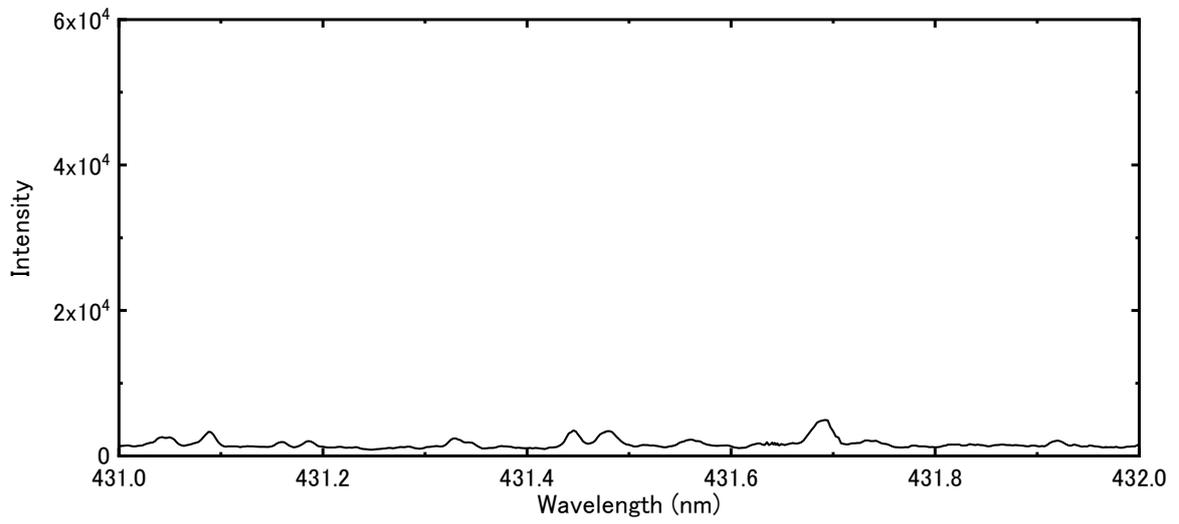
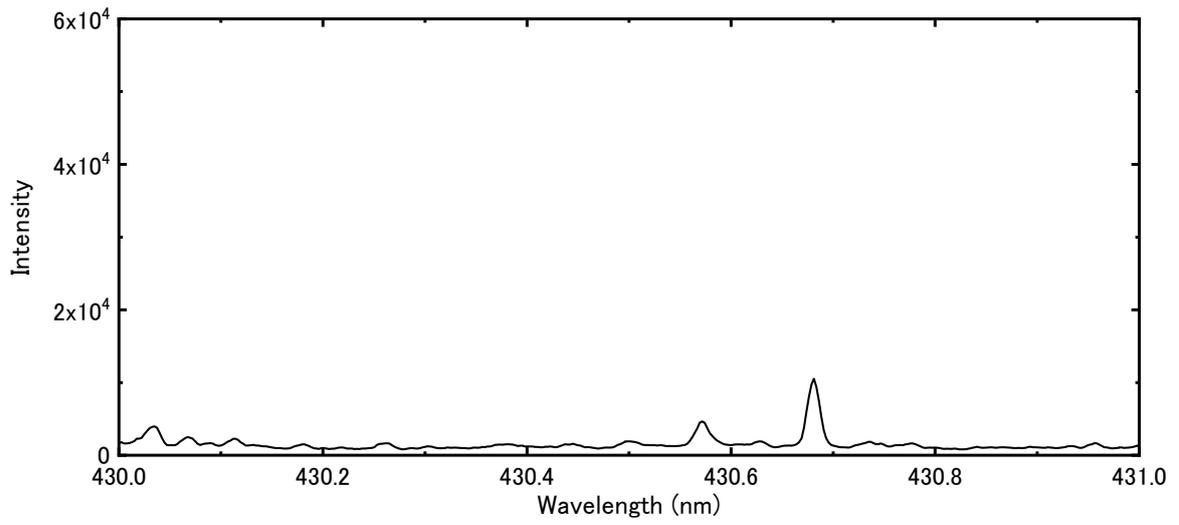


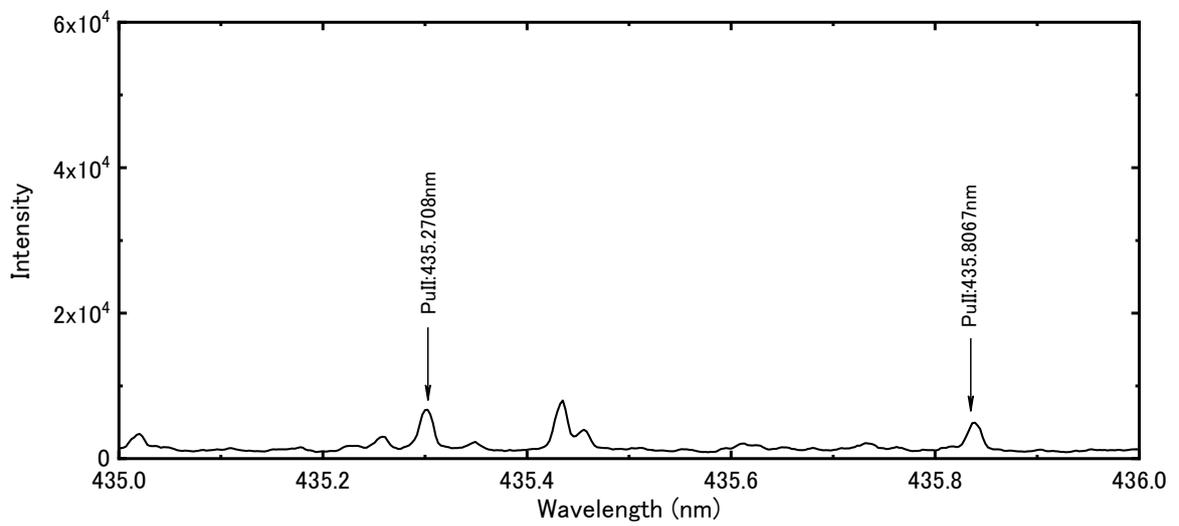
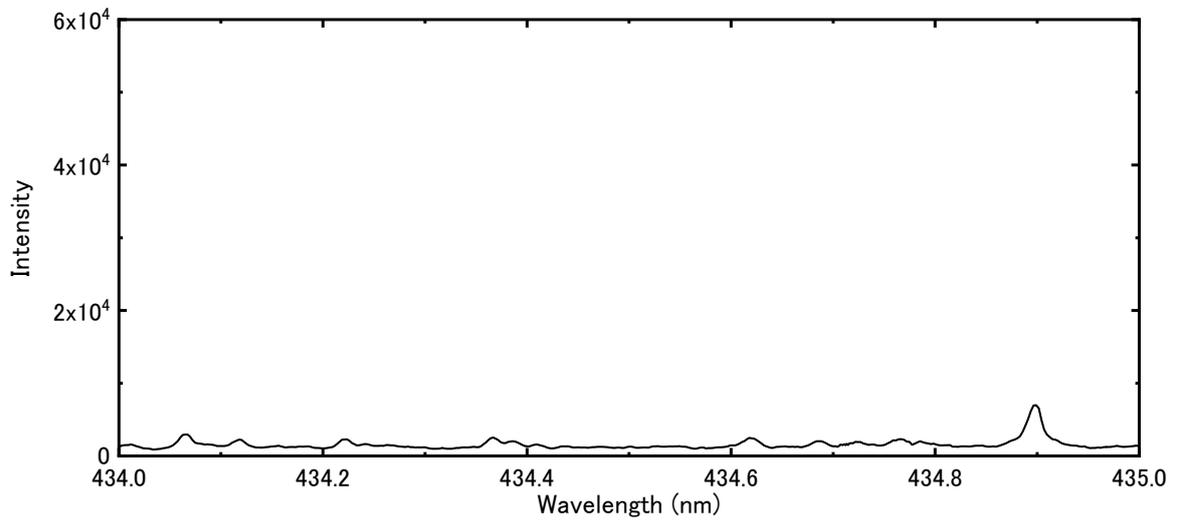
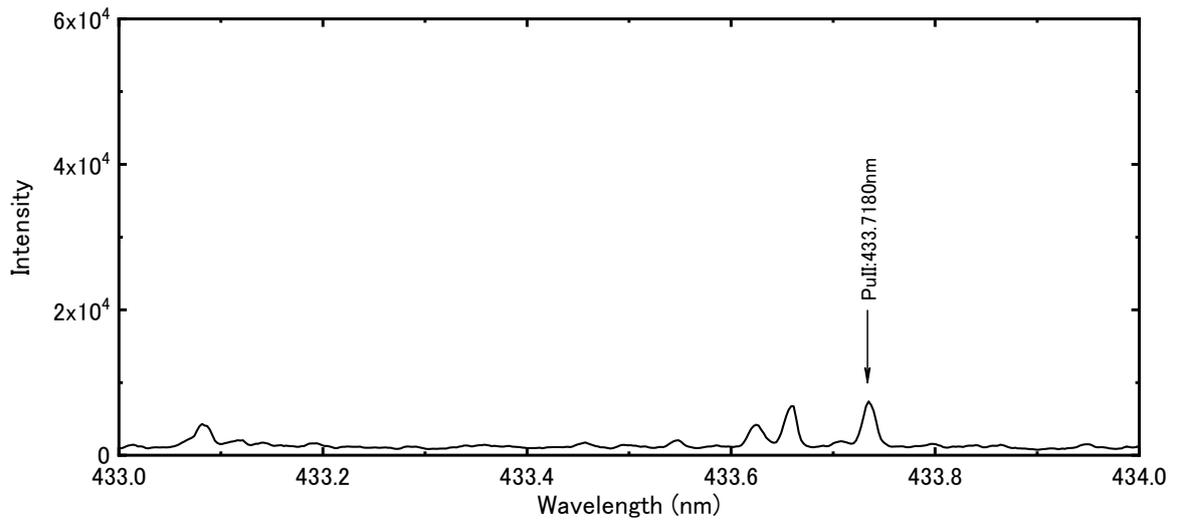


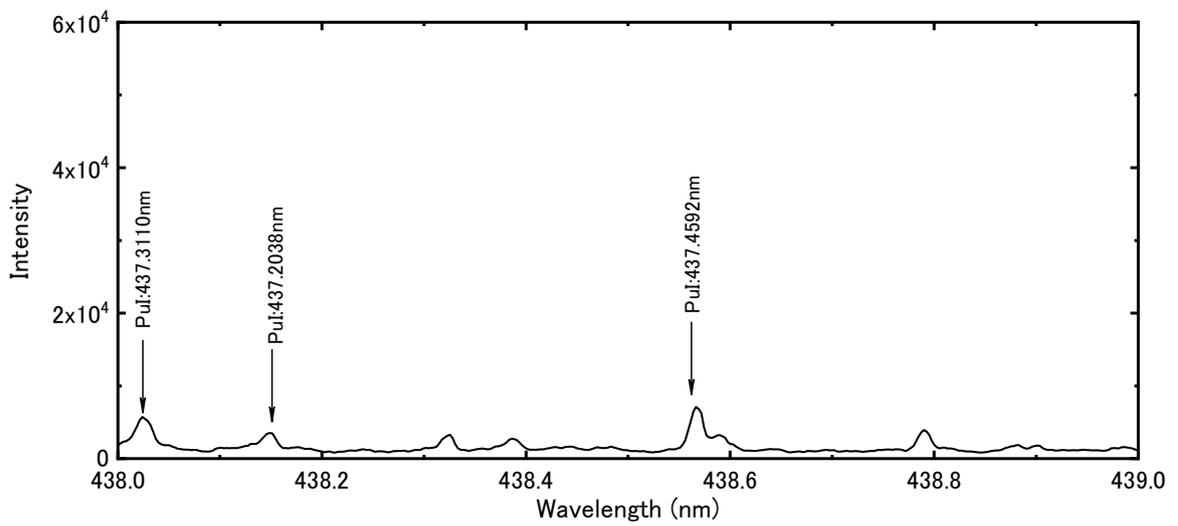
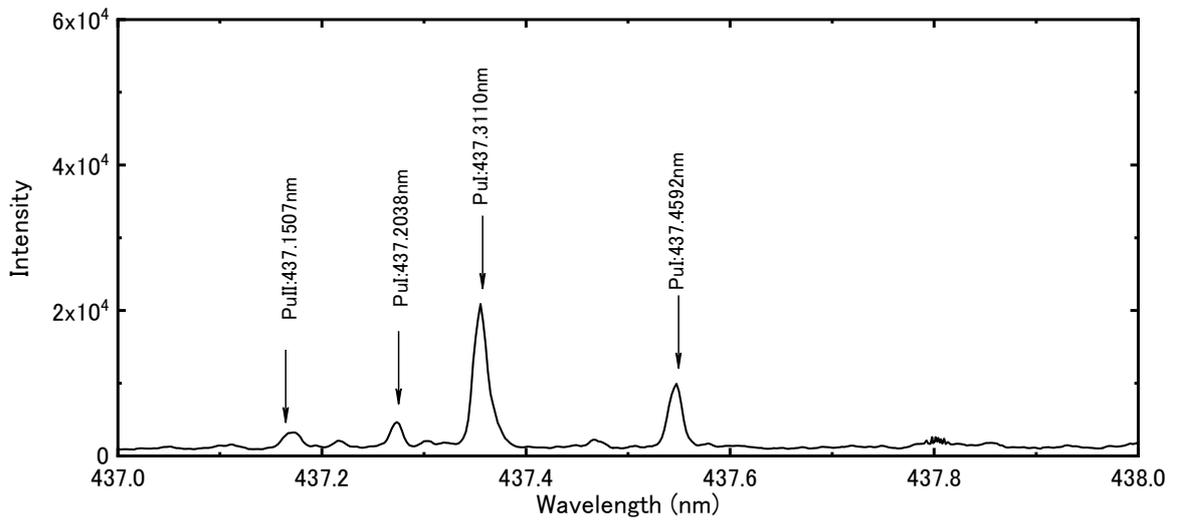
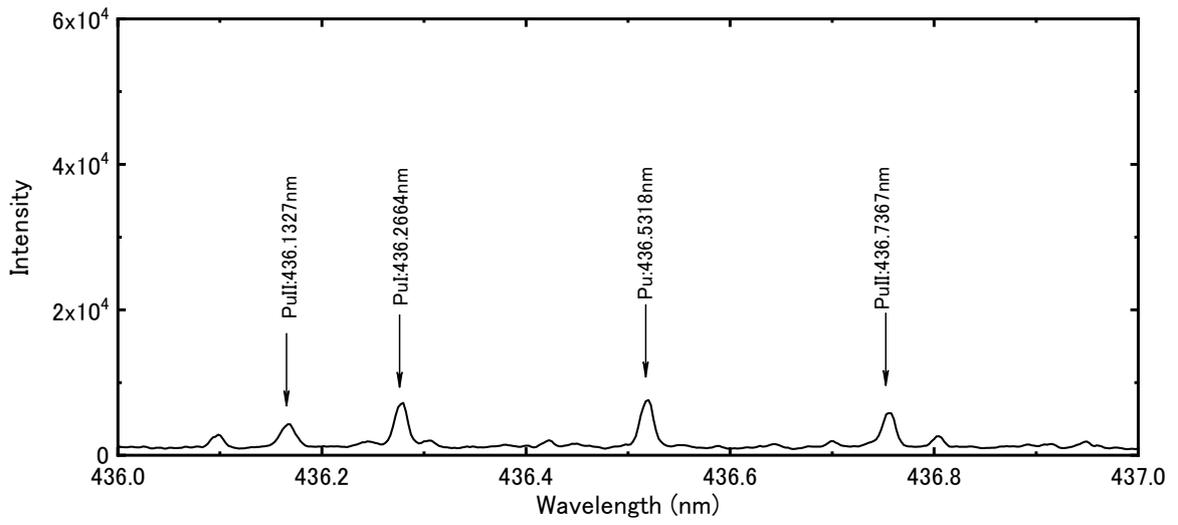


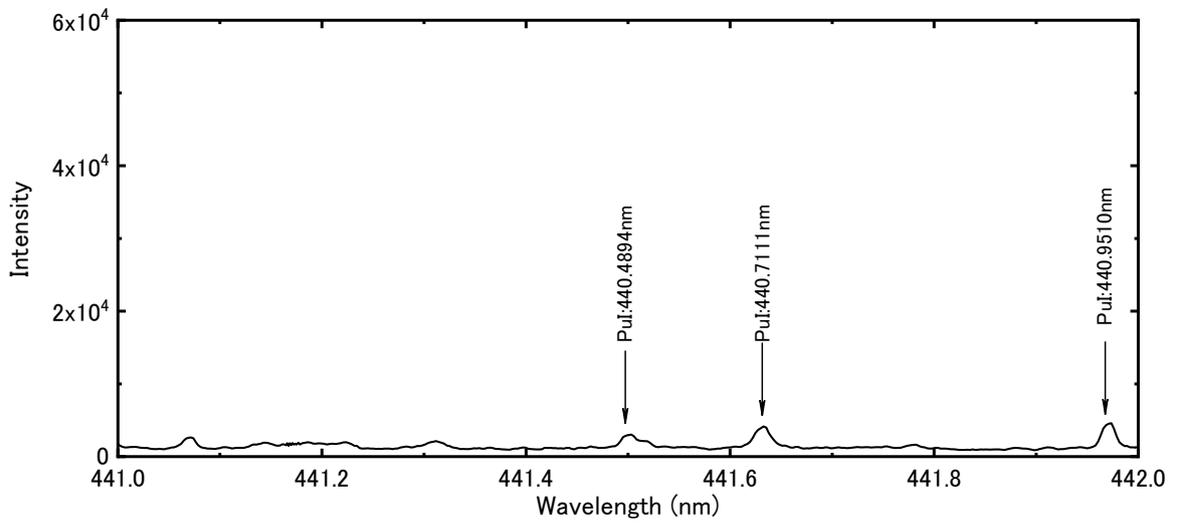
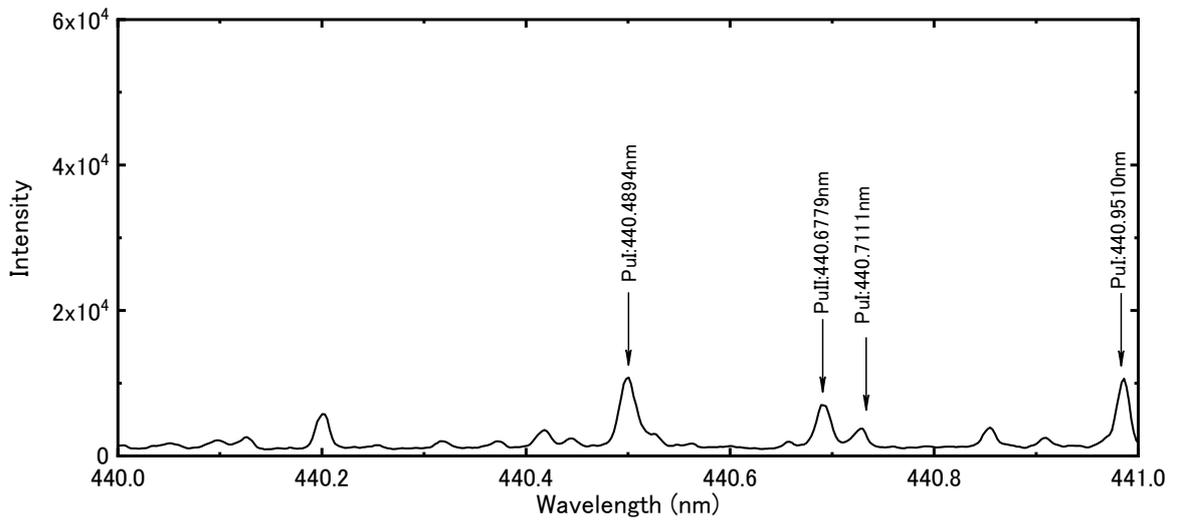
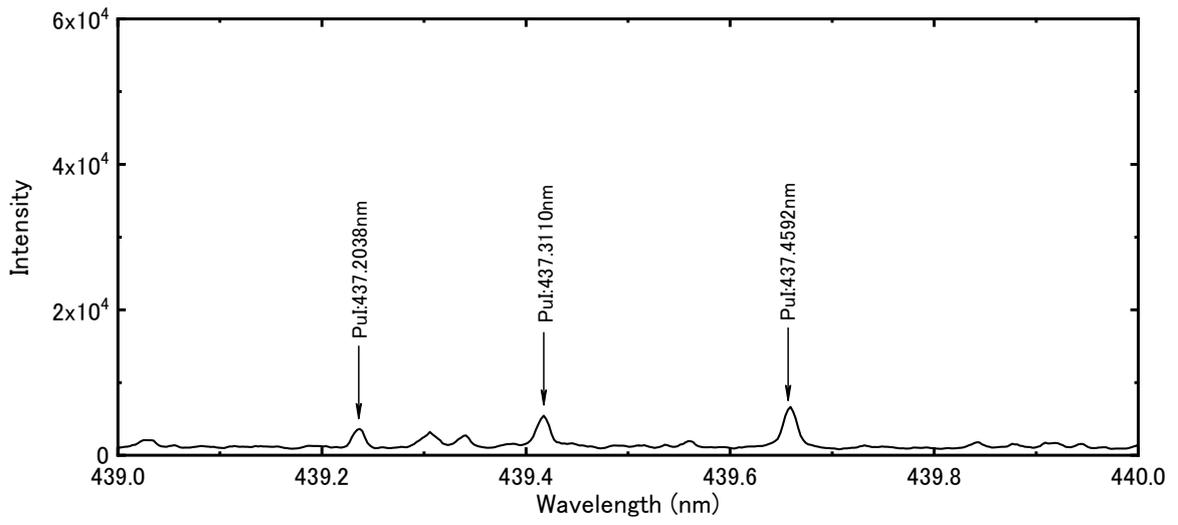


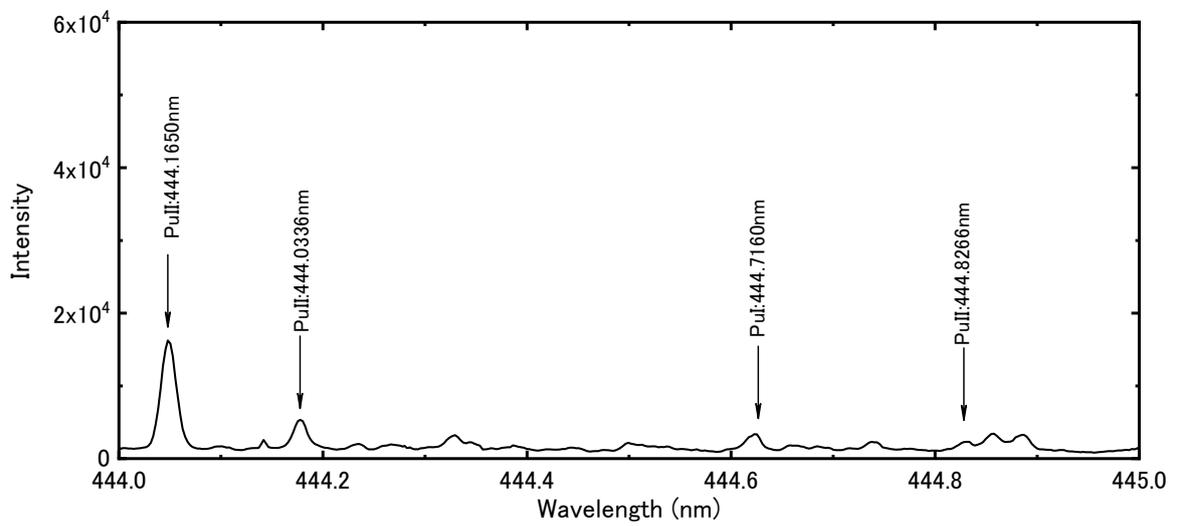
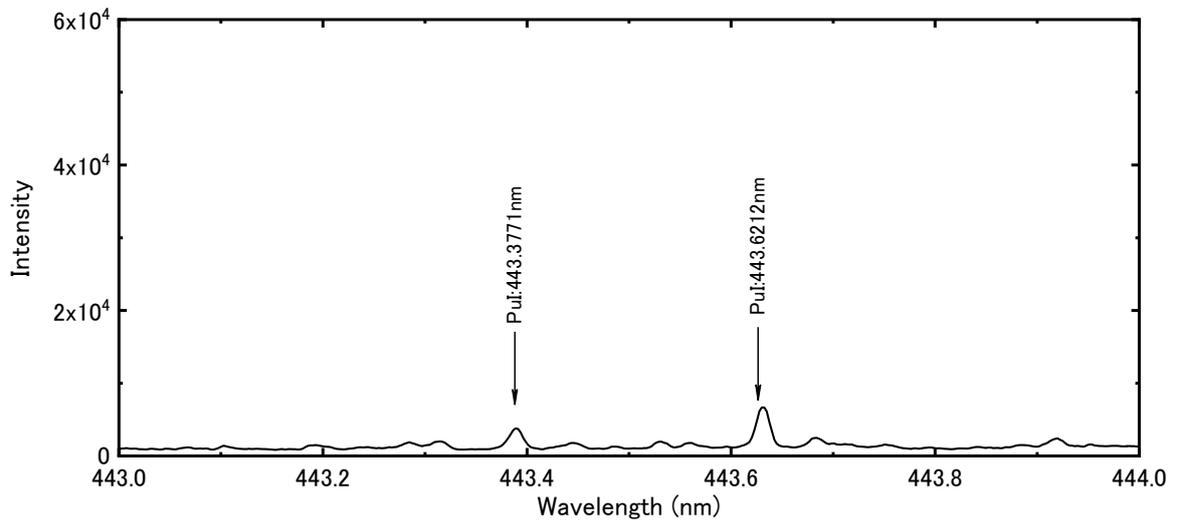
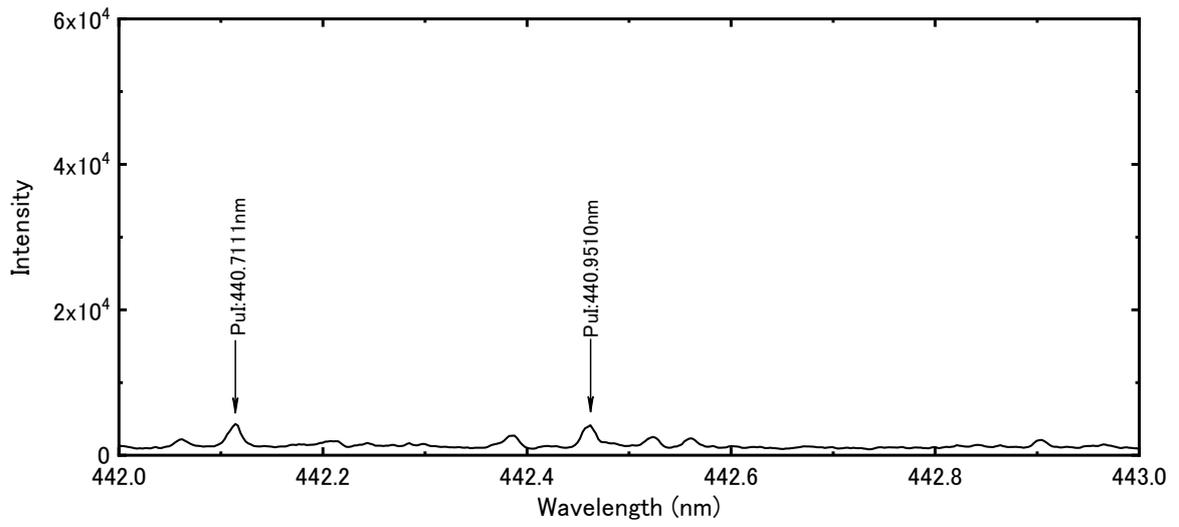


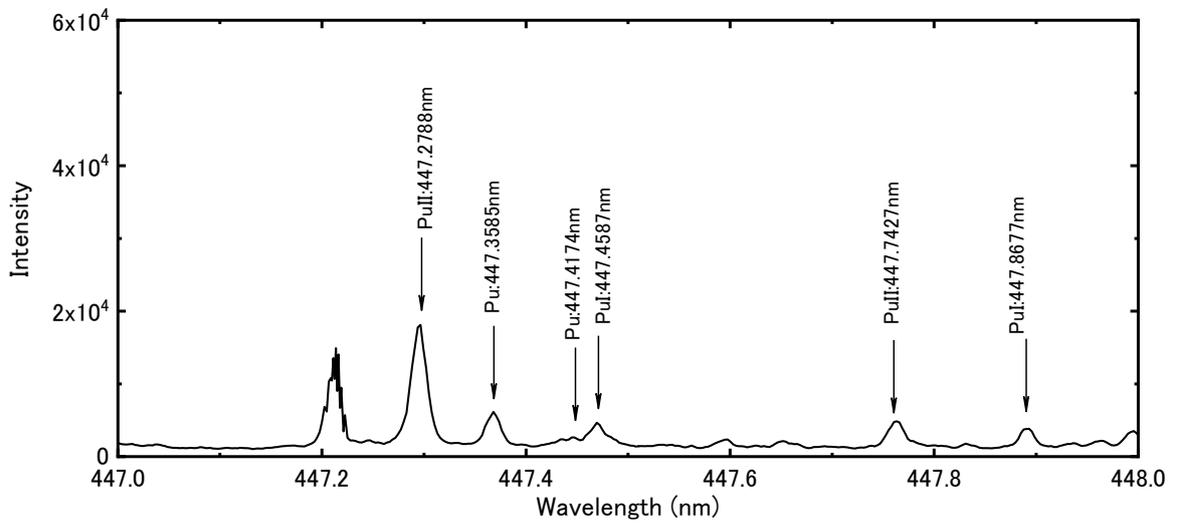
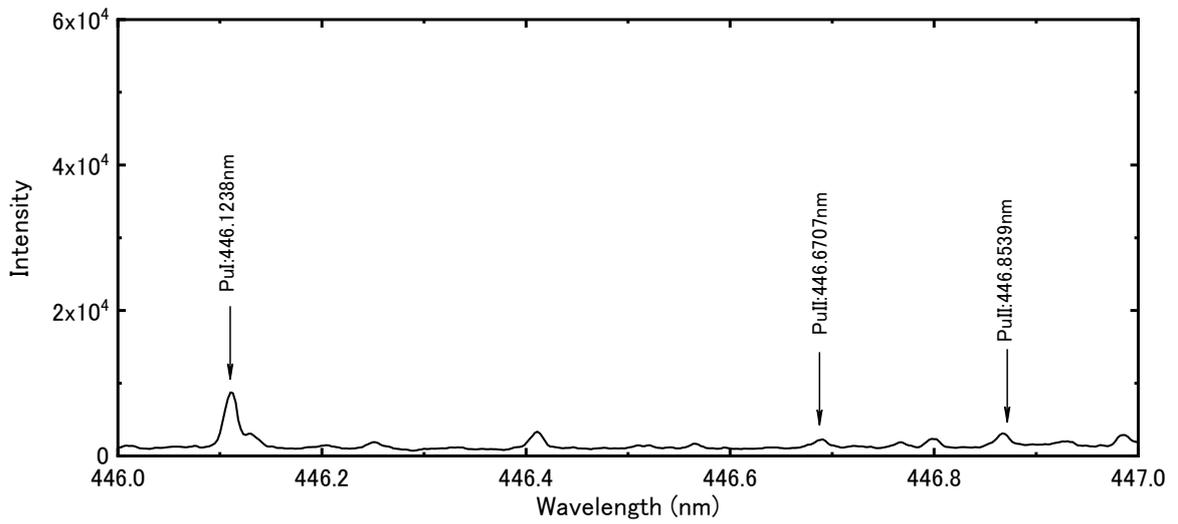
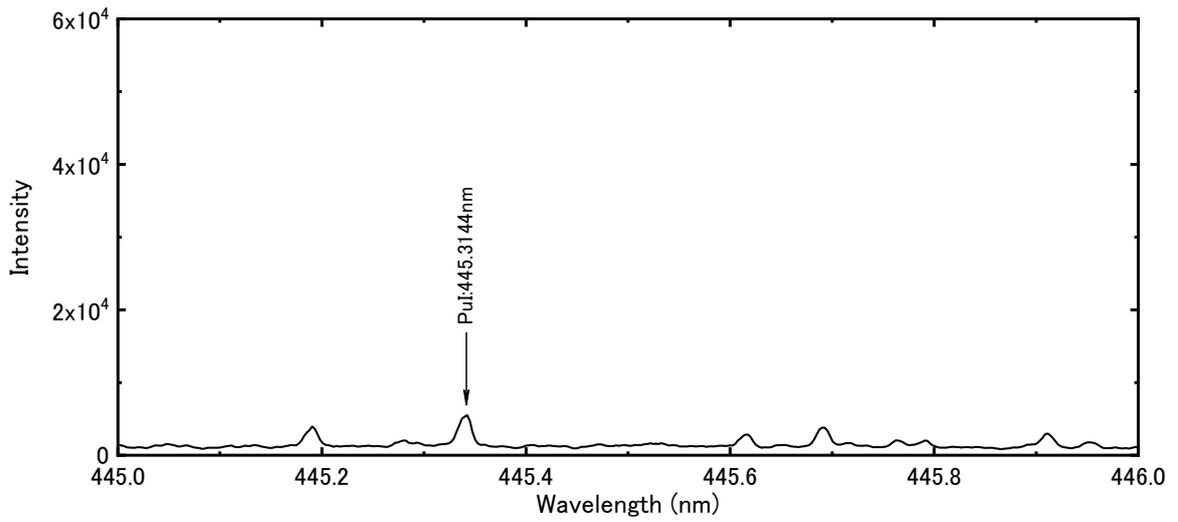


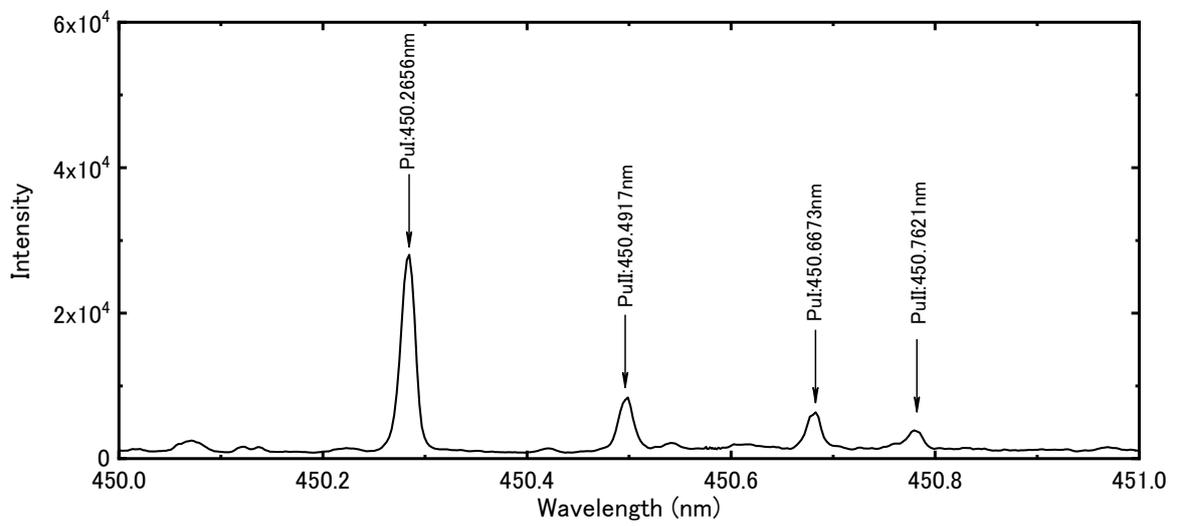
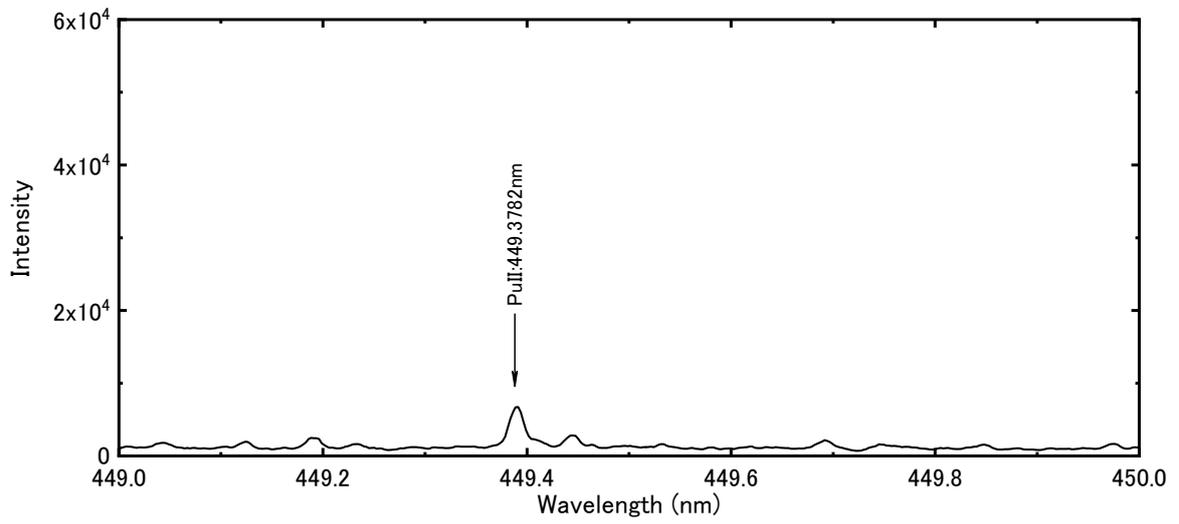
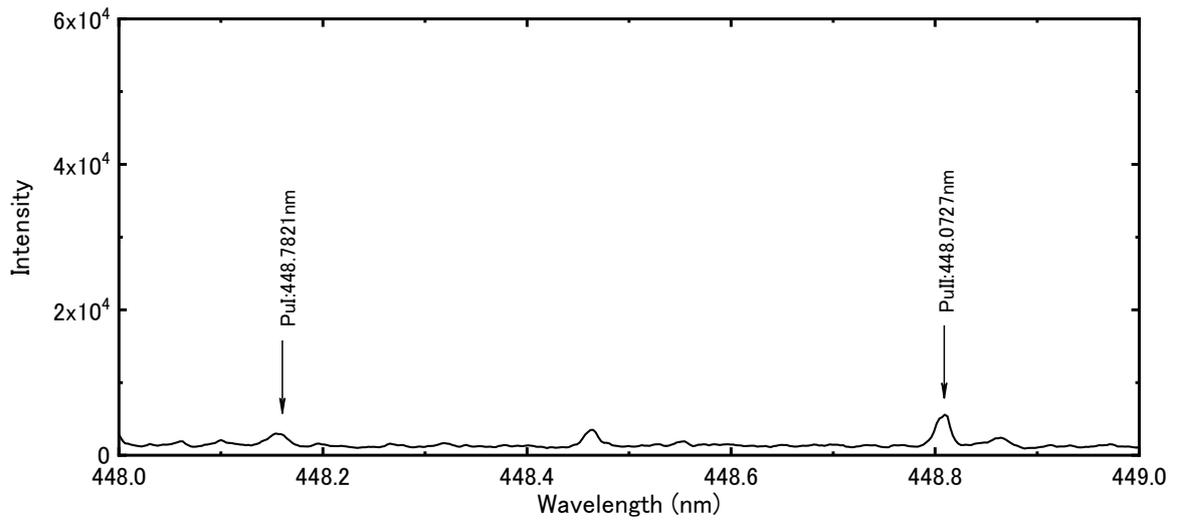


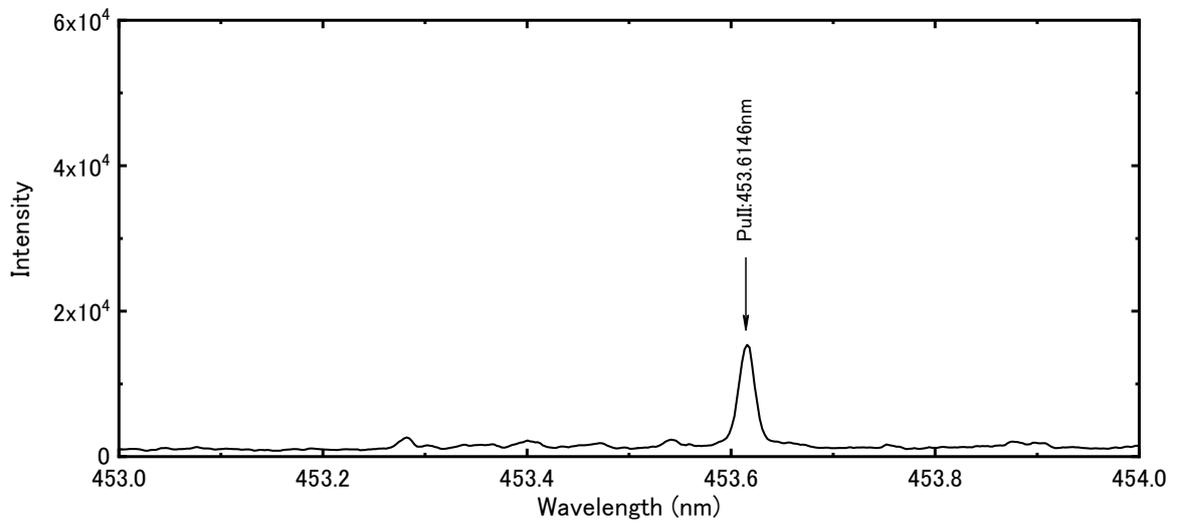
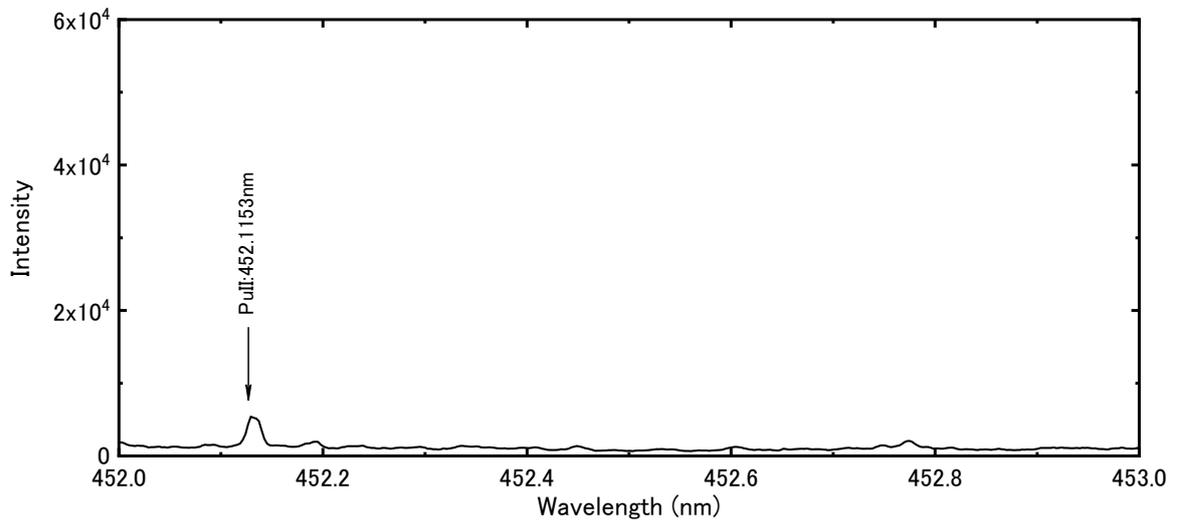
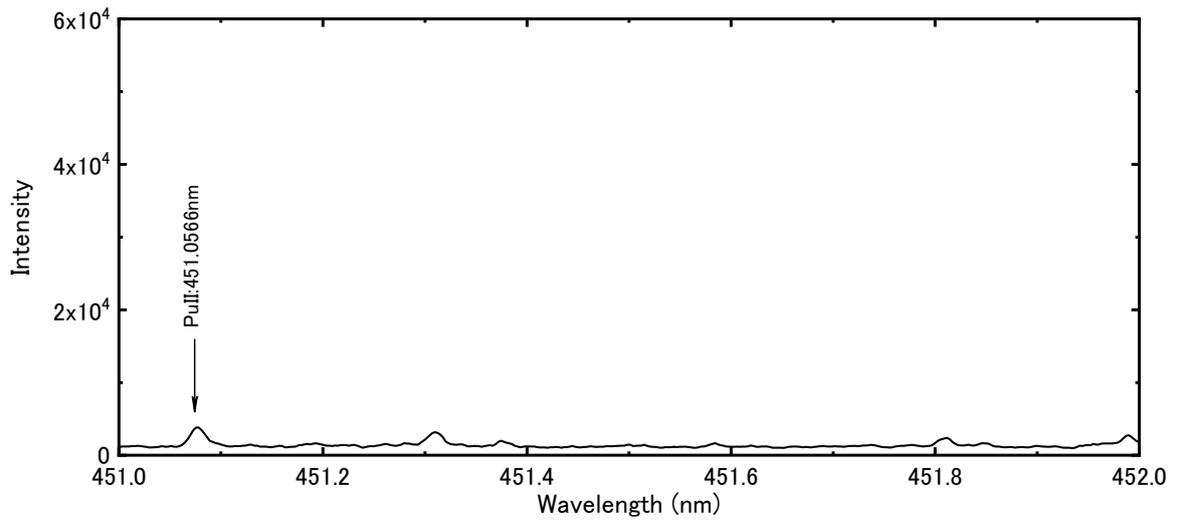


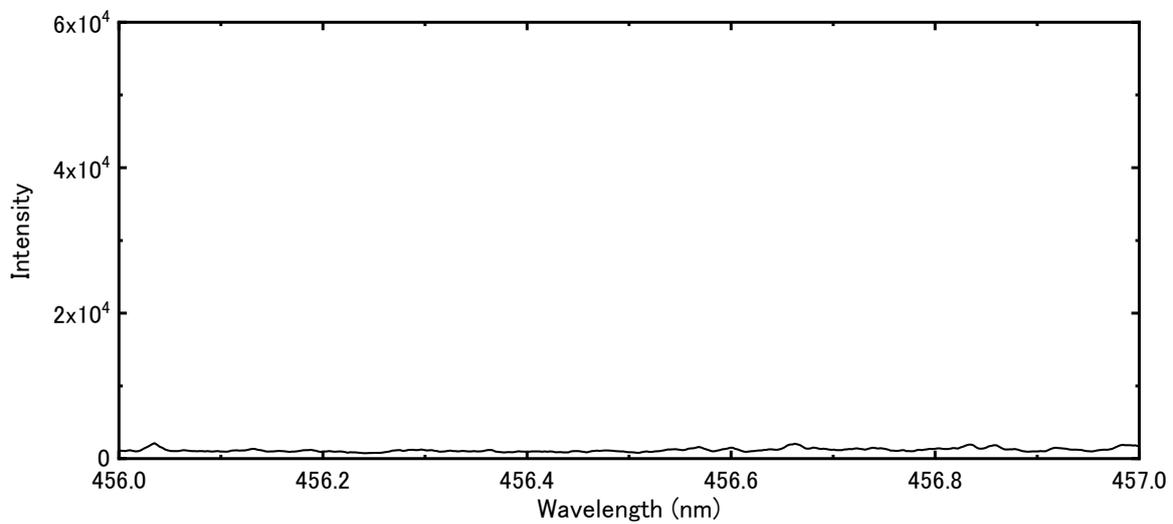
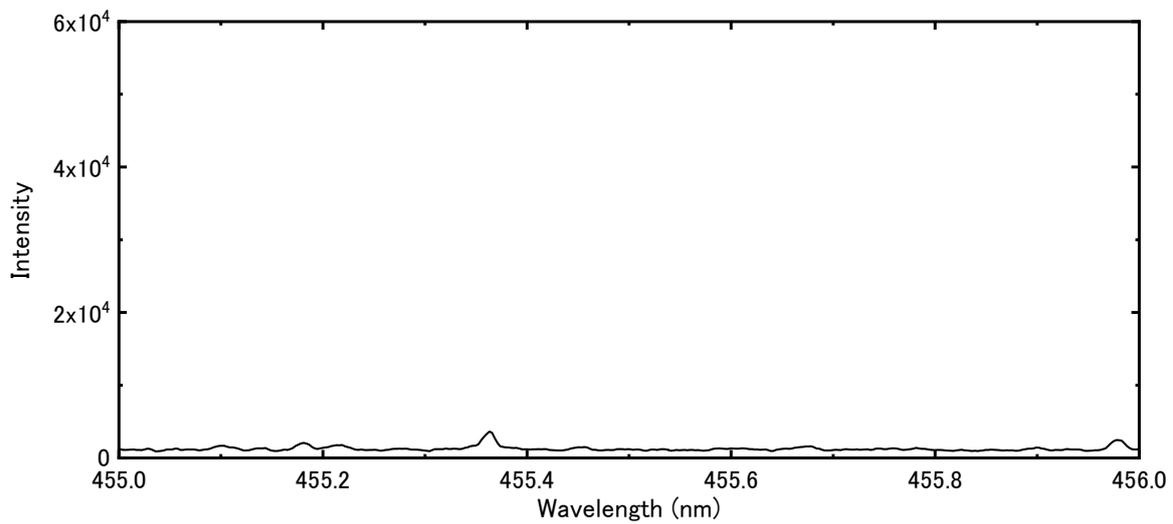
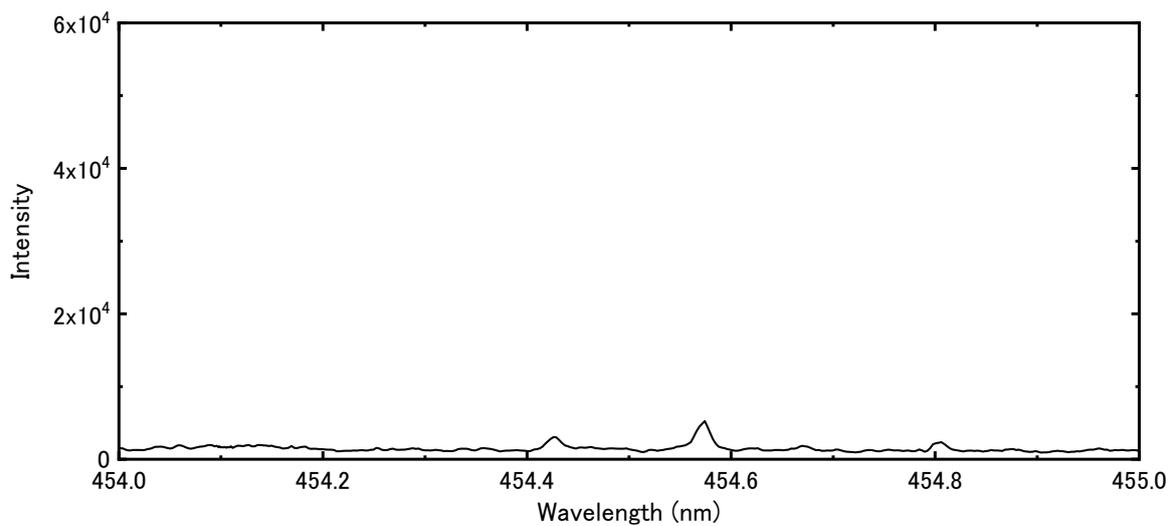


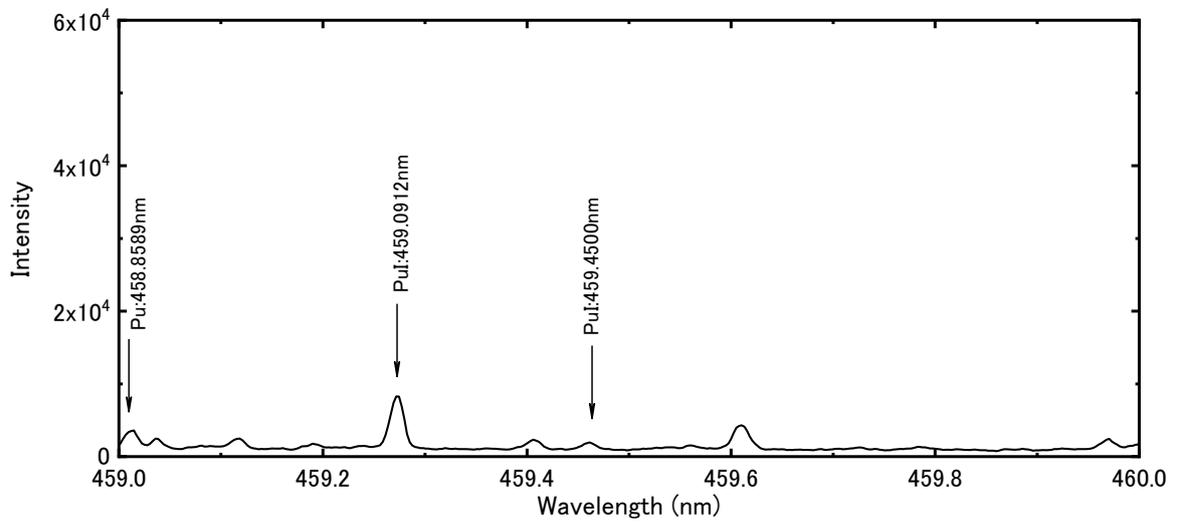
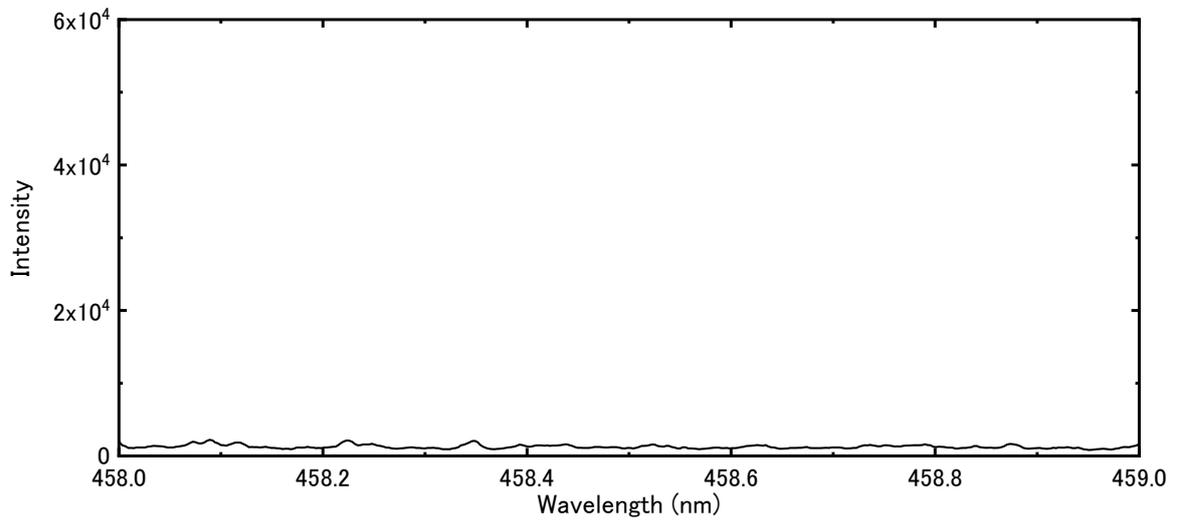
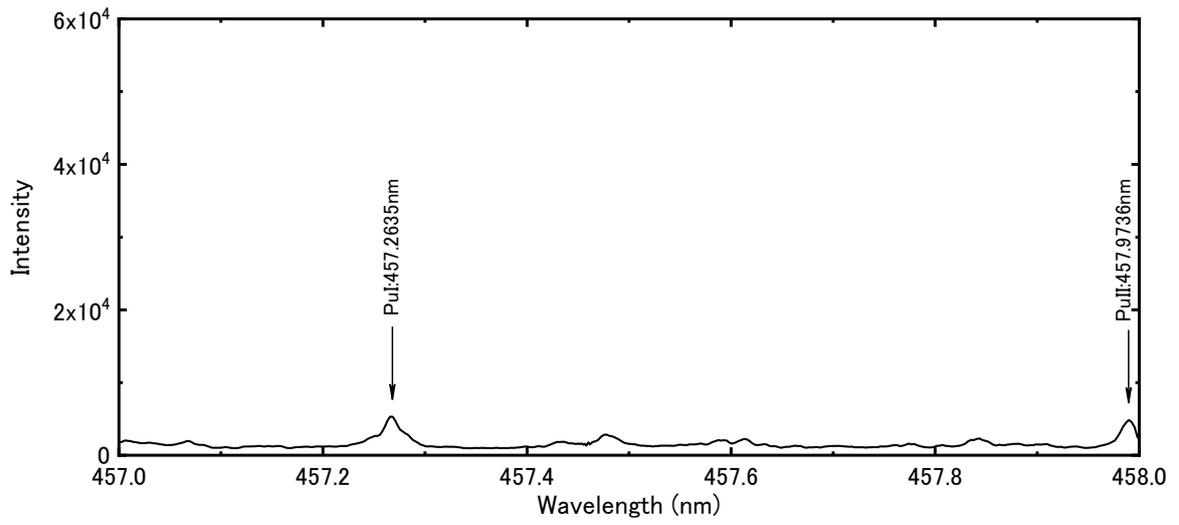


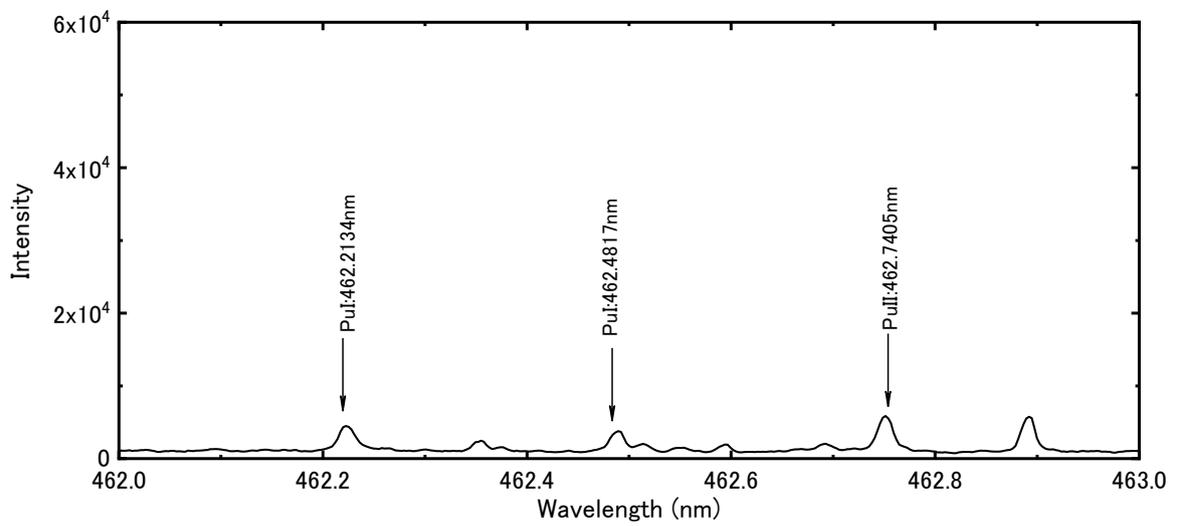
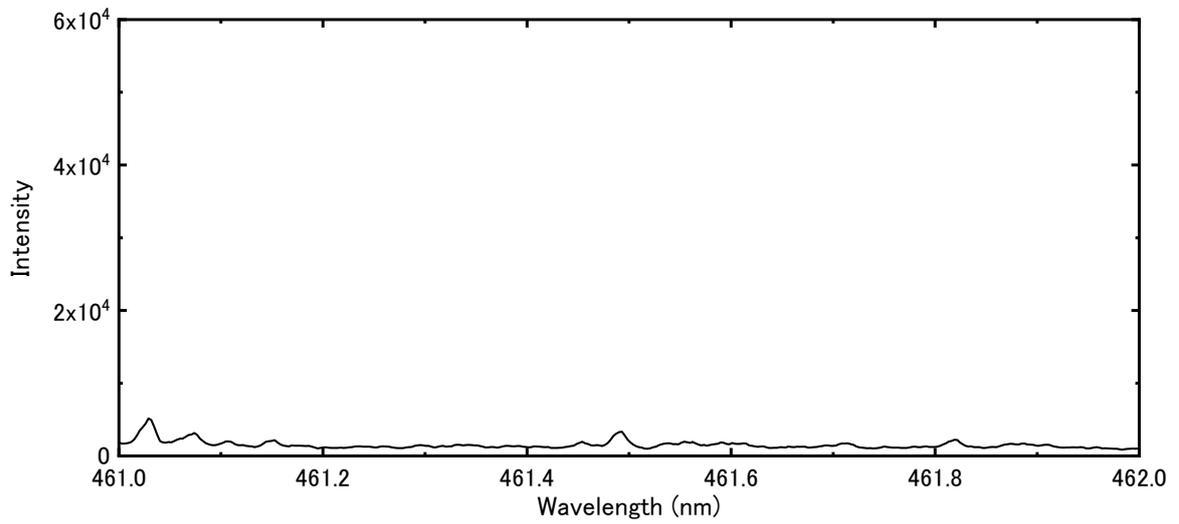
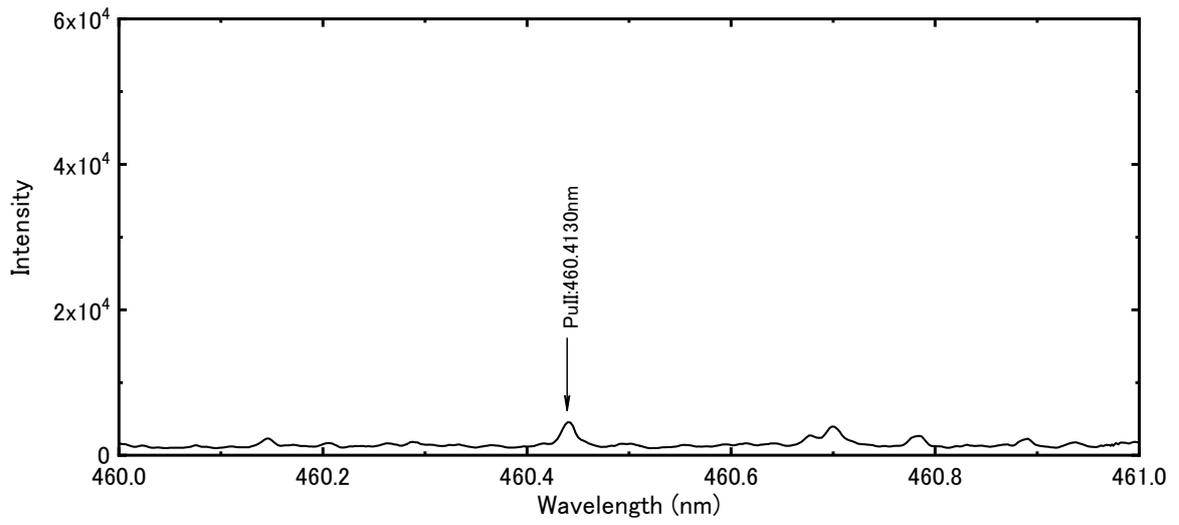


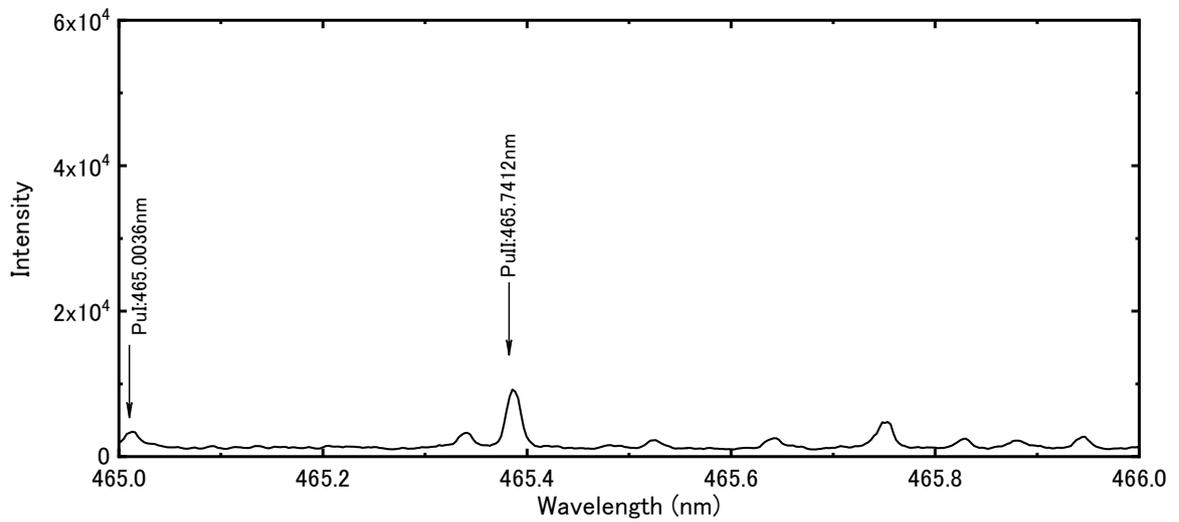
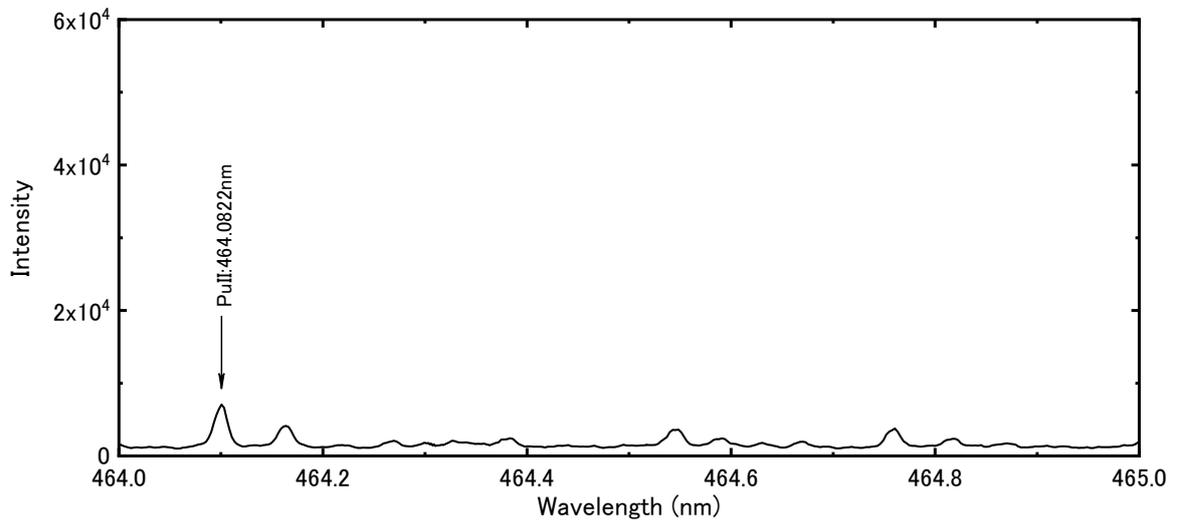
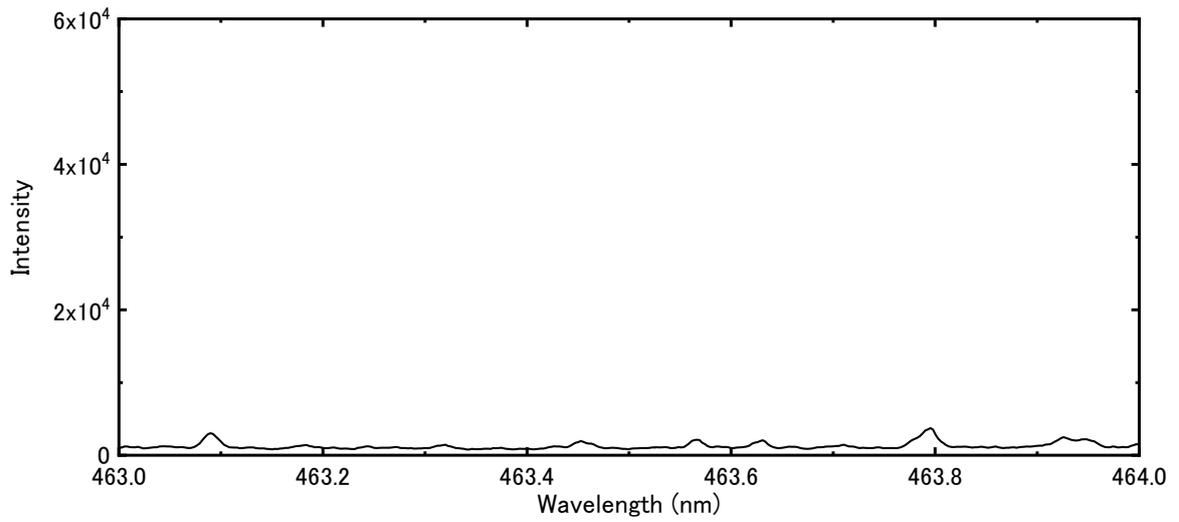


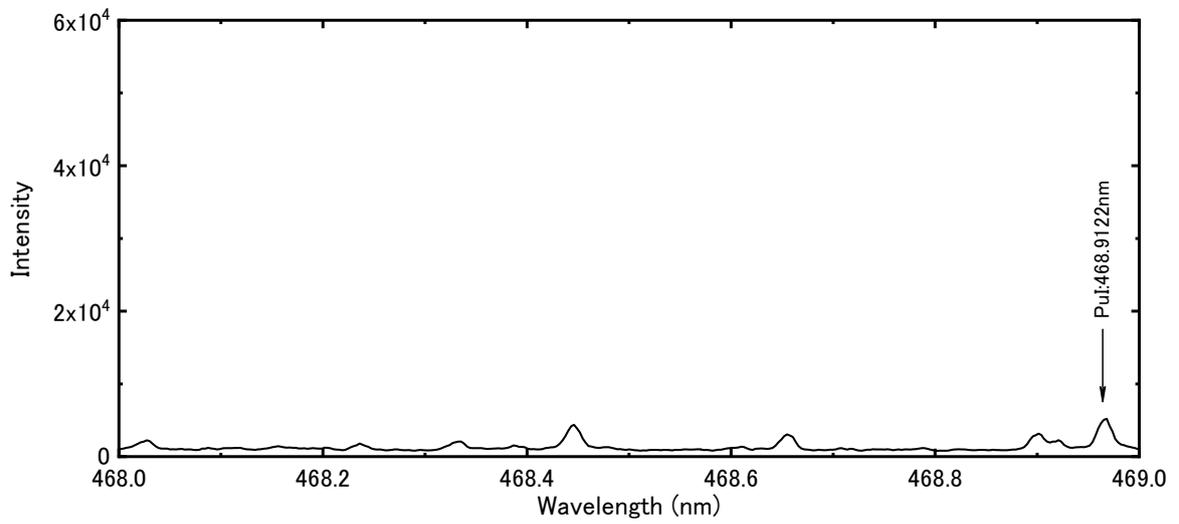
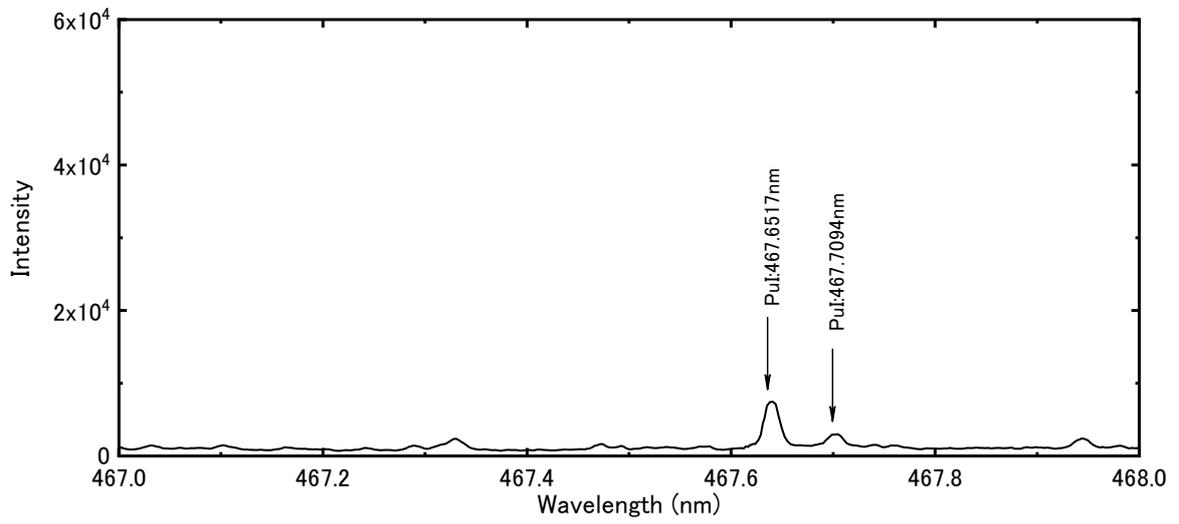
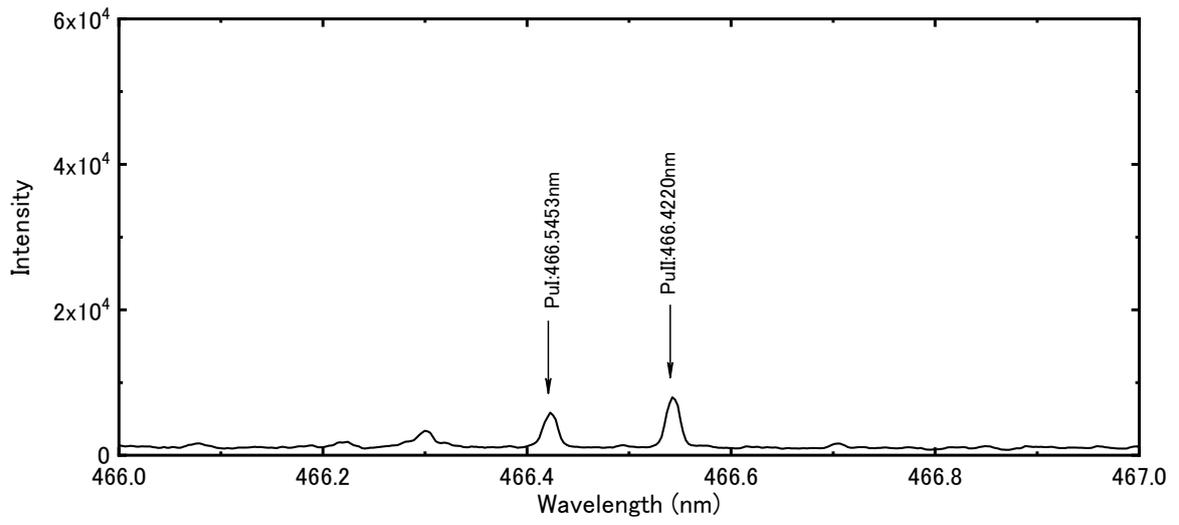


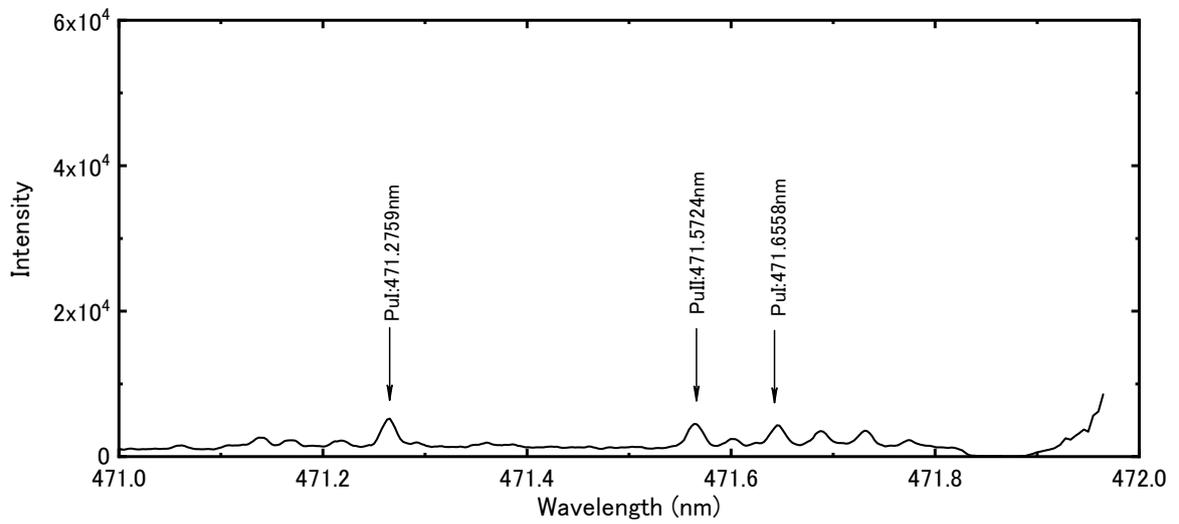
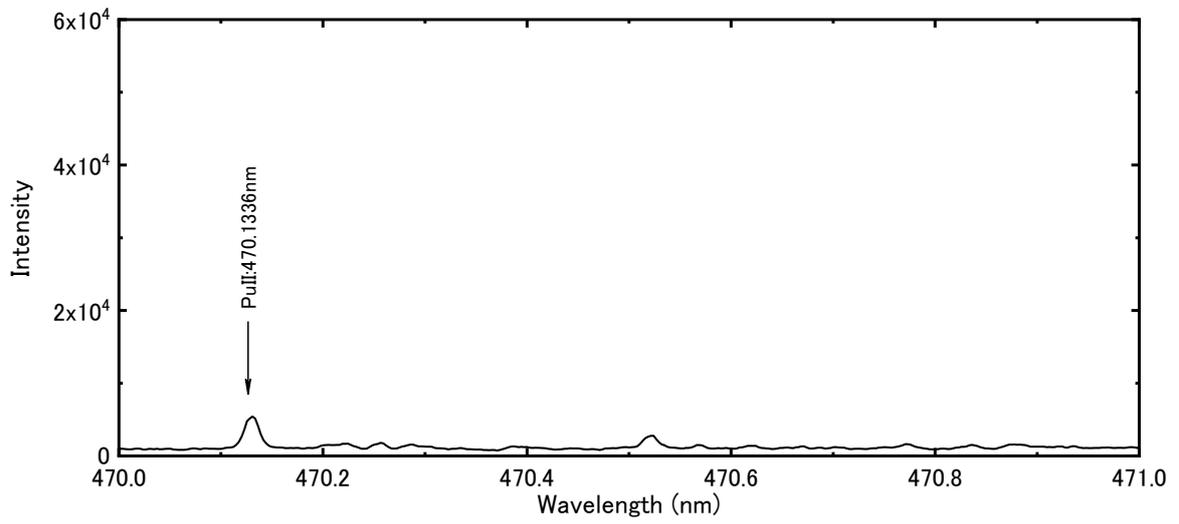
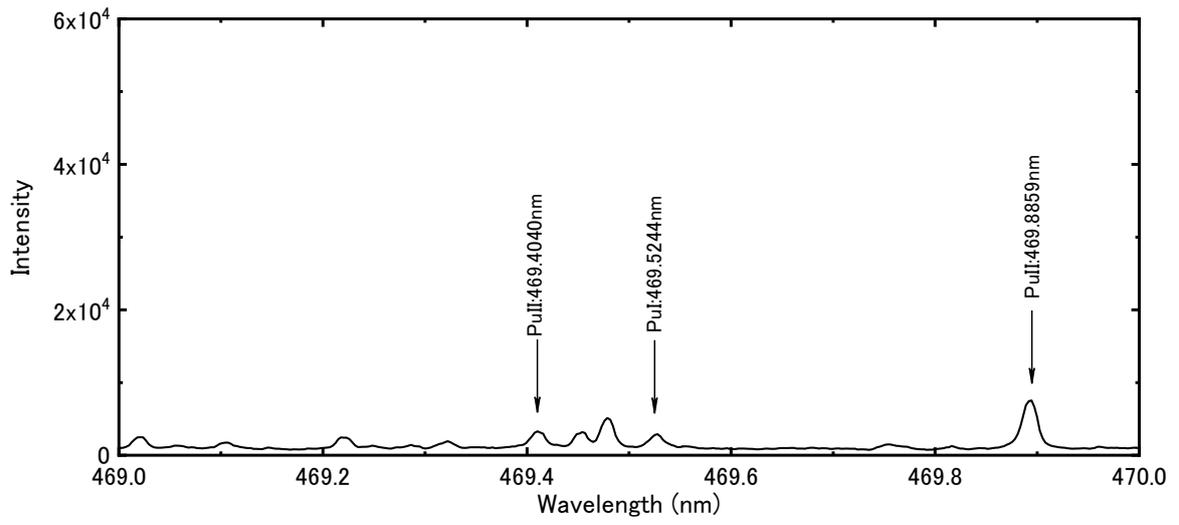




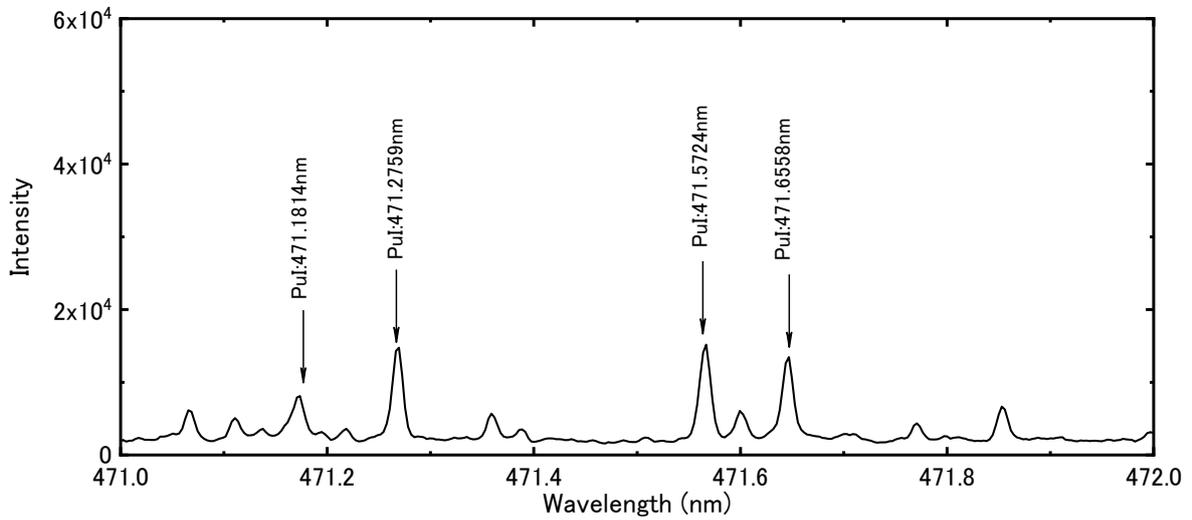
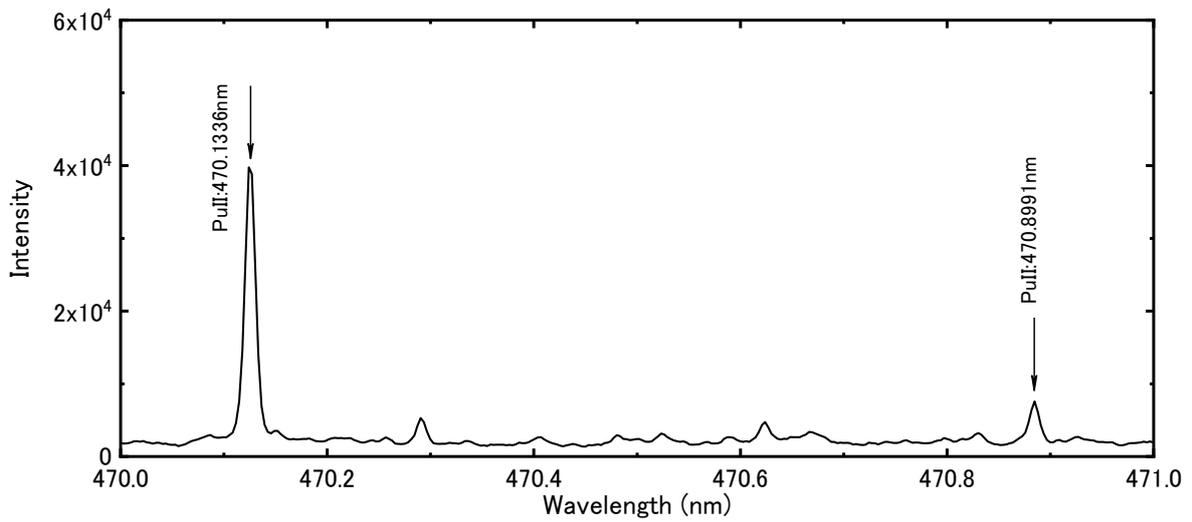
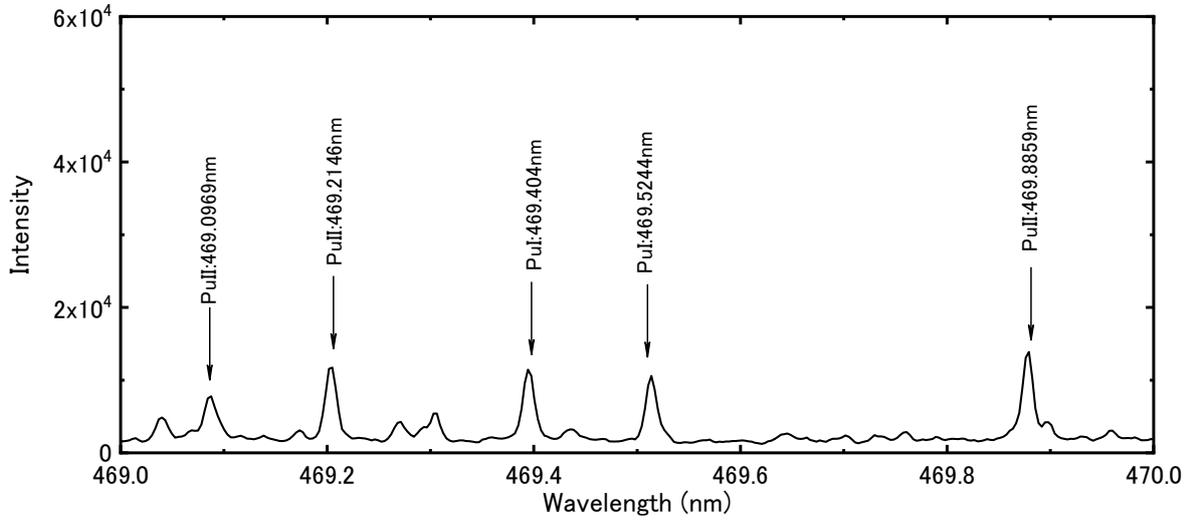


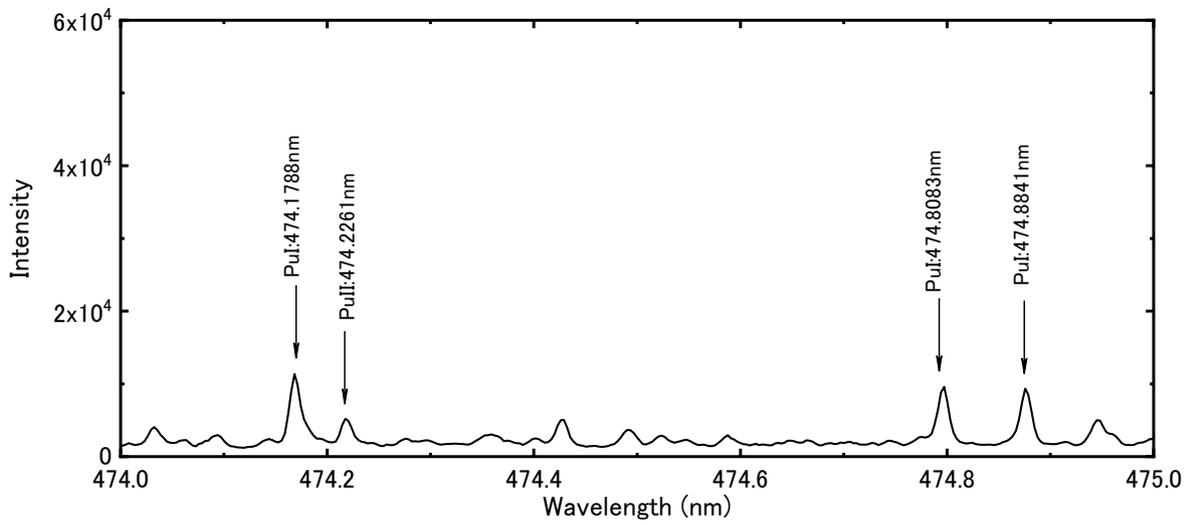
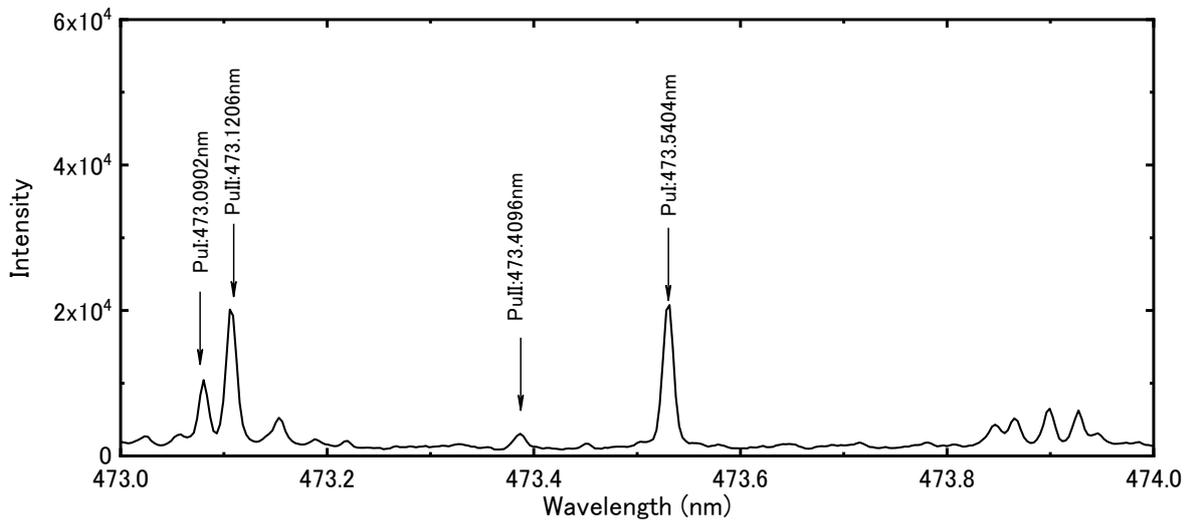
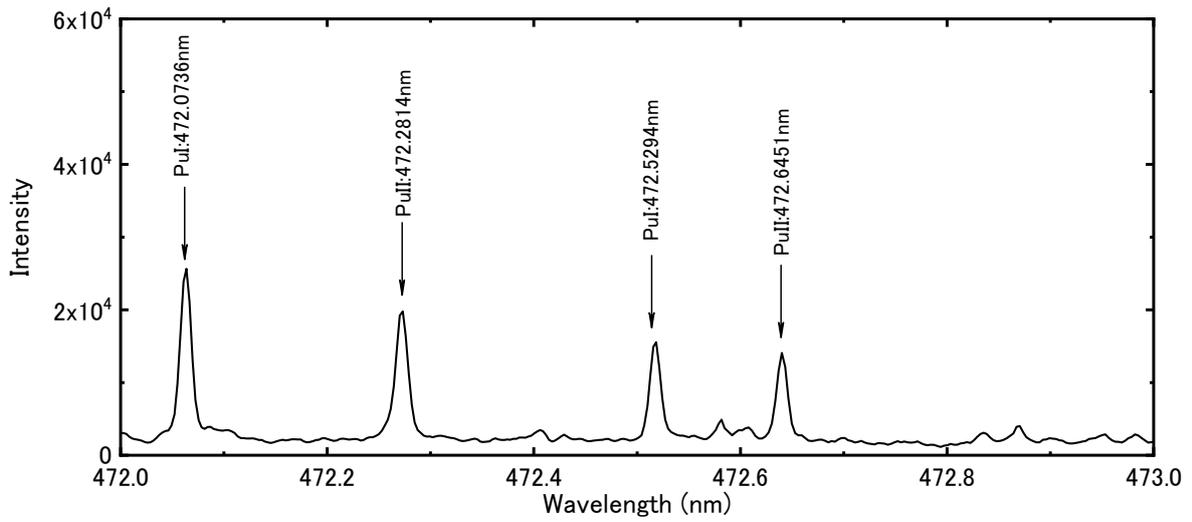


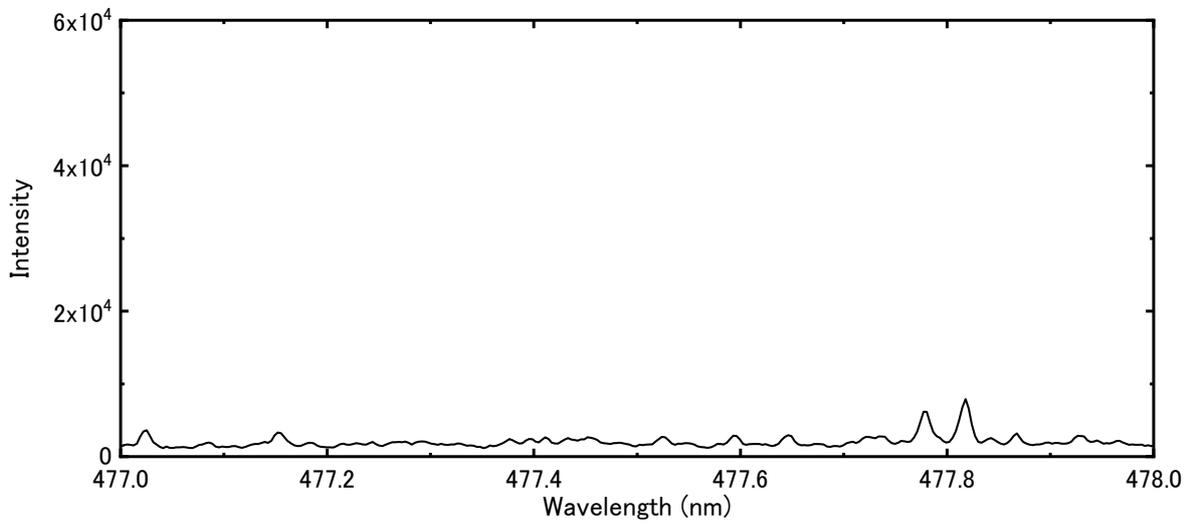
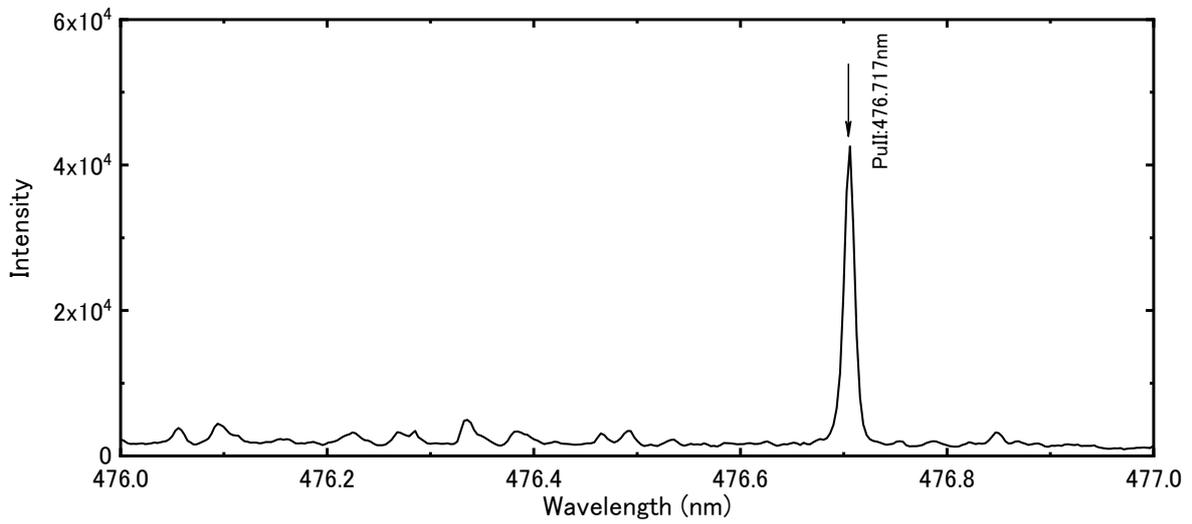
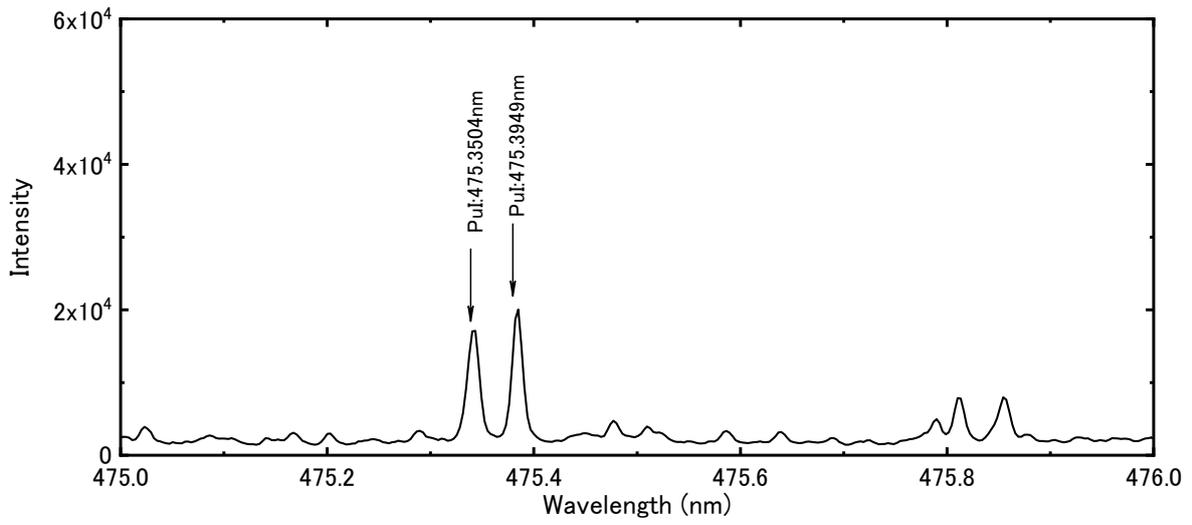


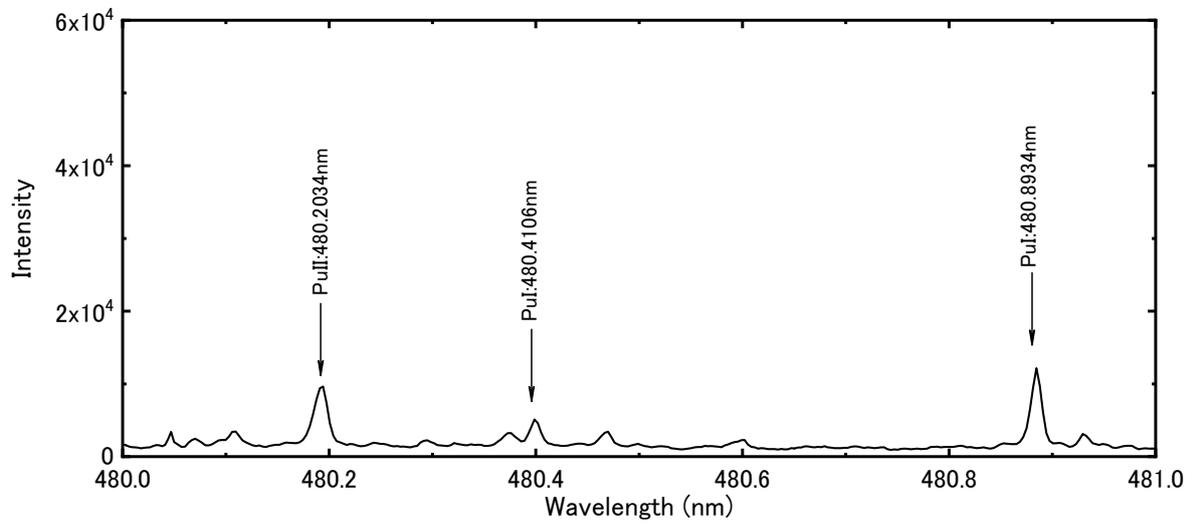
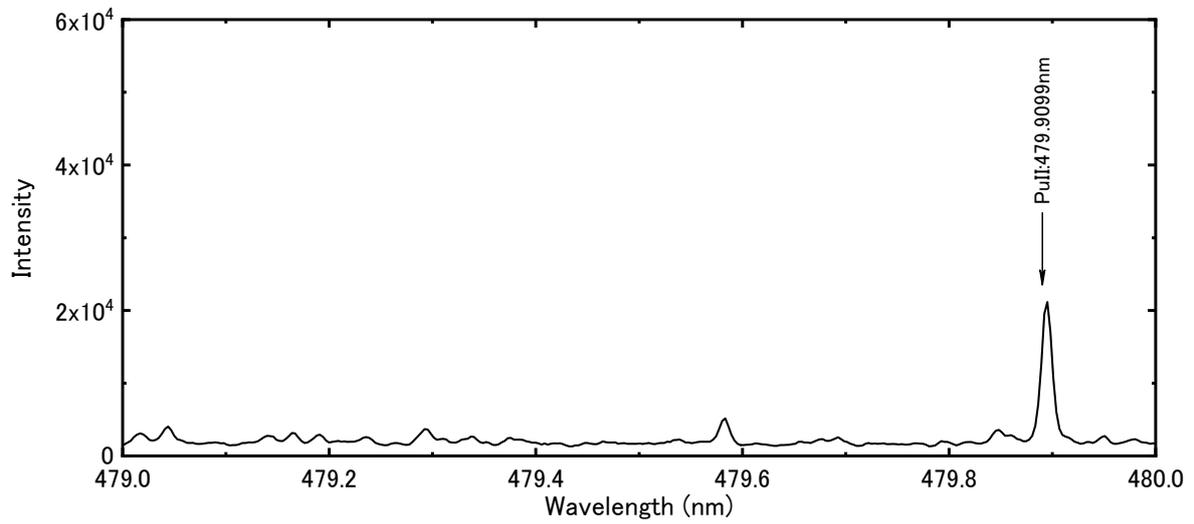
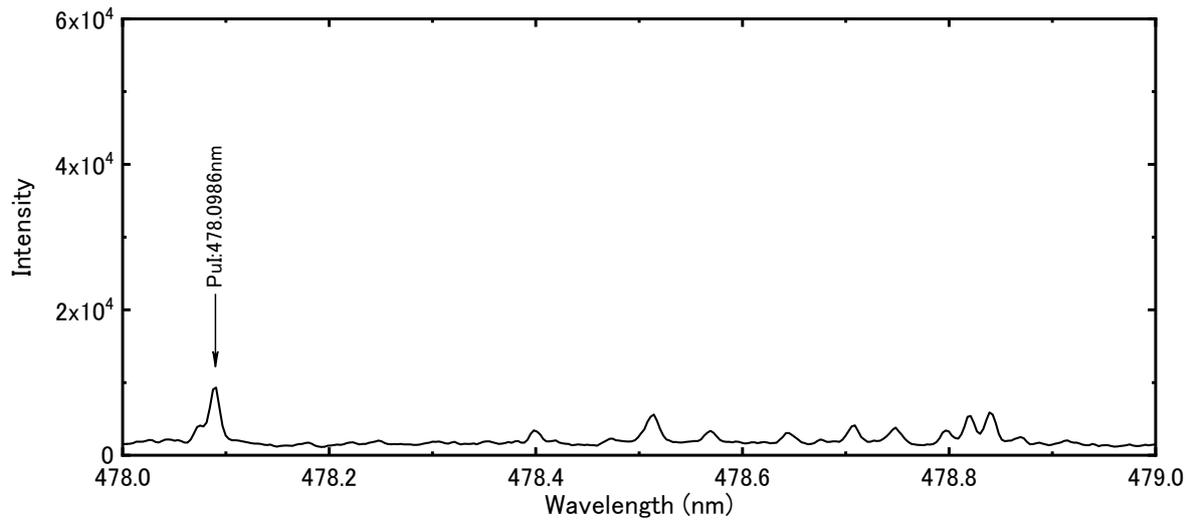


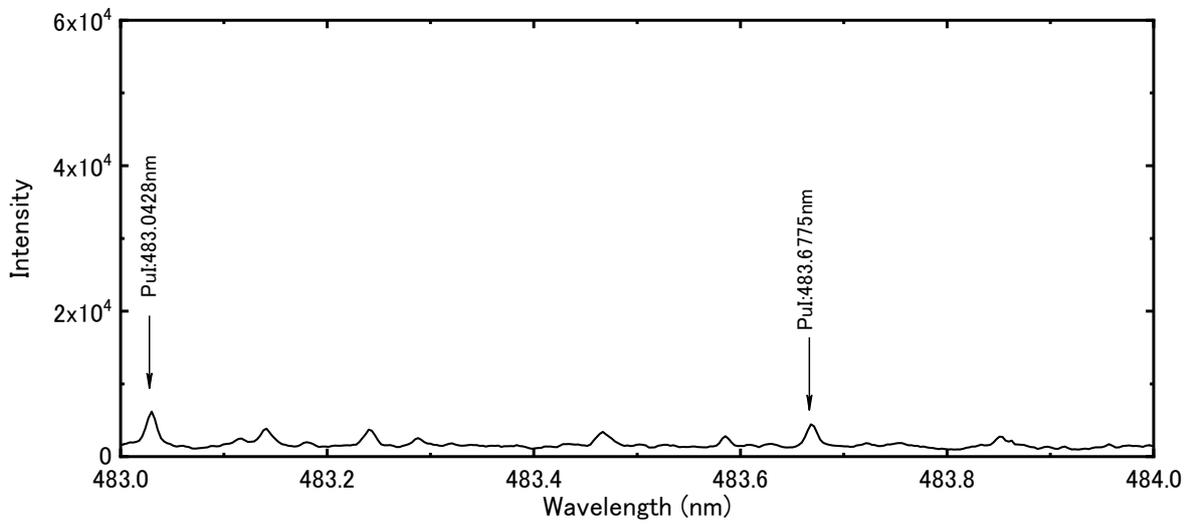
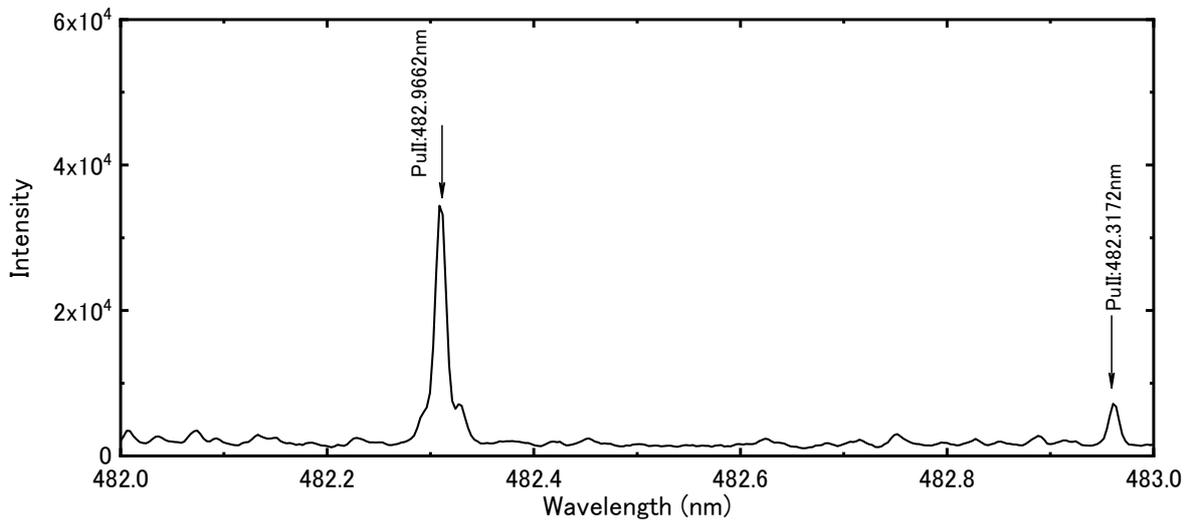
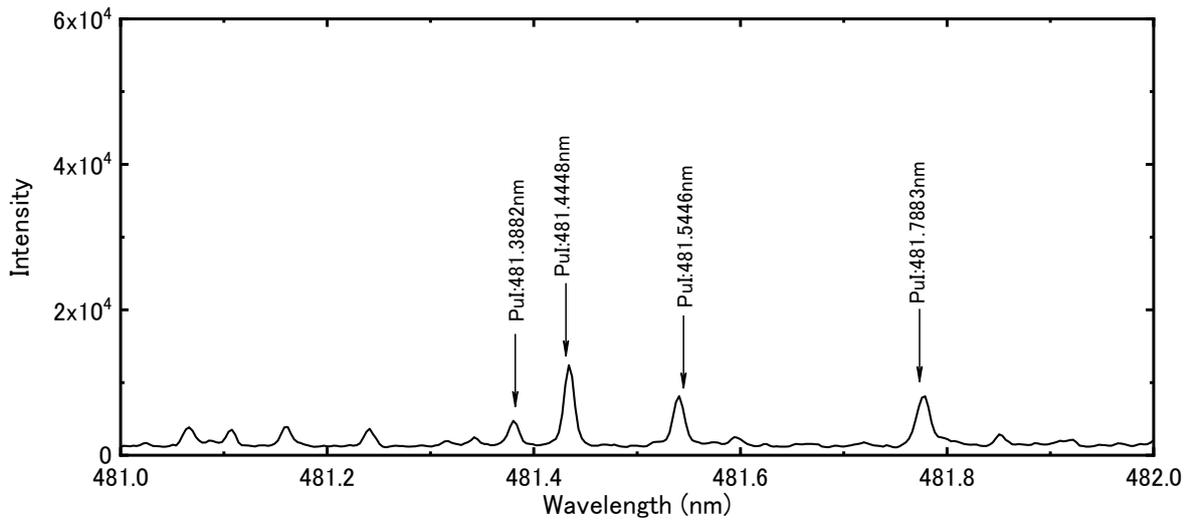
Appendix 2 Measurement spectra of plutonium (469-678nm)

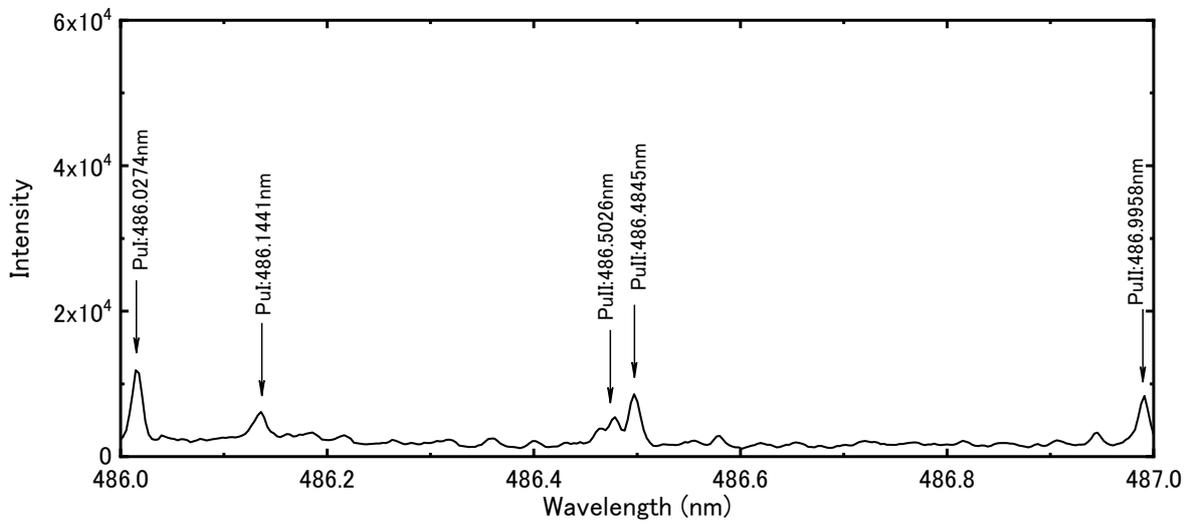
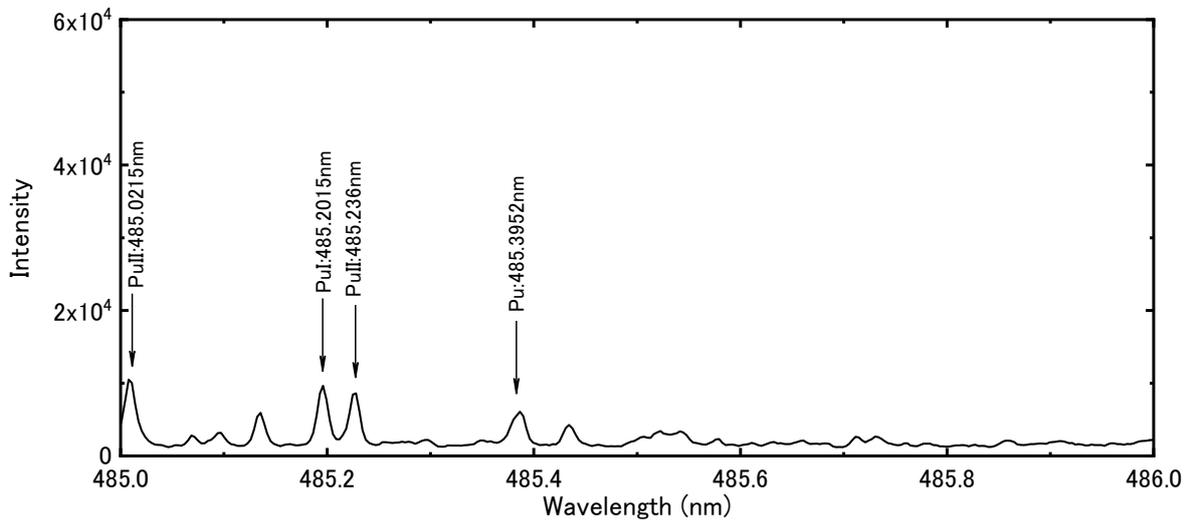
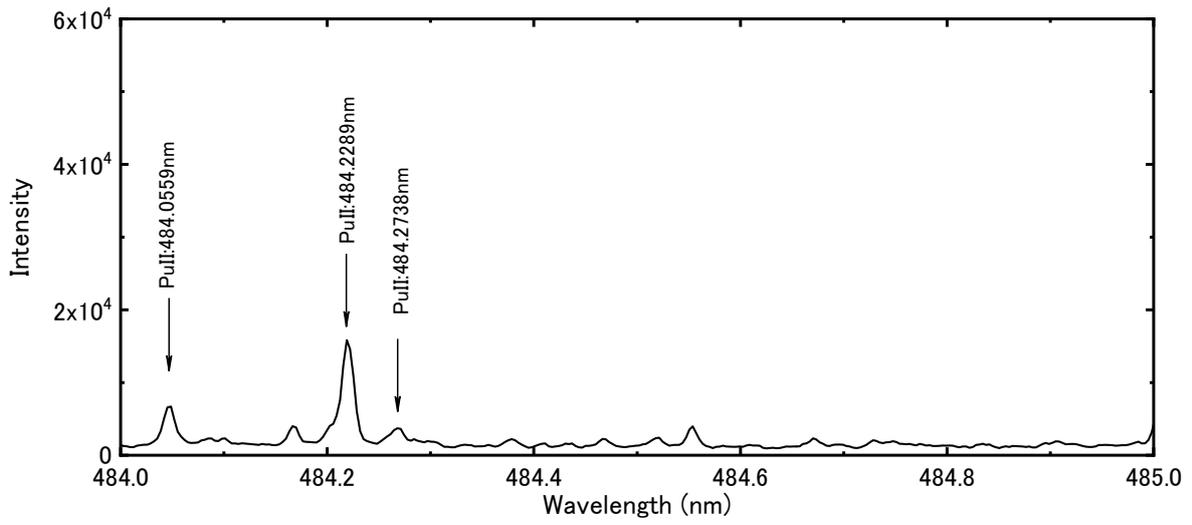


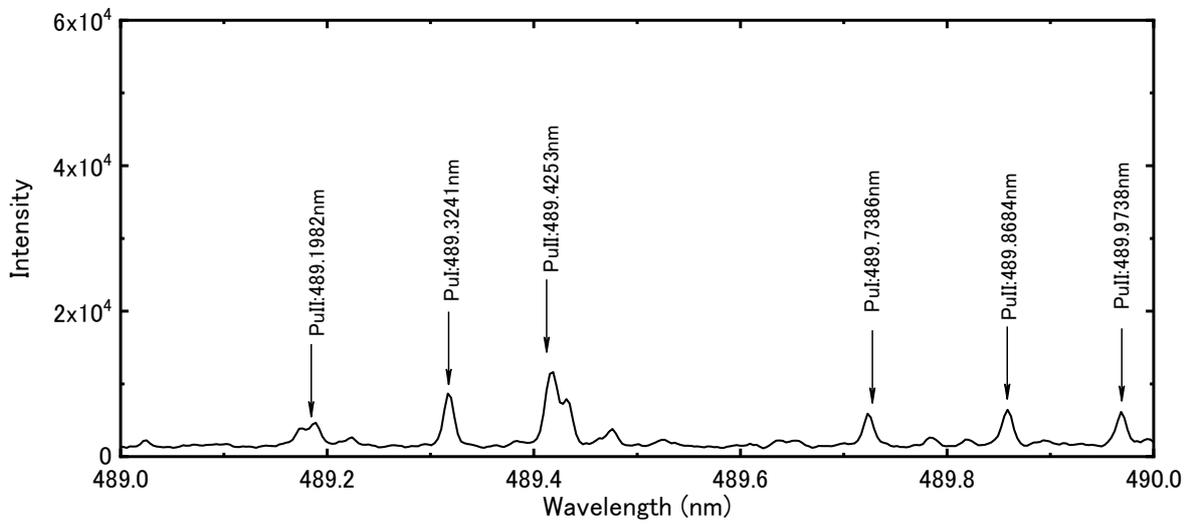
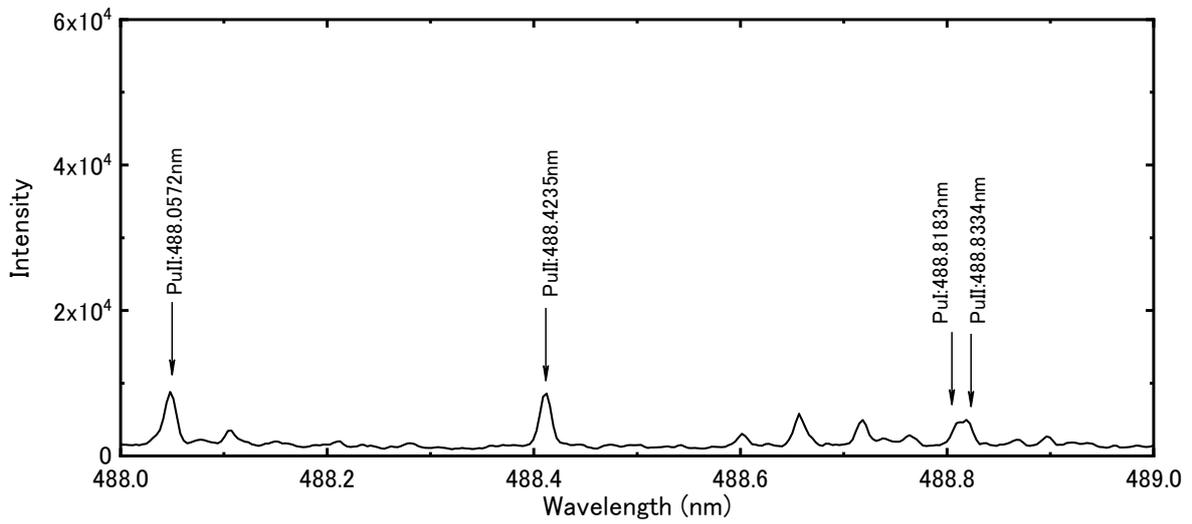
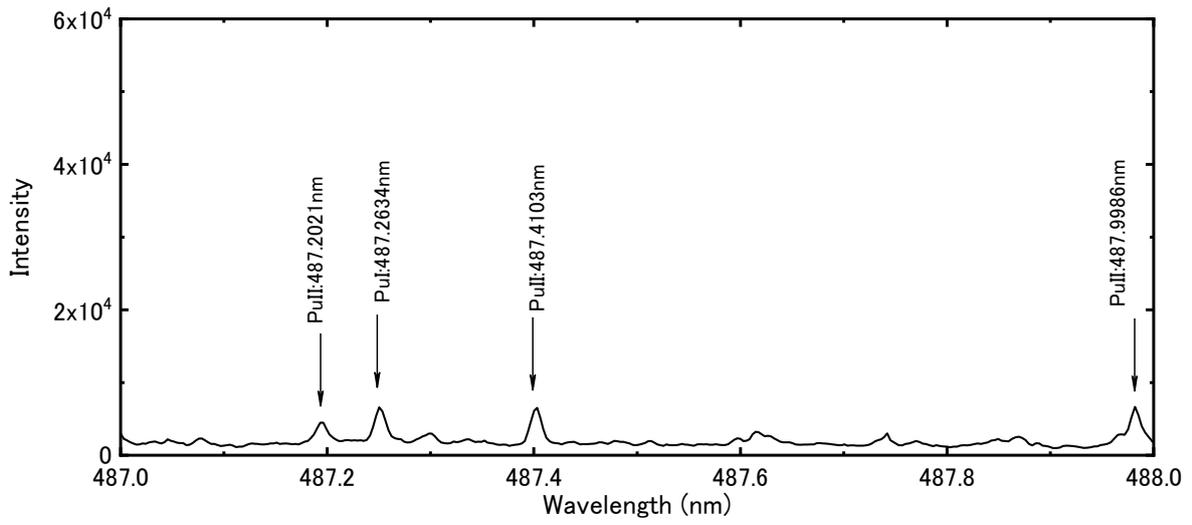


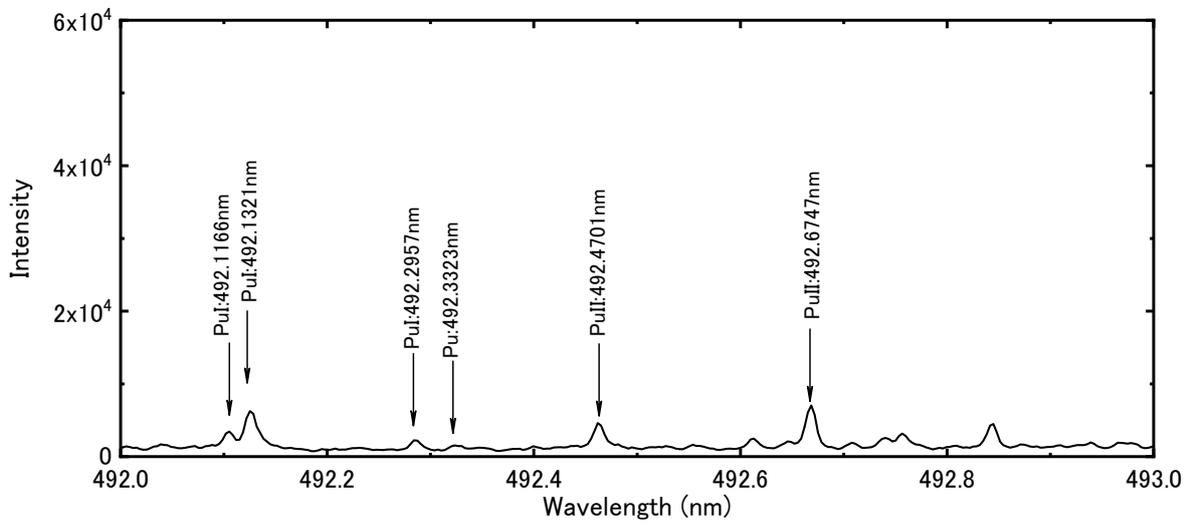
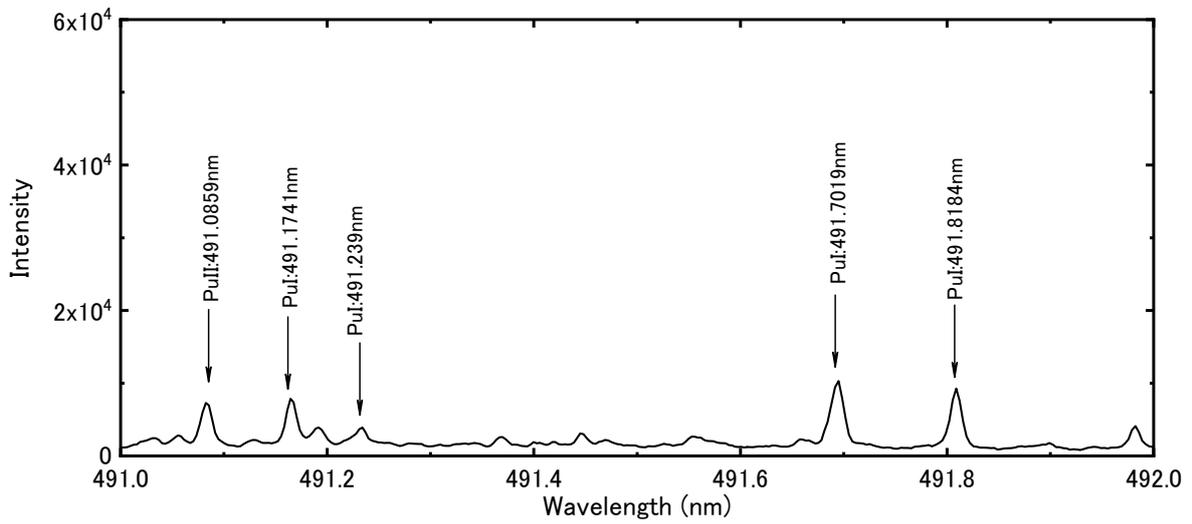
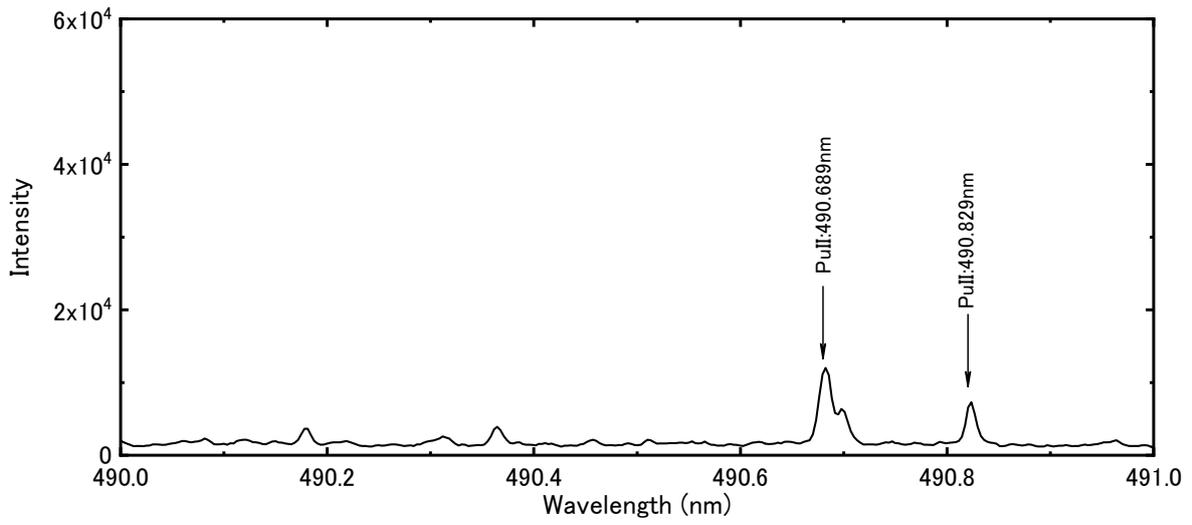


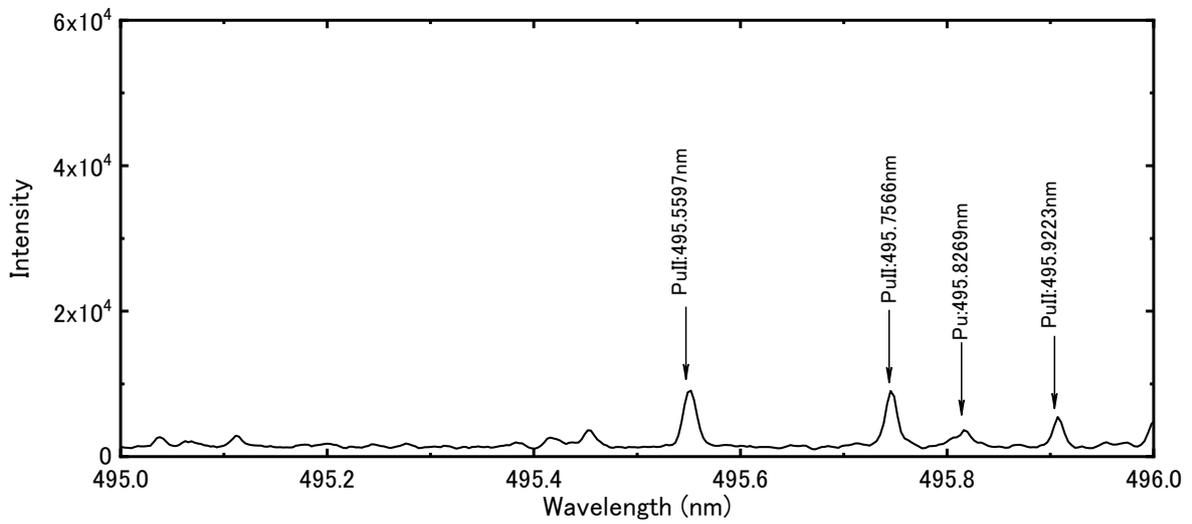
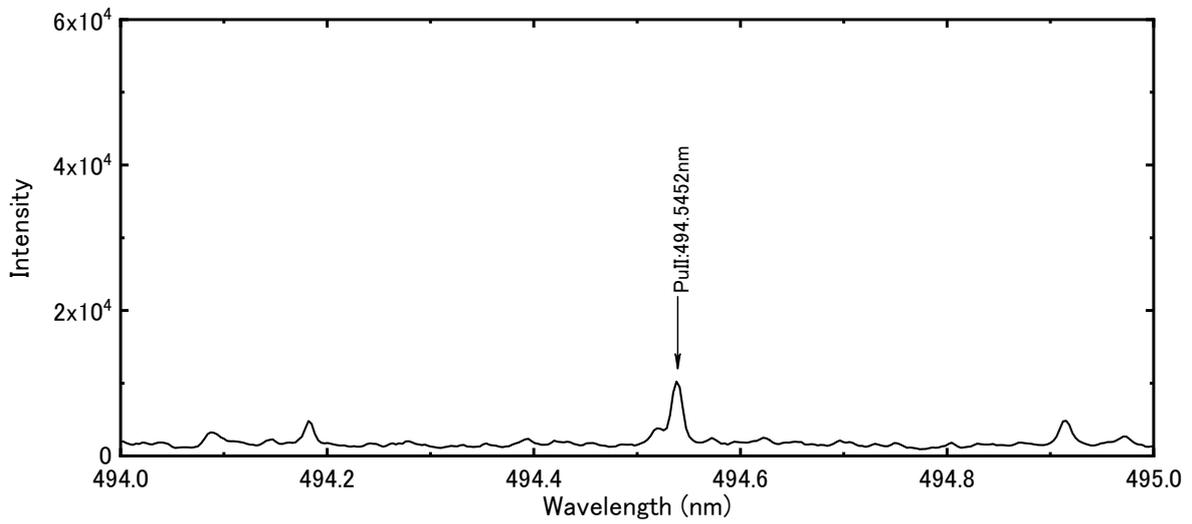
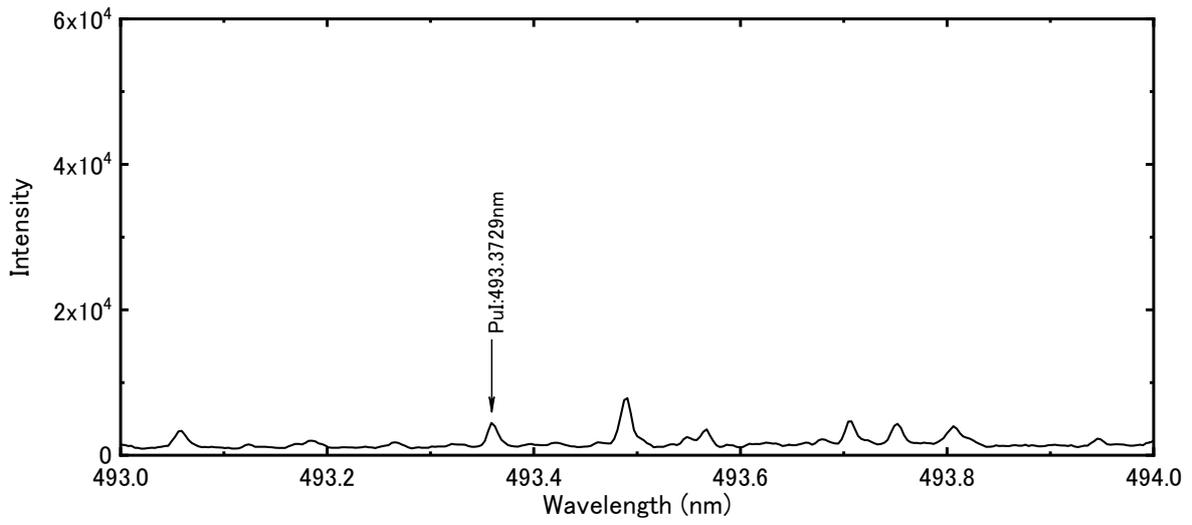


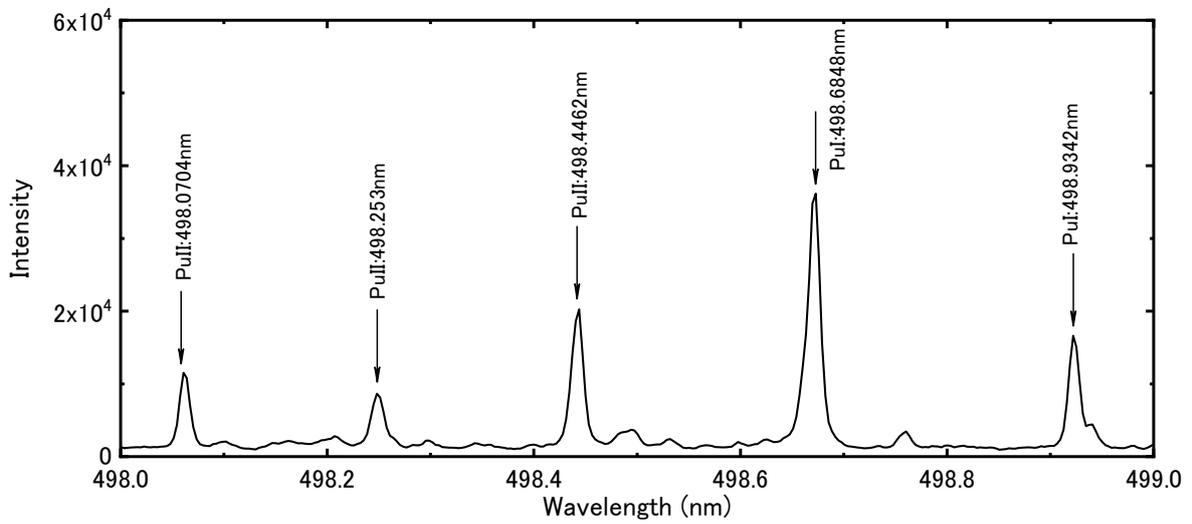
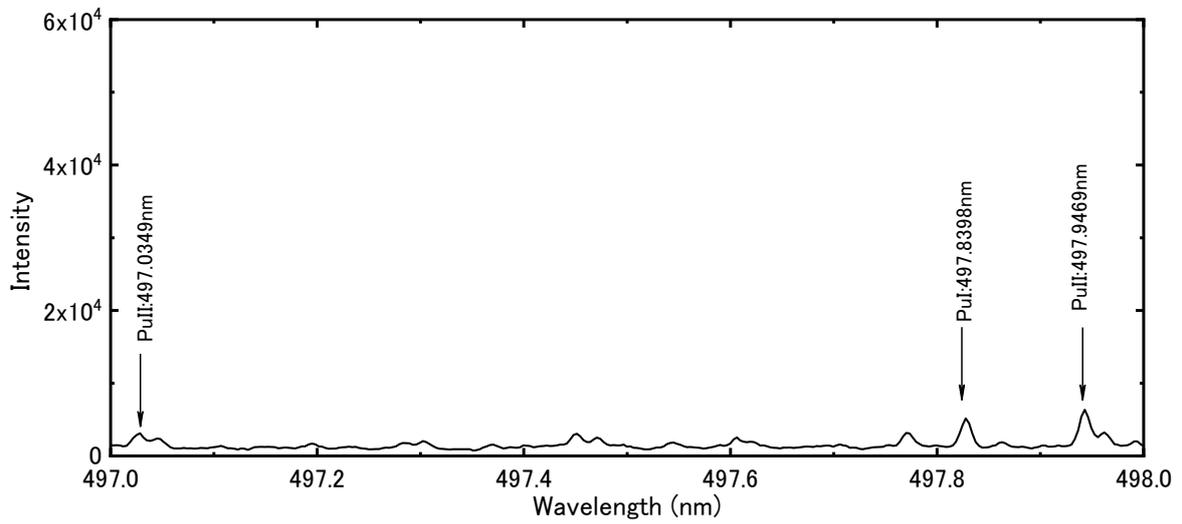
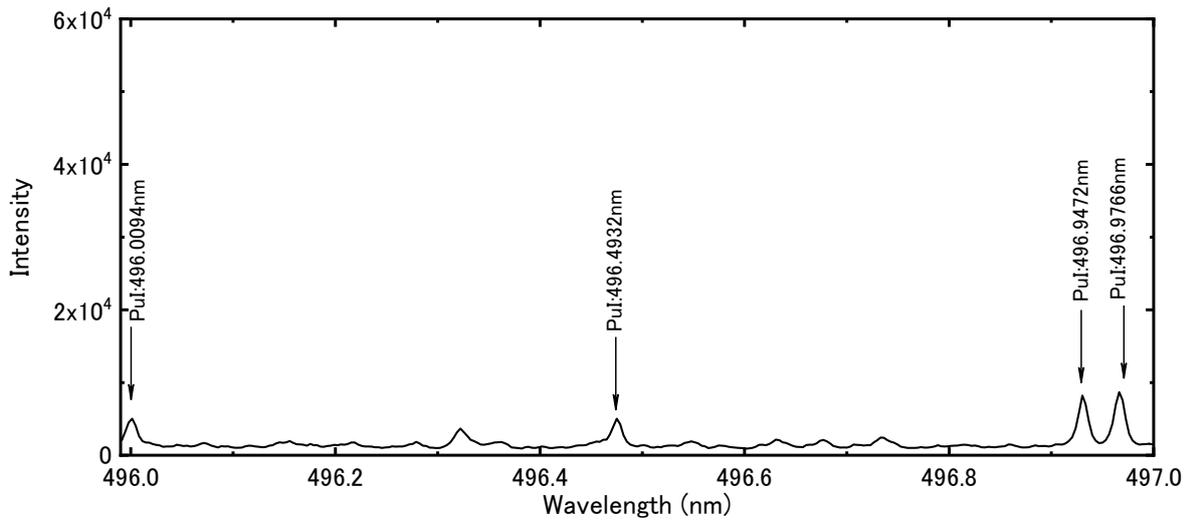


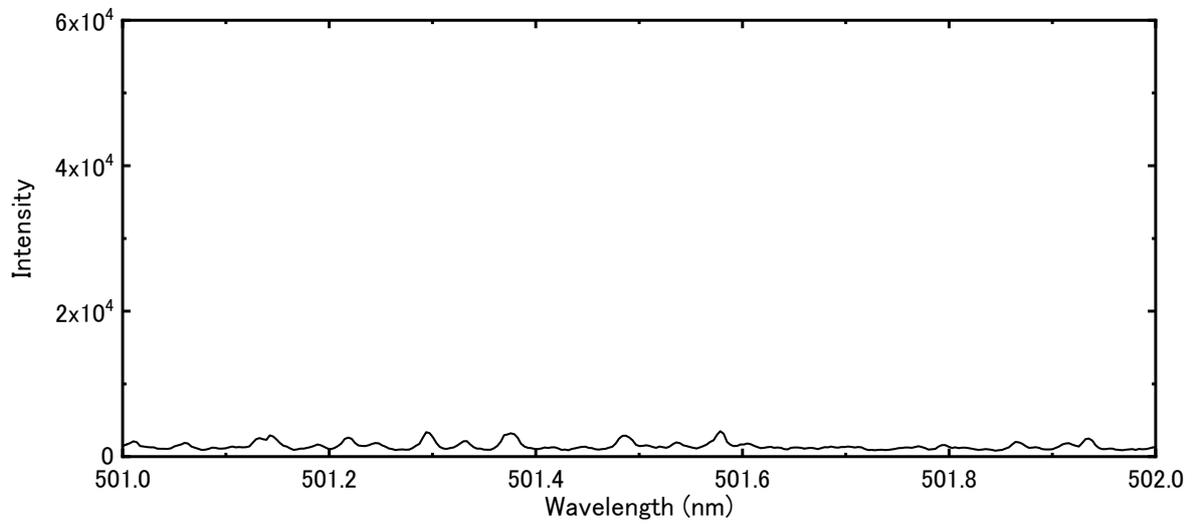
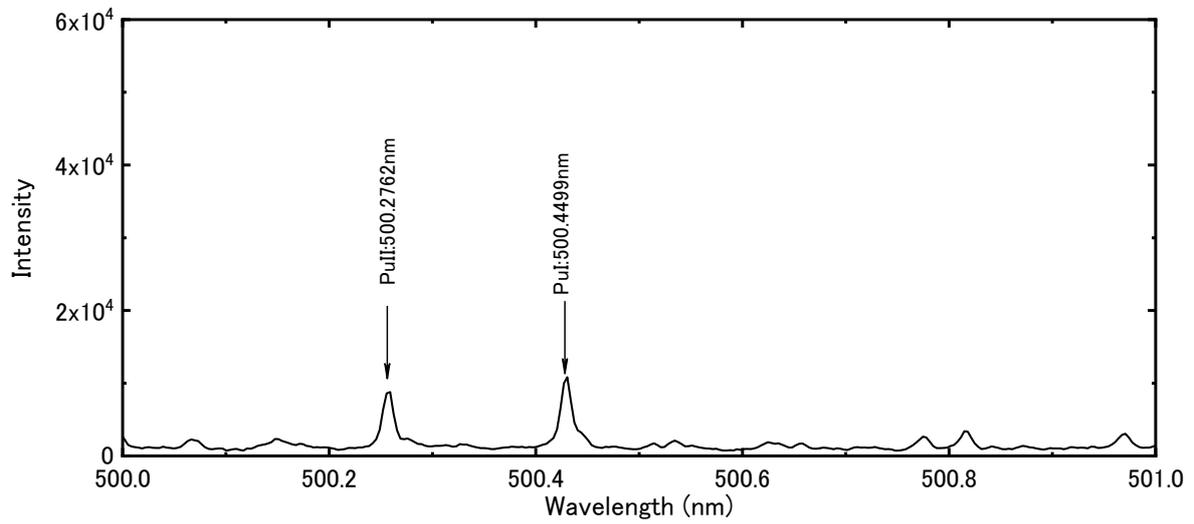
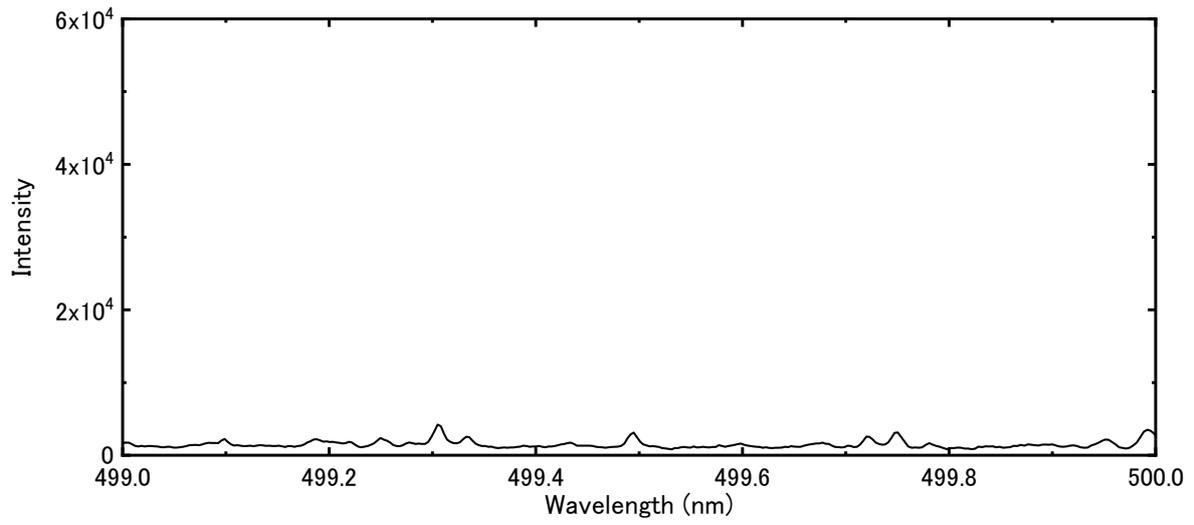


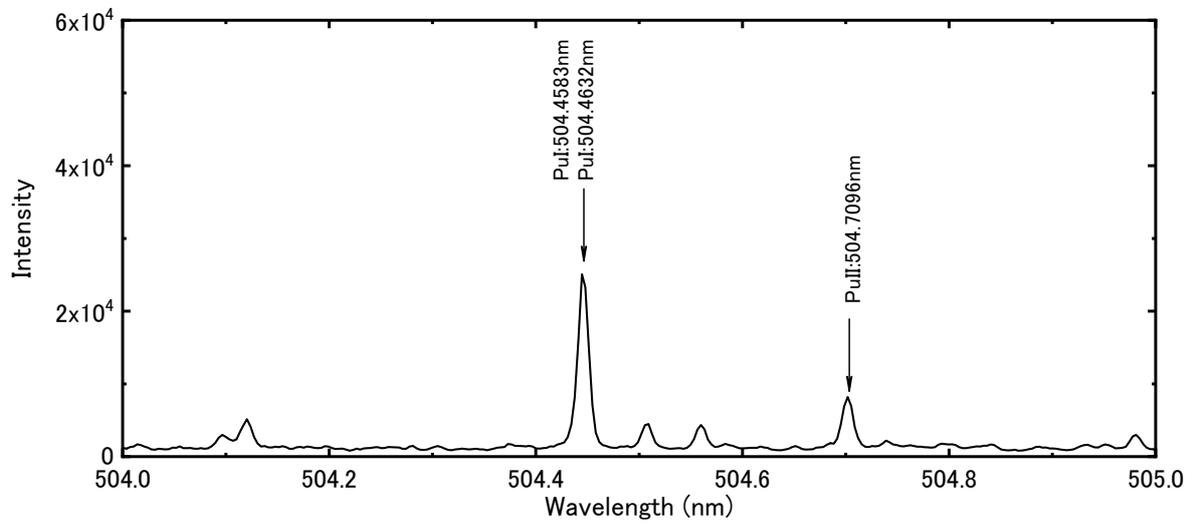
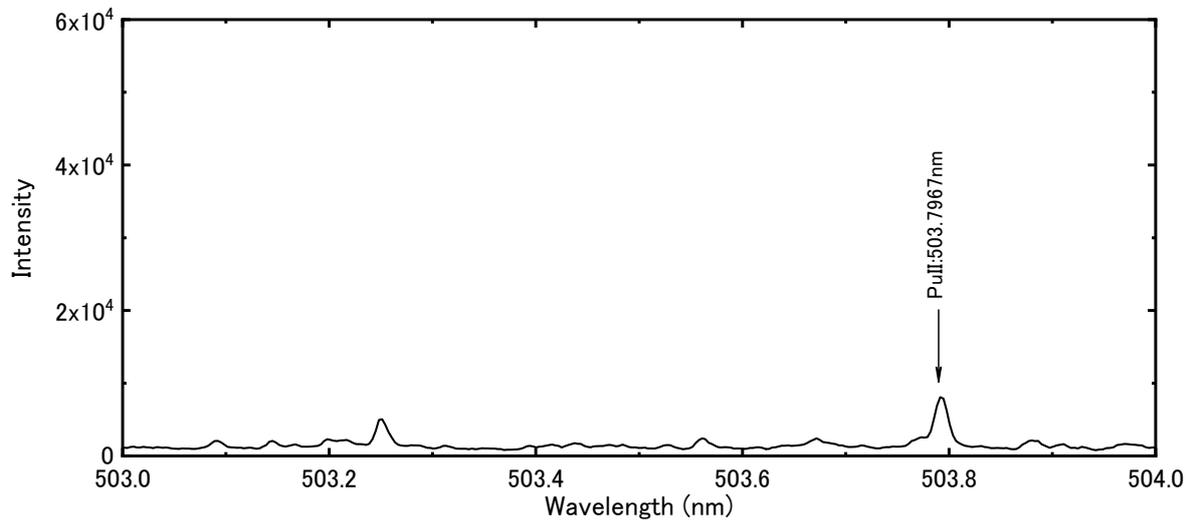
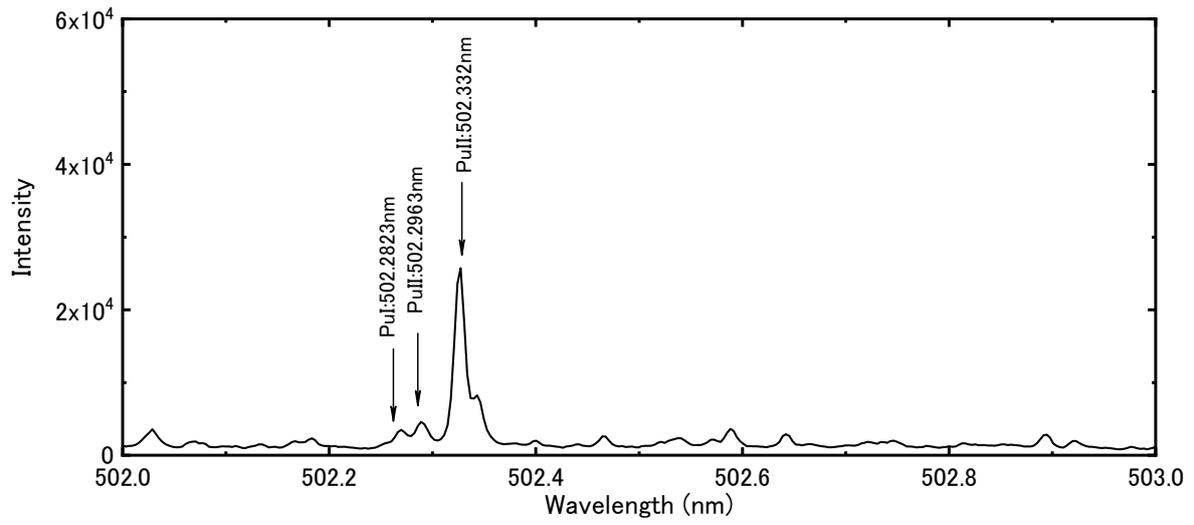


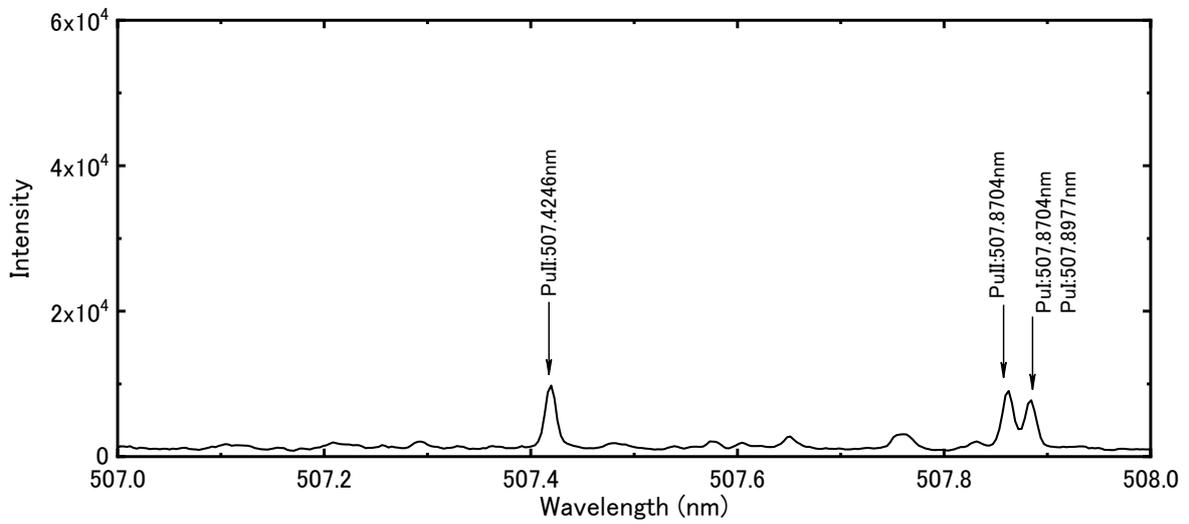
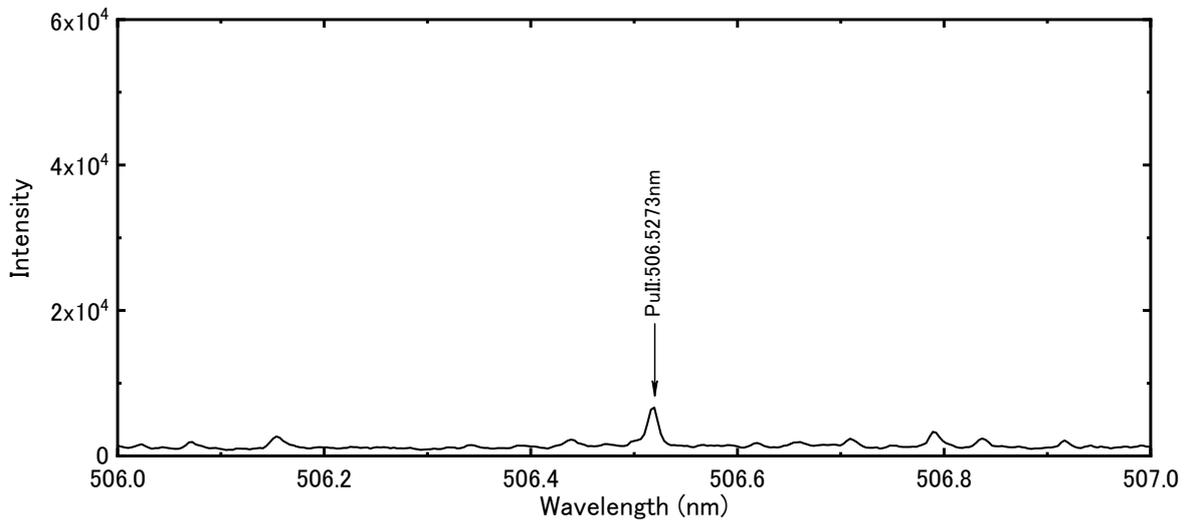
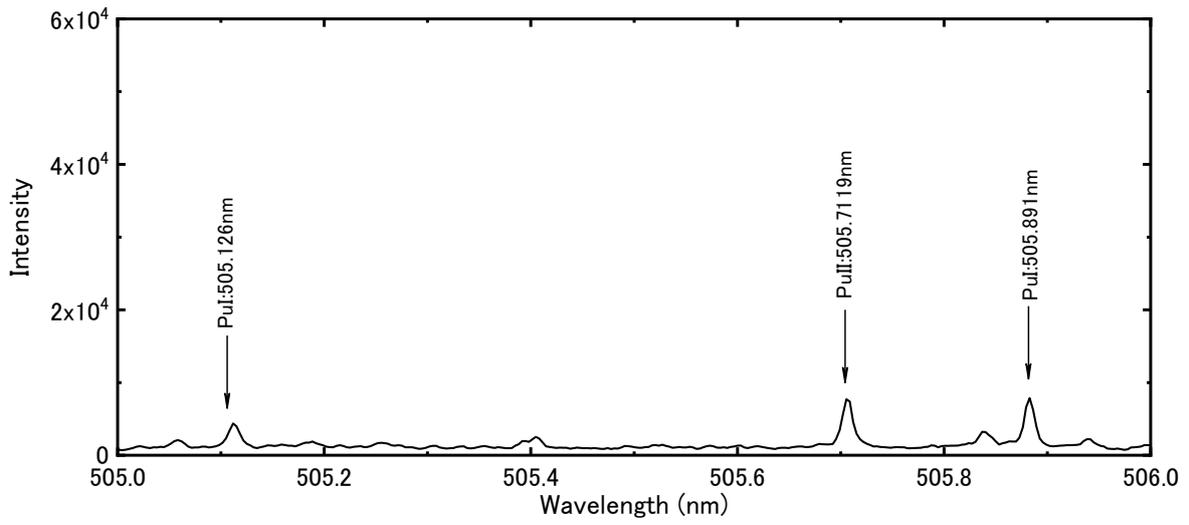


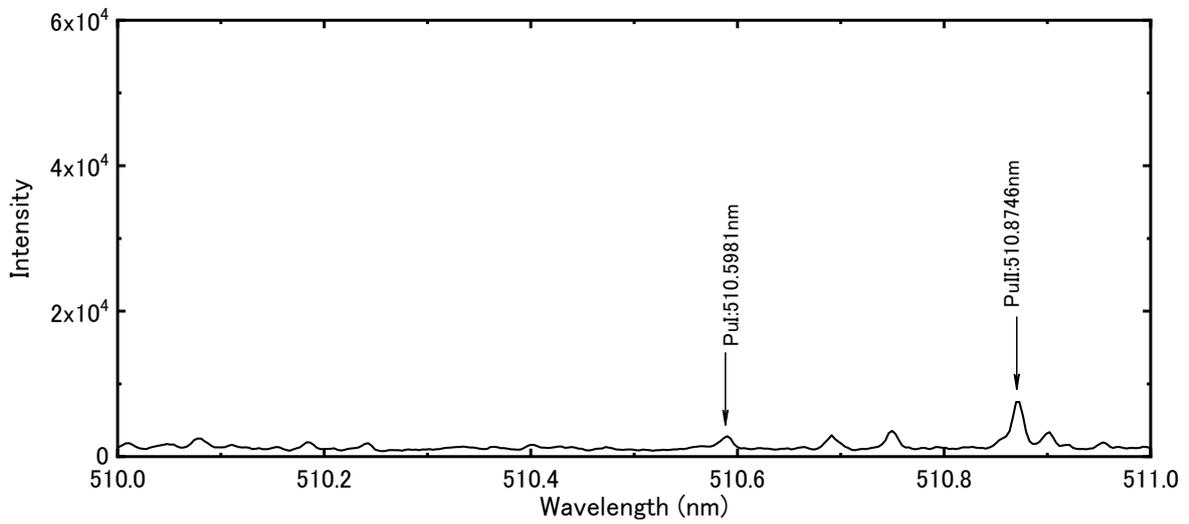
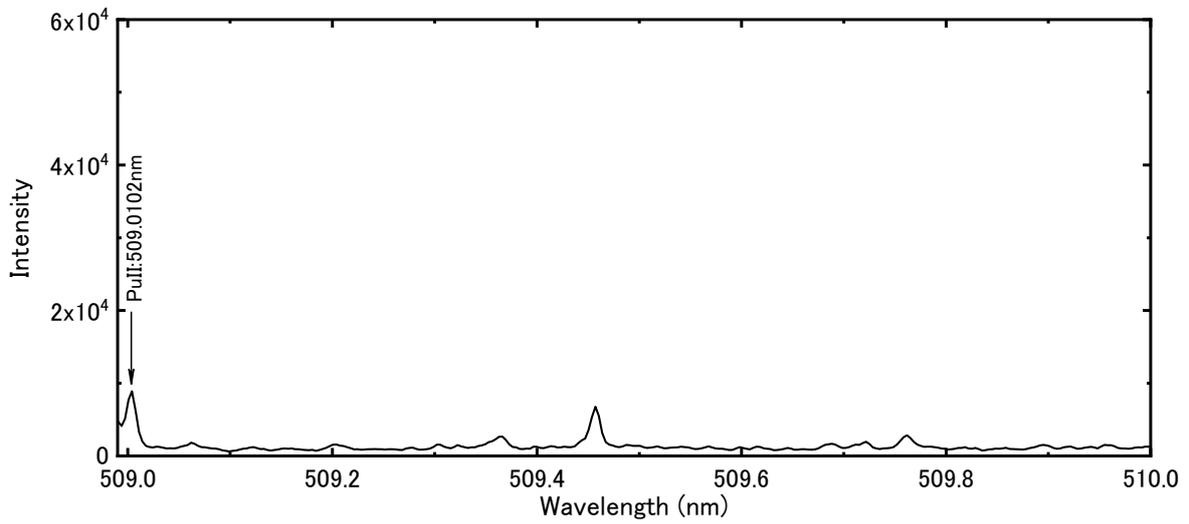
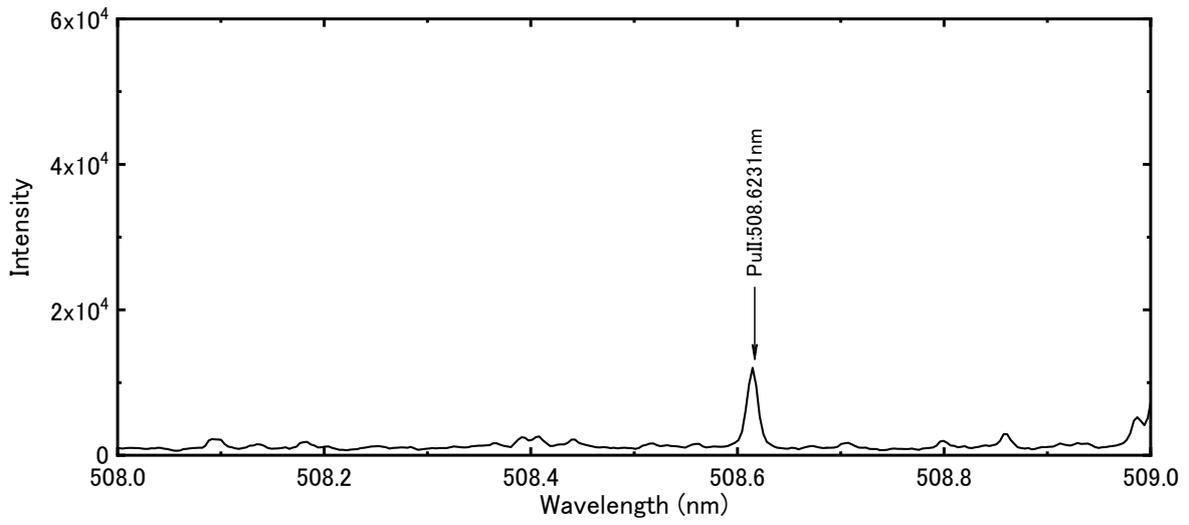


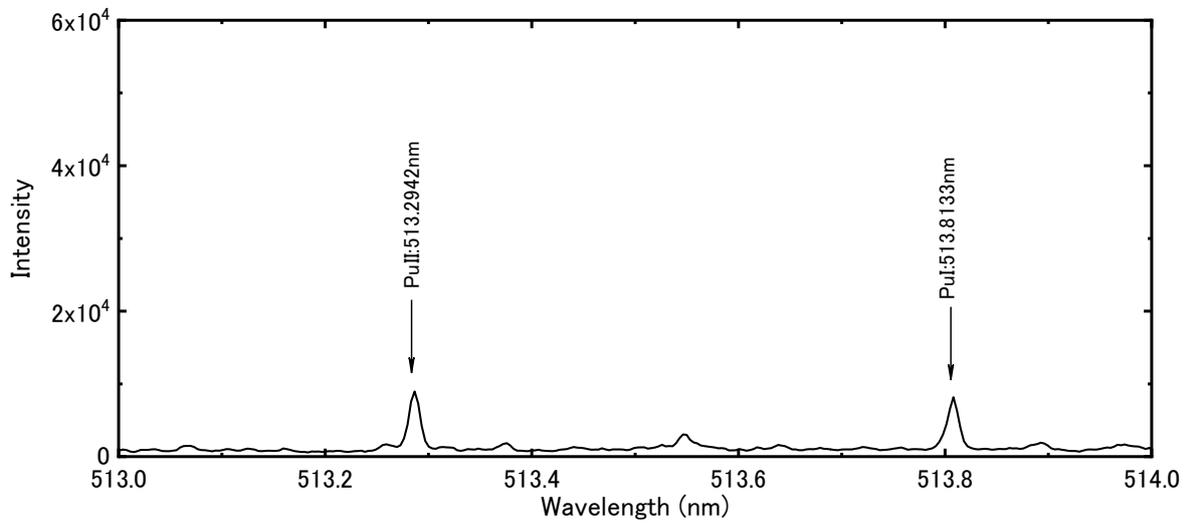
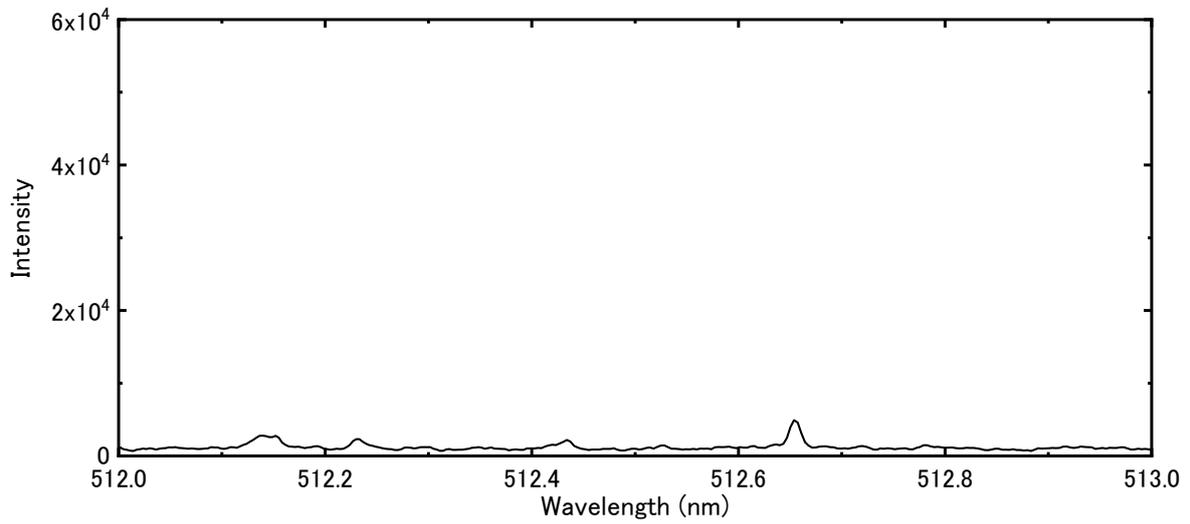
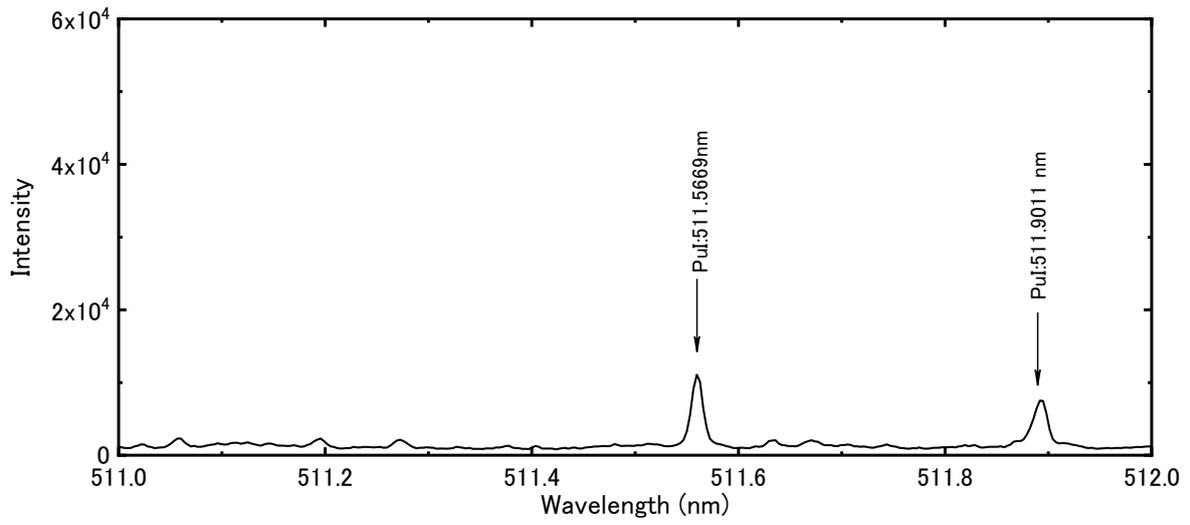


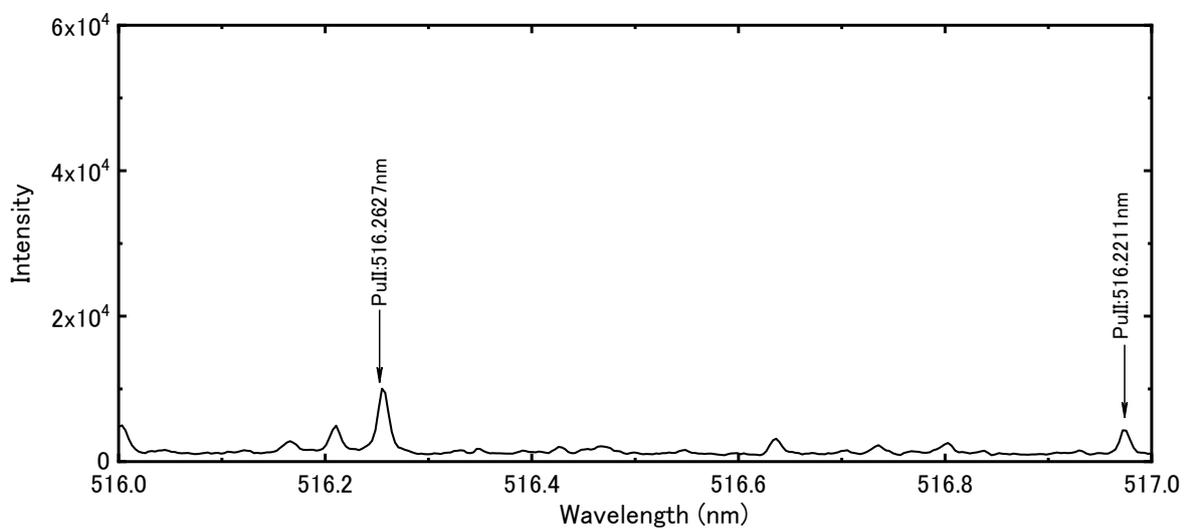
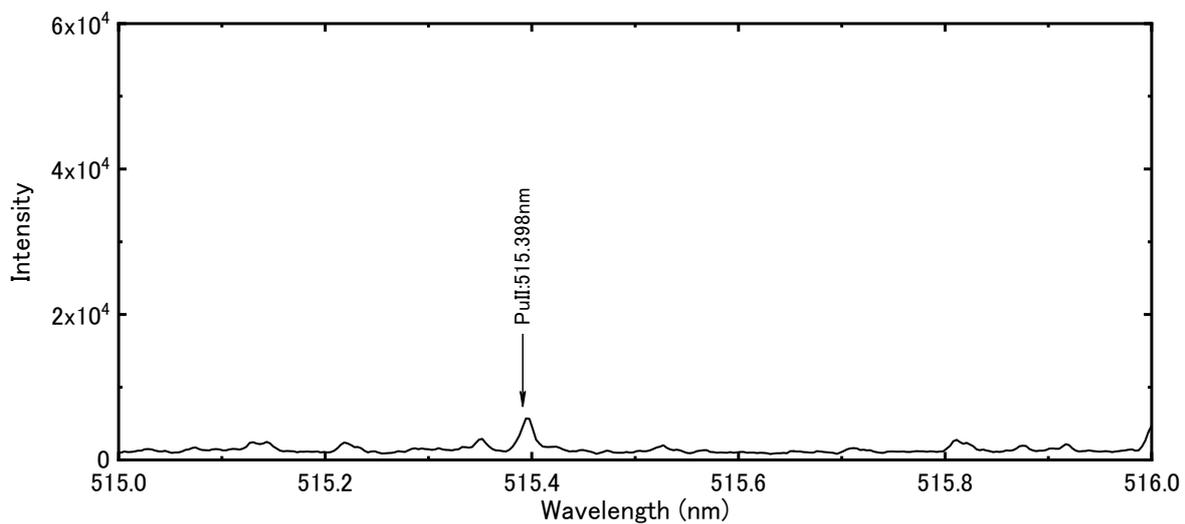
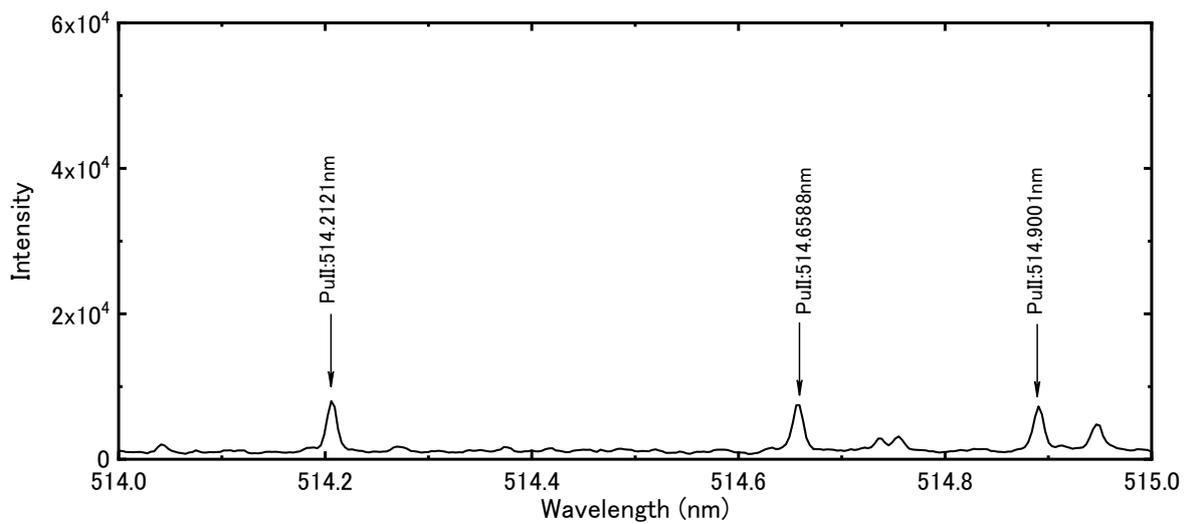


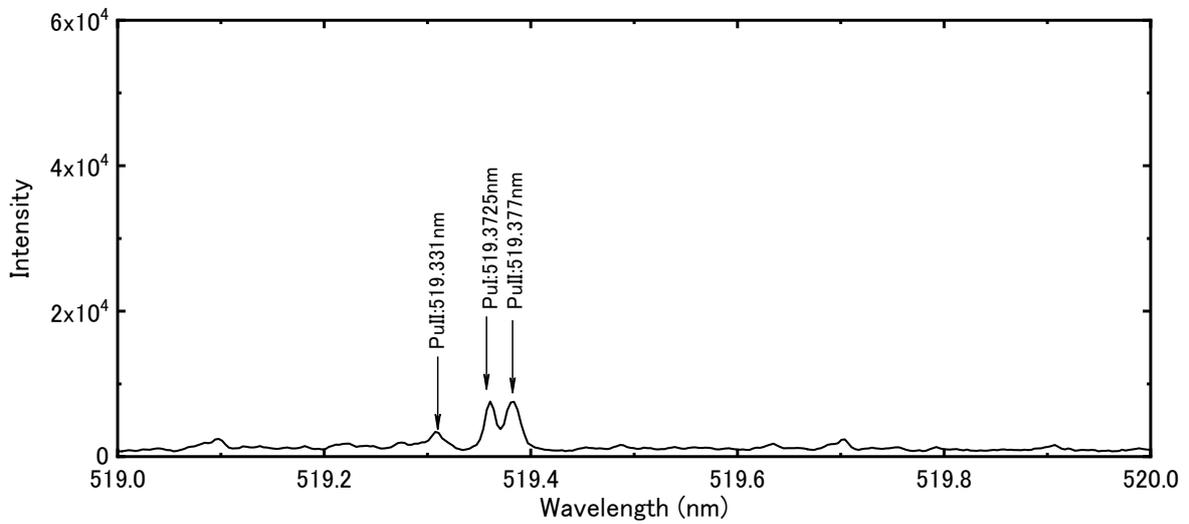
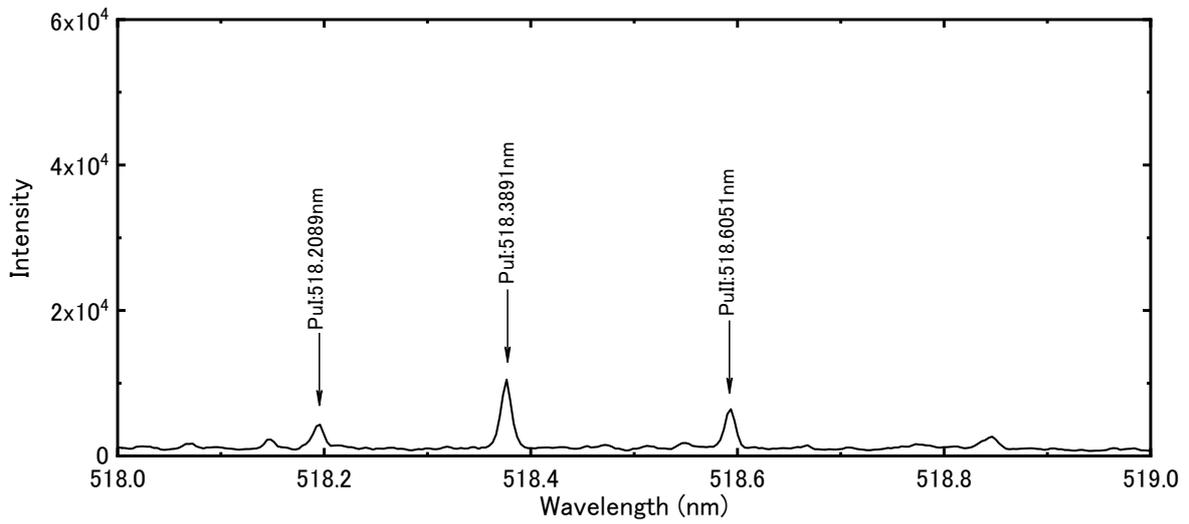
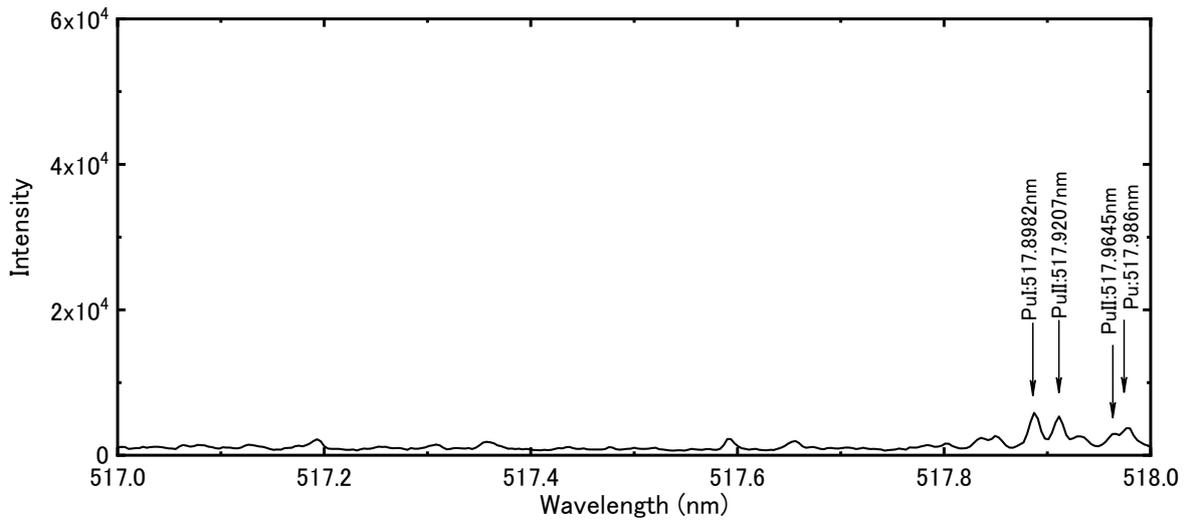


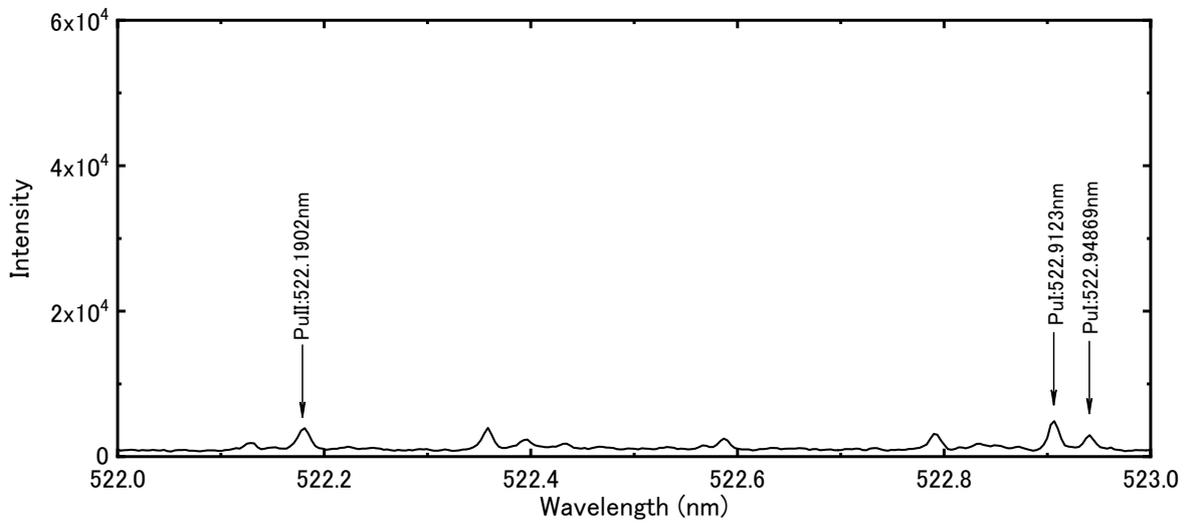
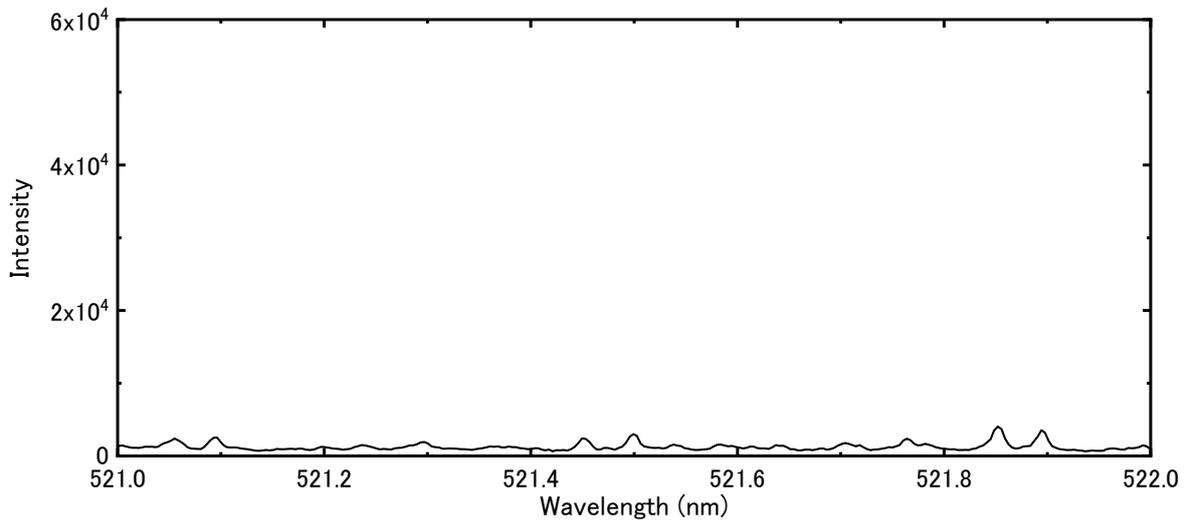
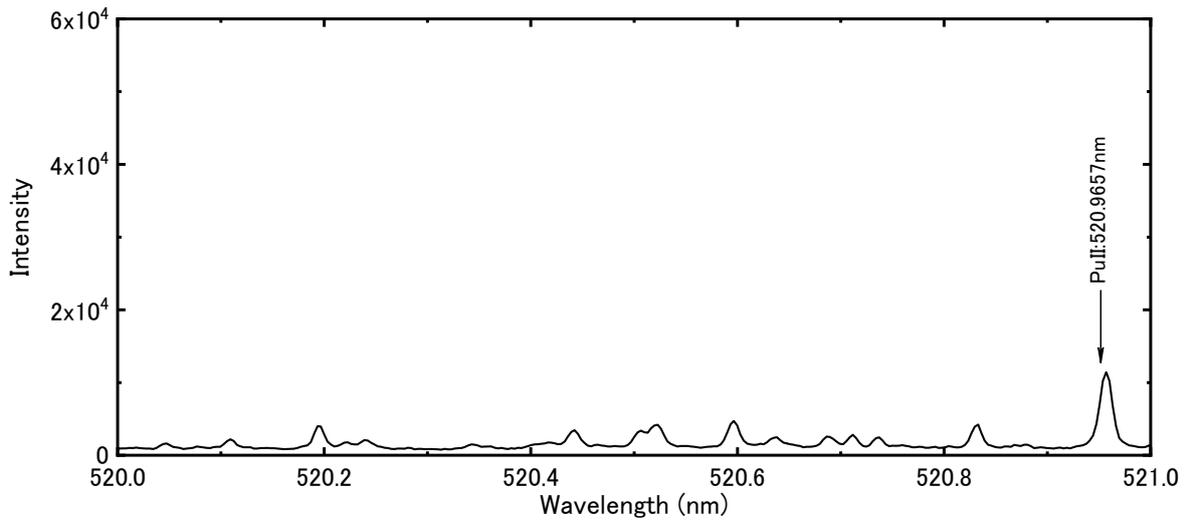


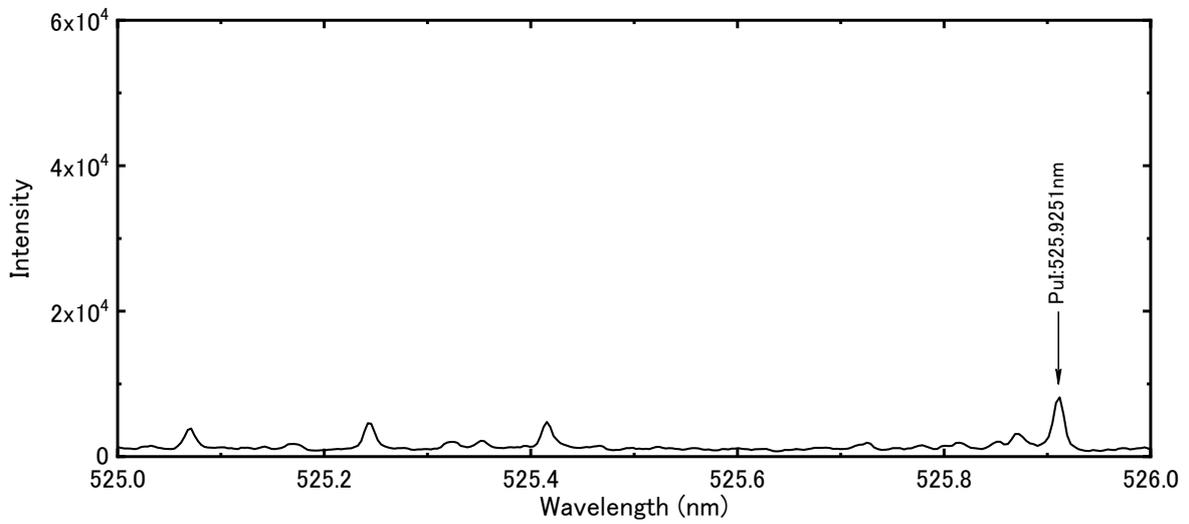
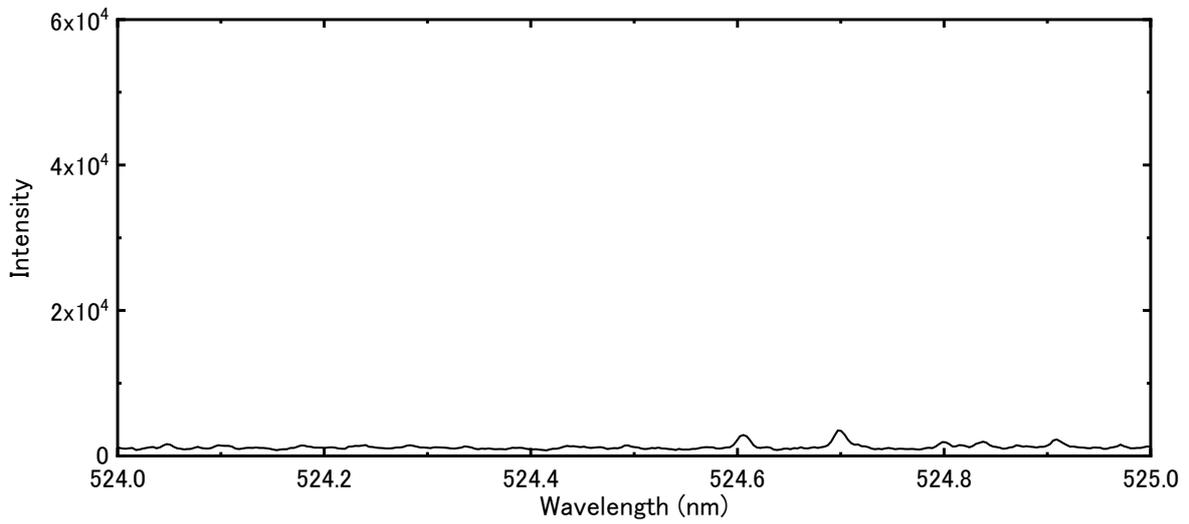
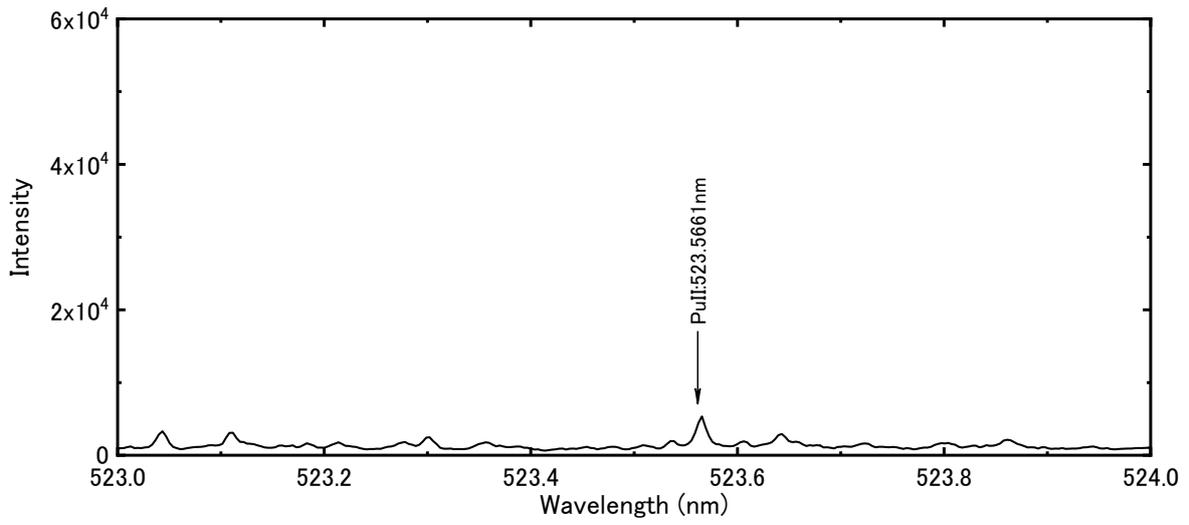


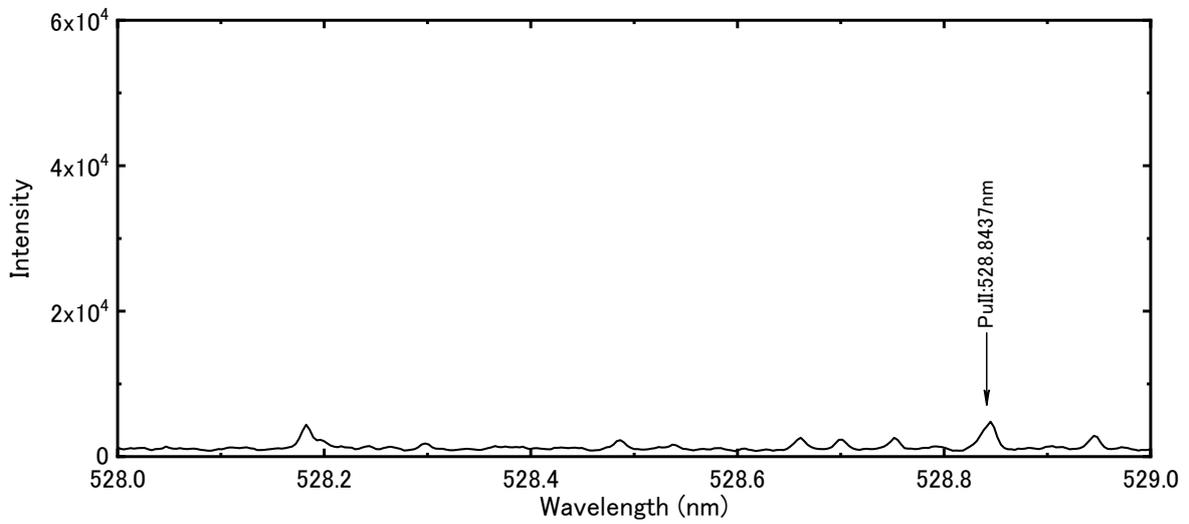
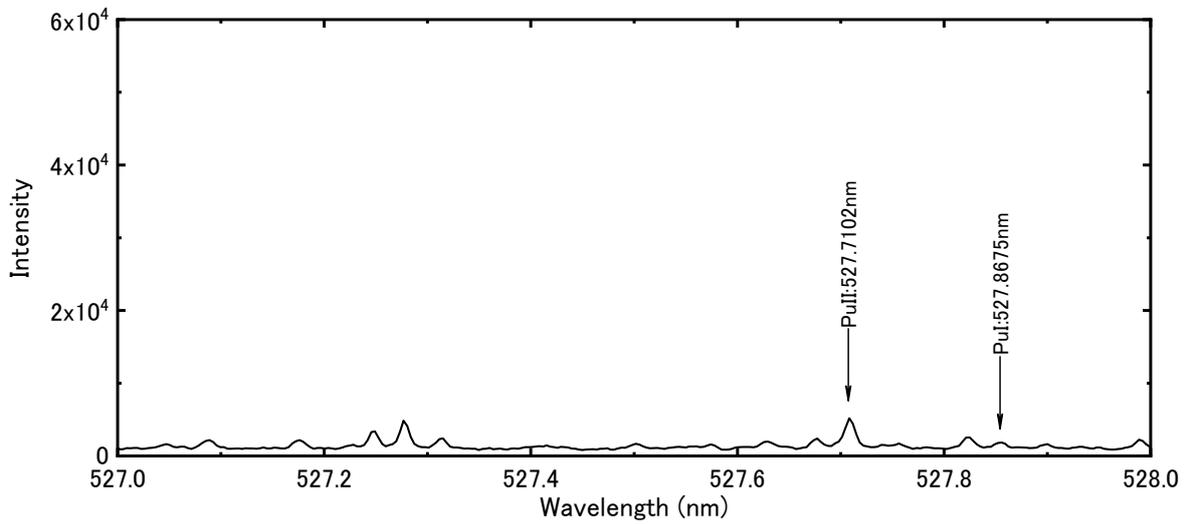
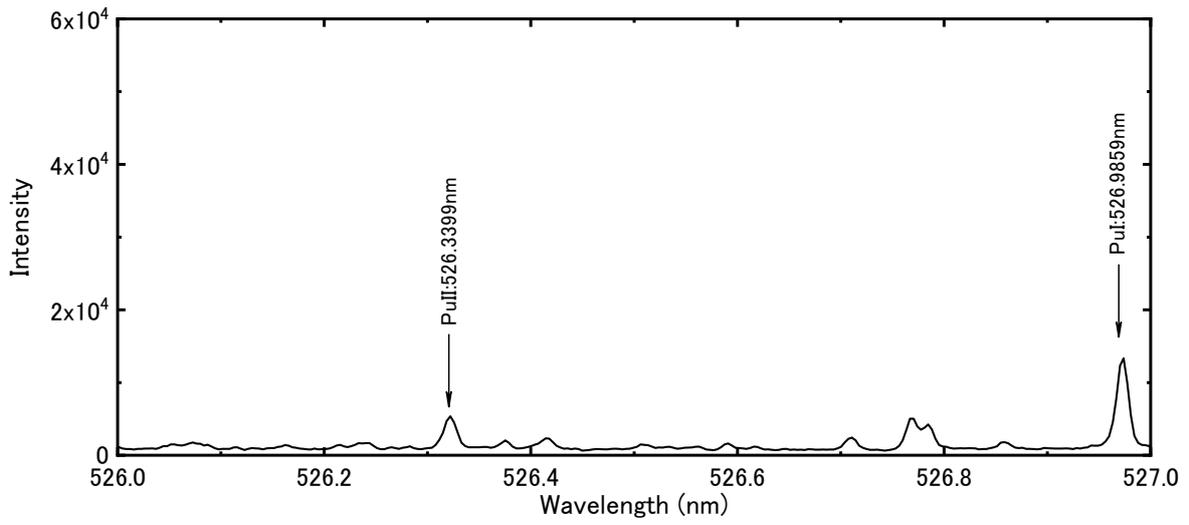


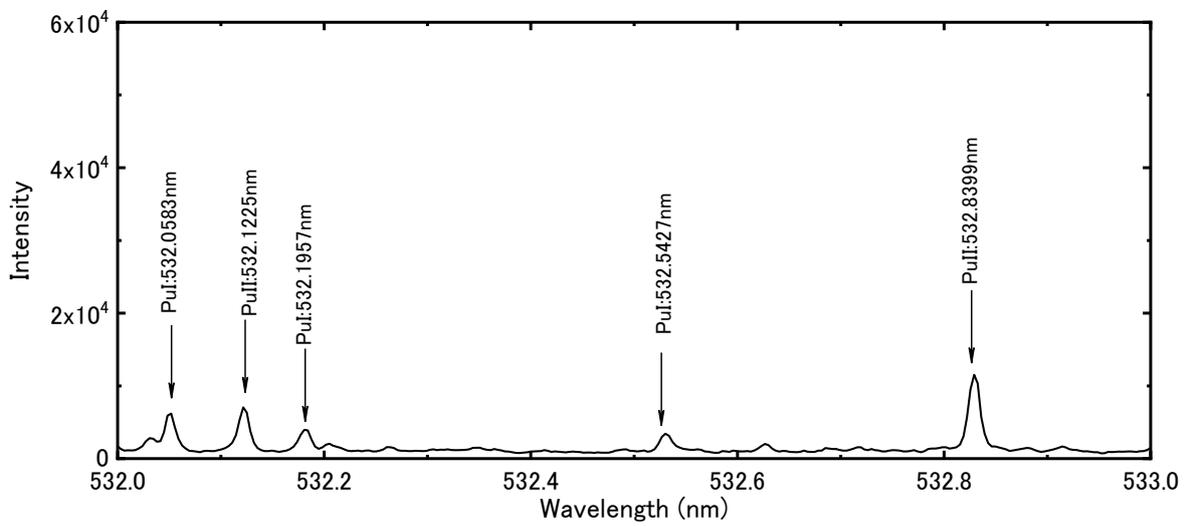
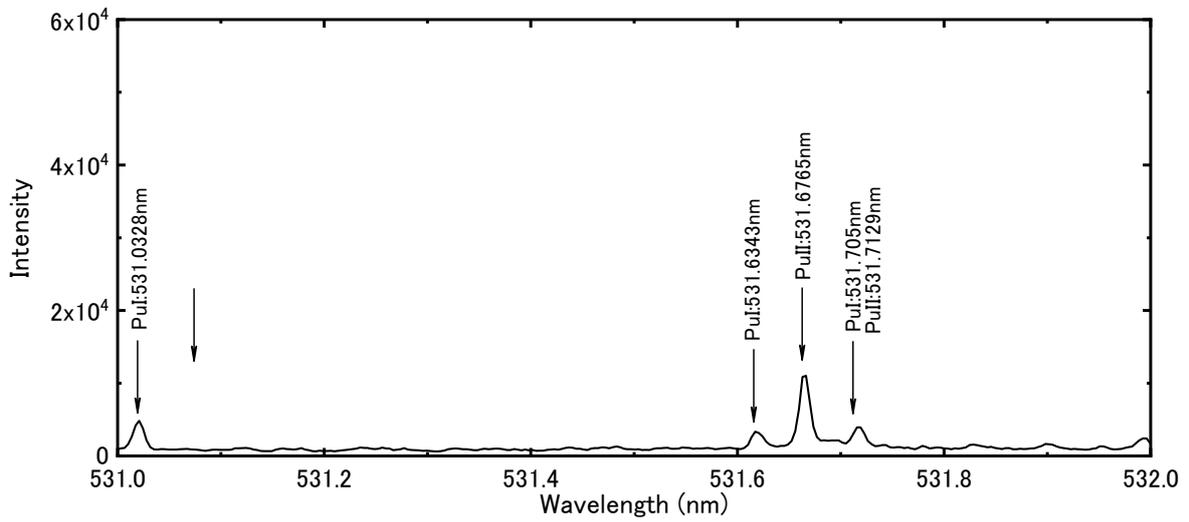
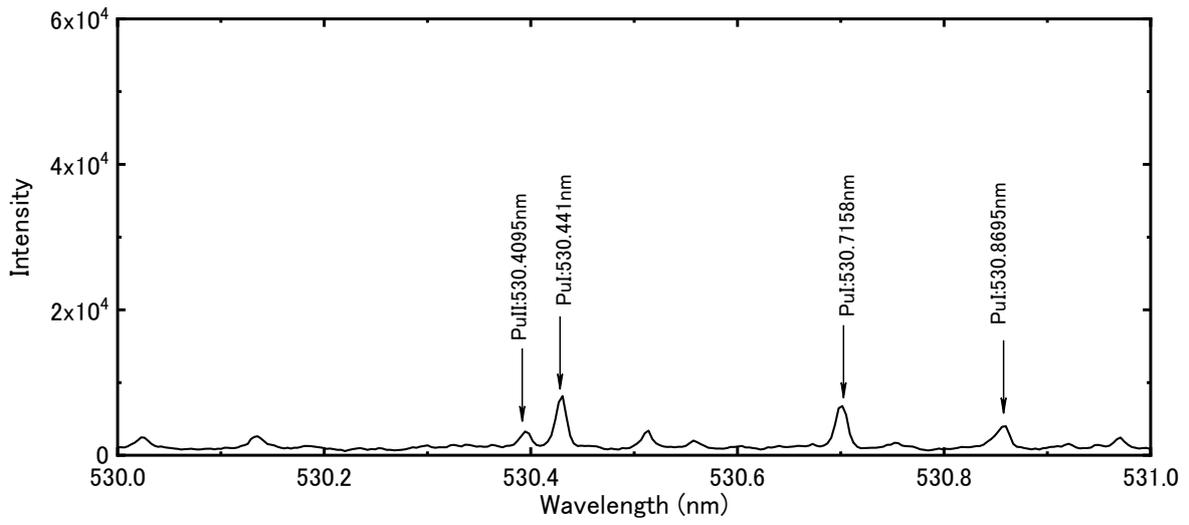


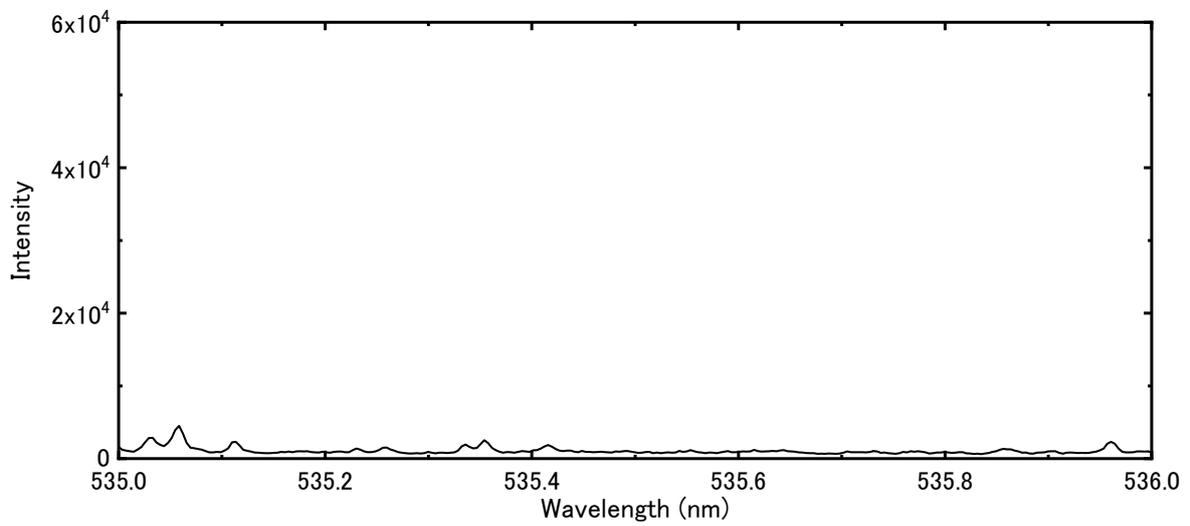
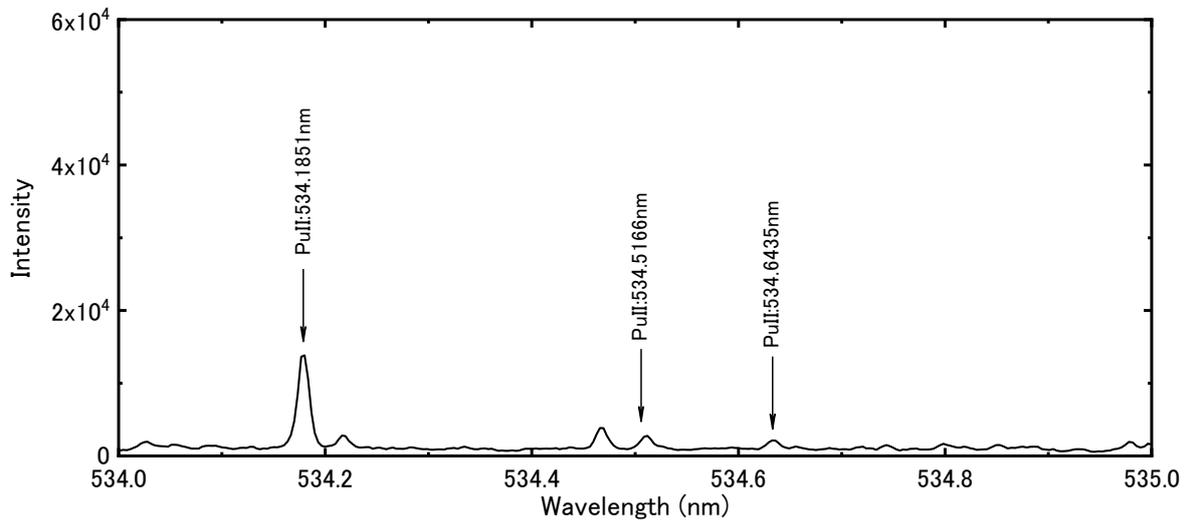
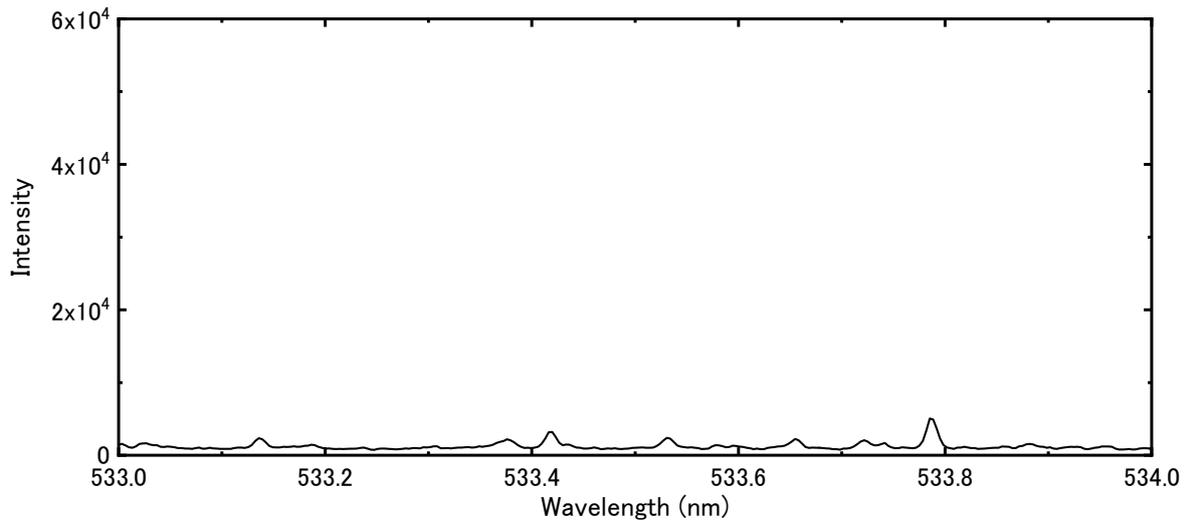


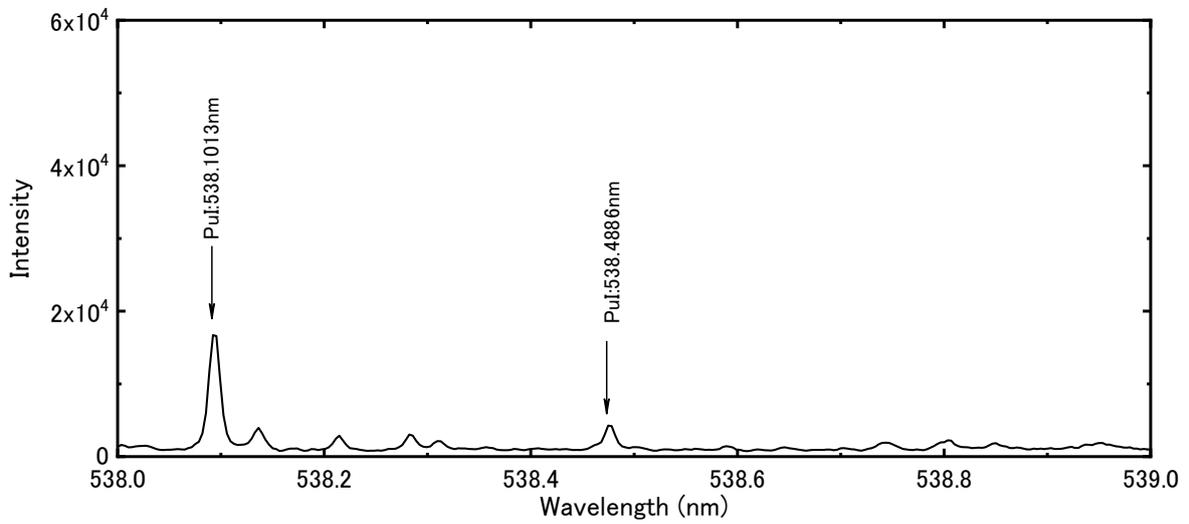
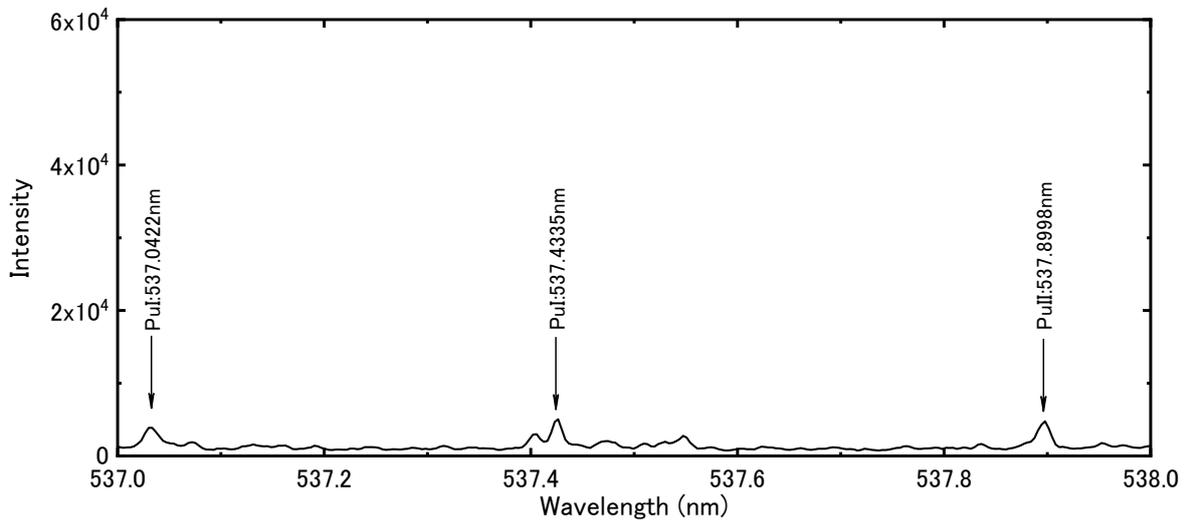
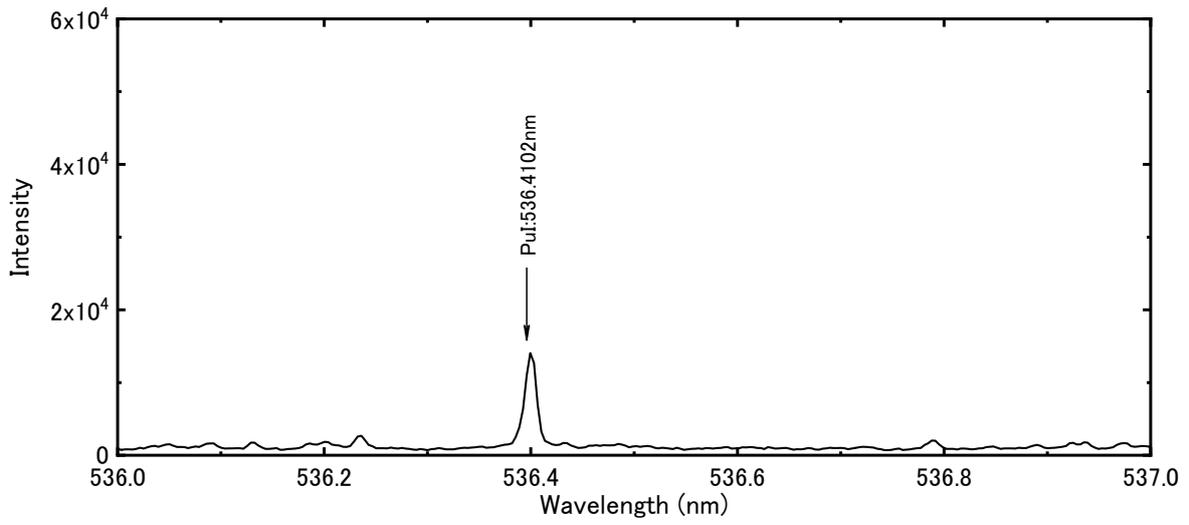


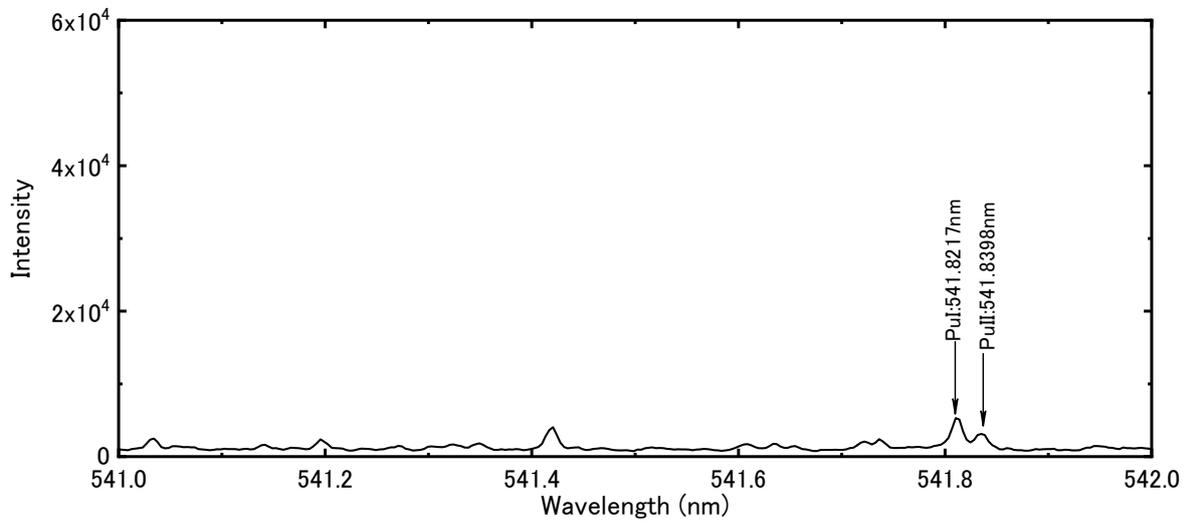
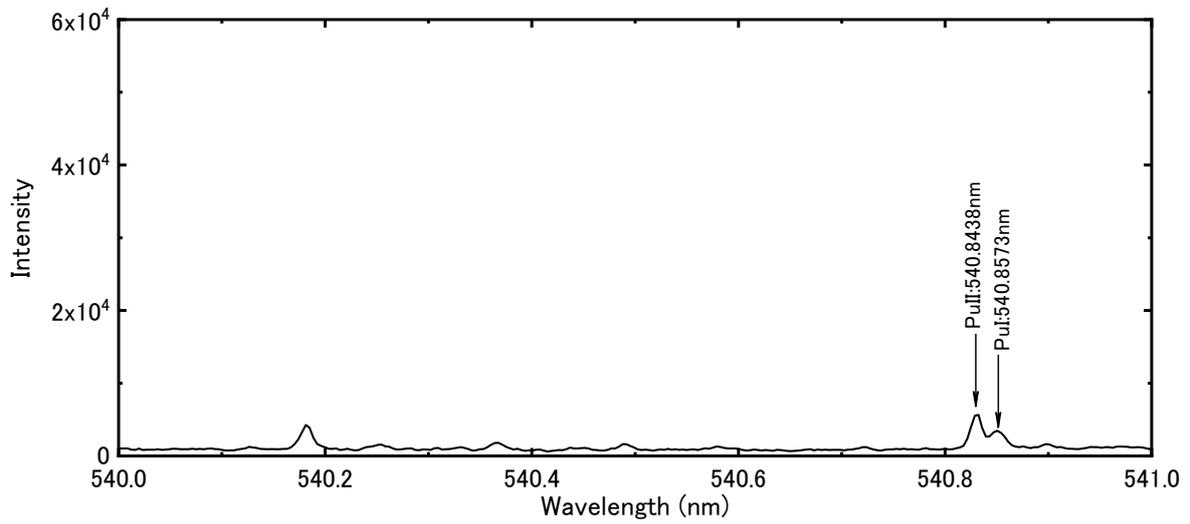
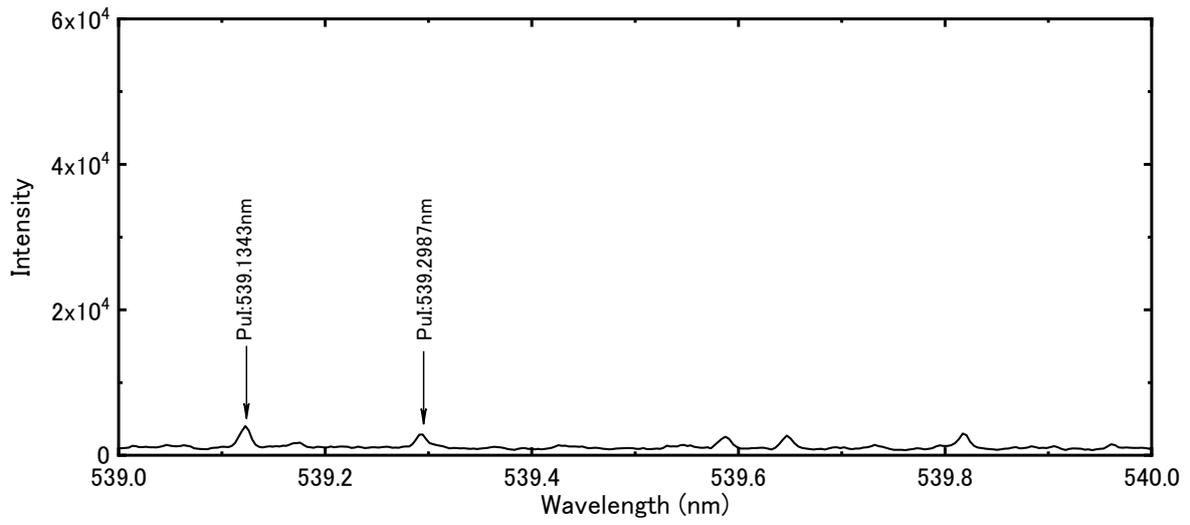


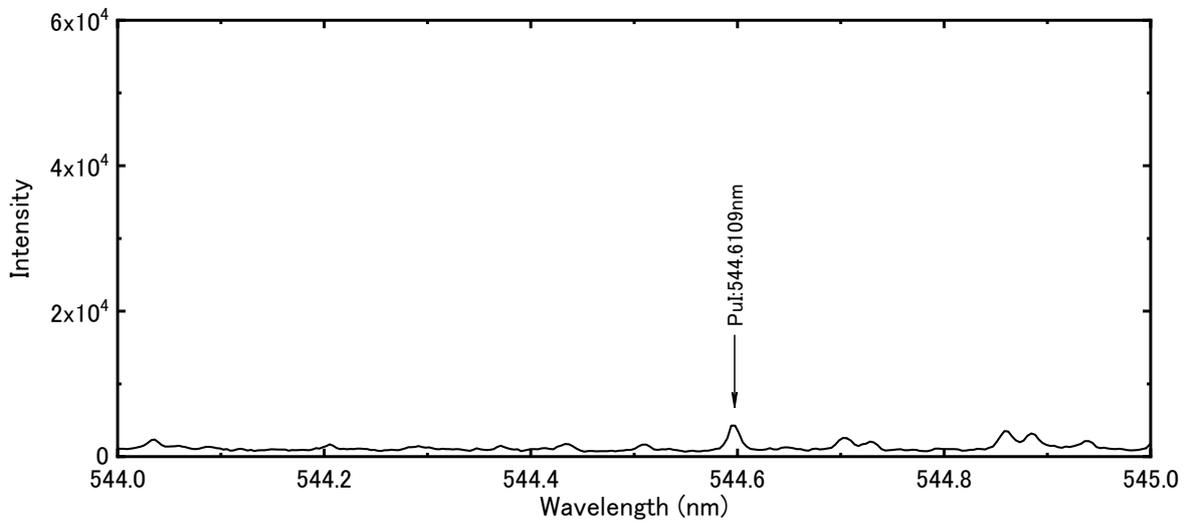
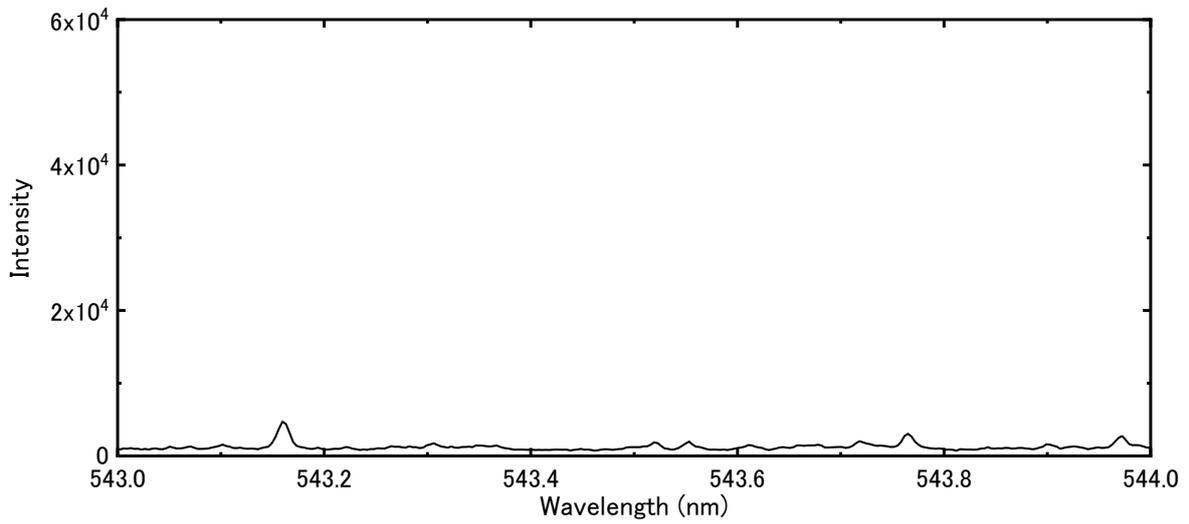
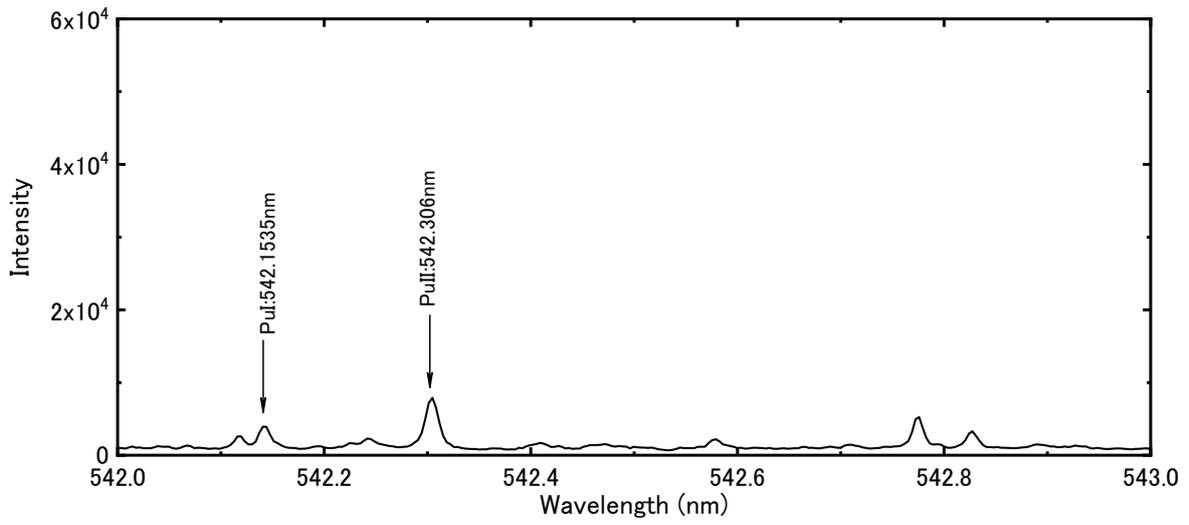


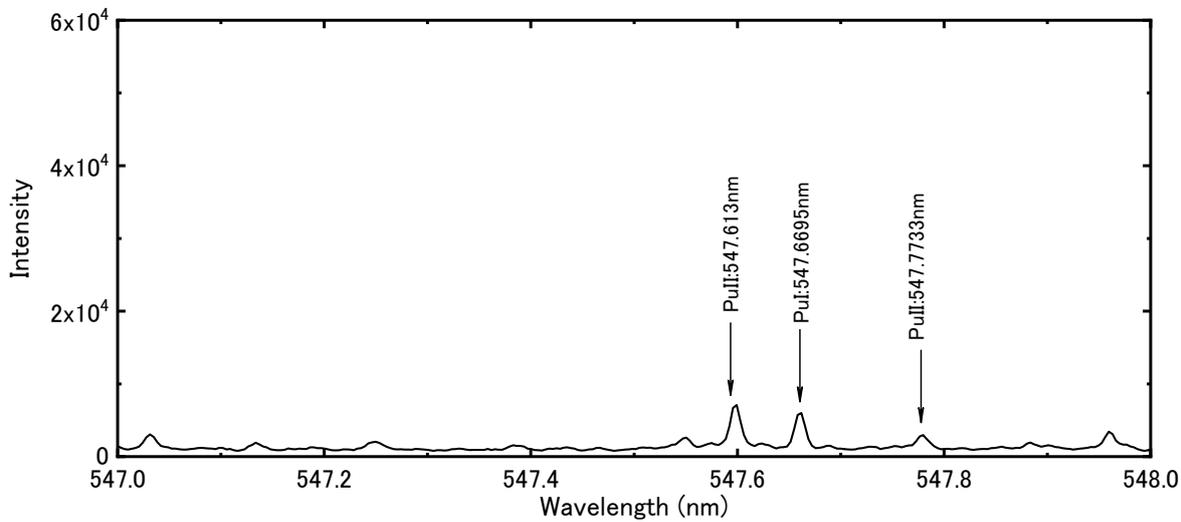
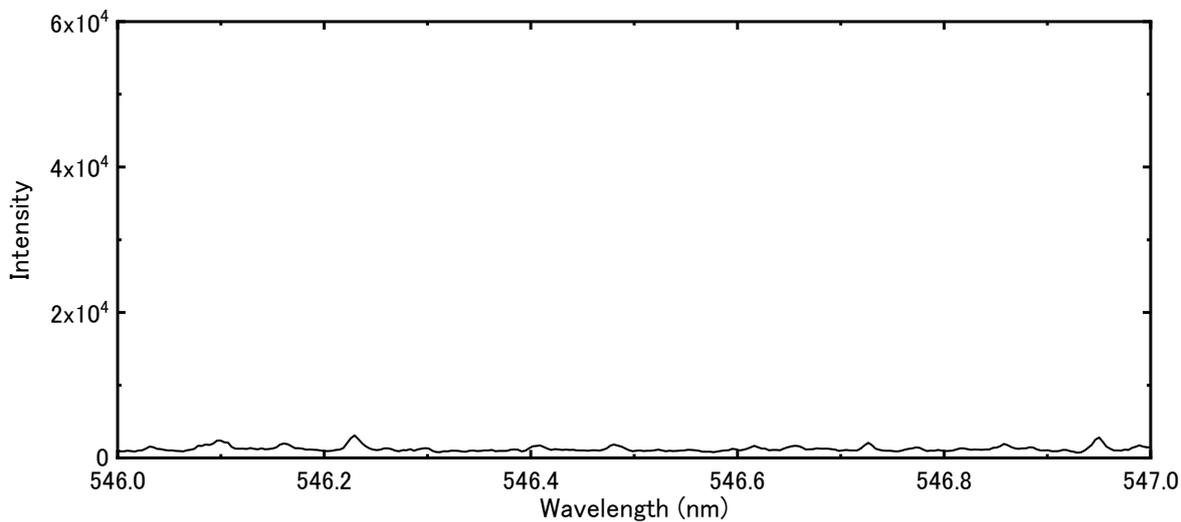
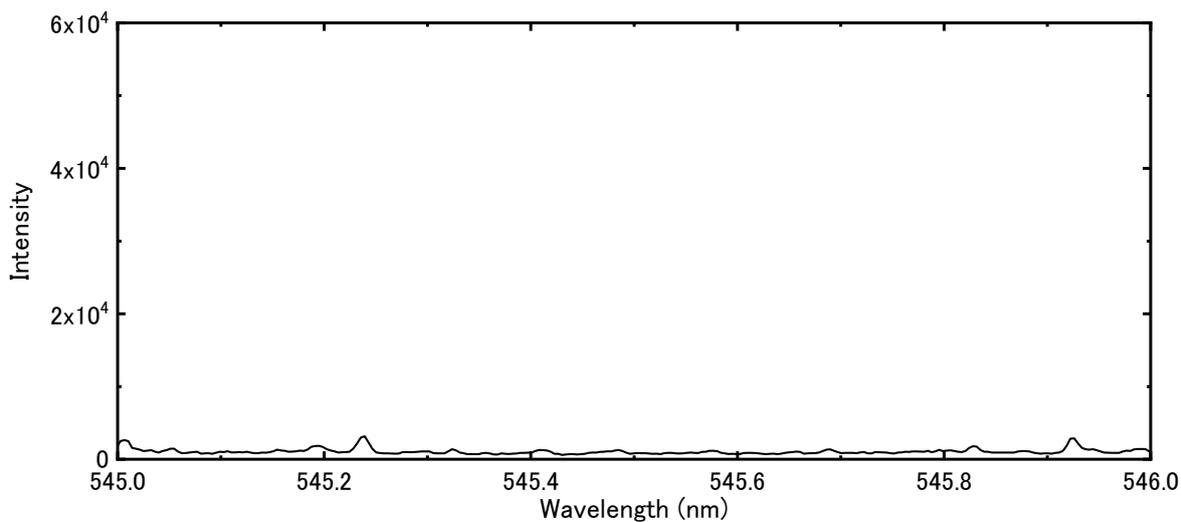


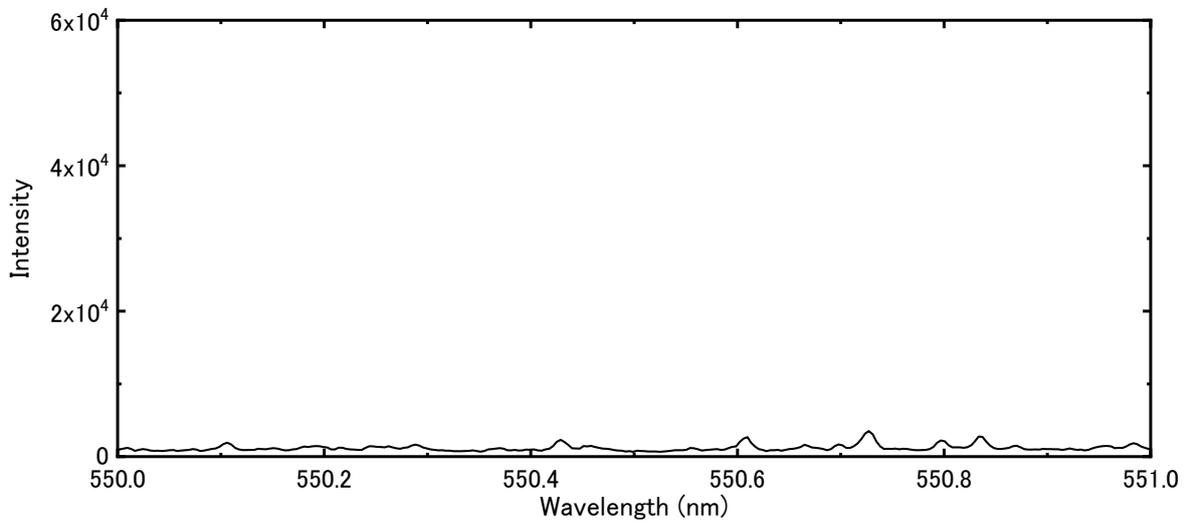
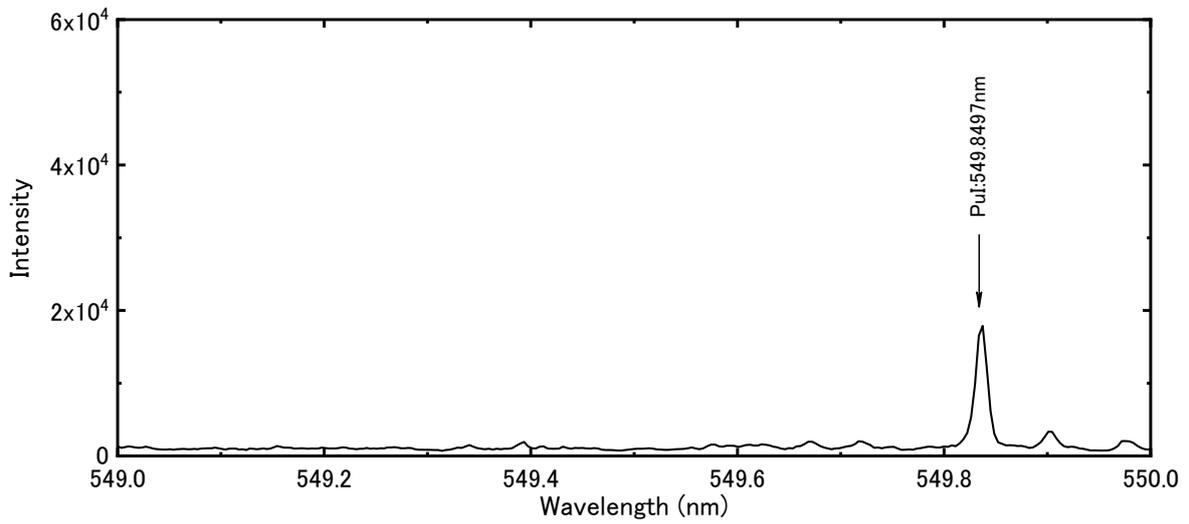
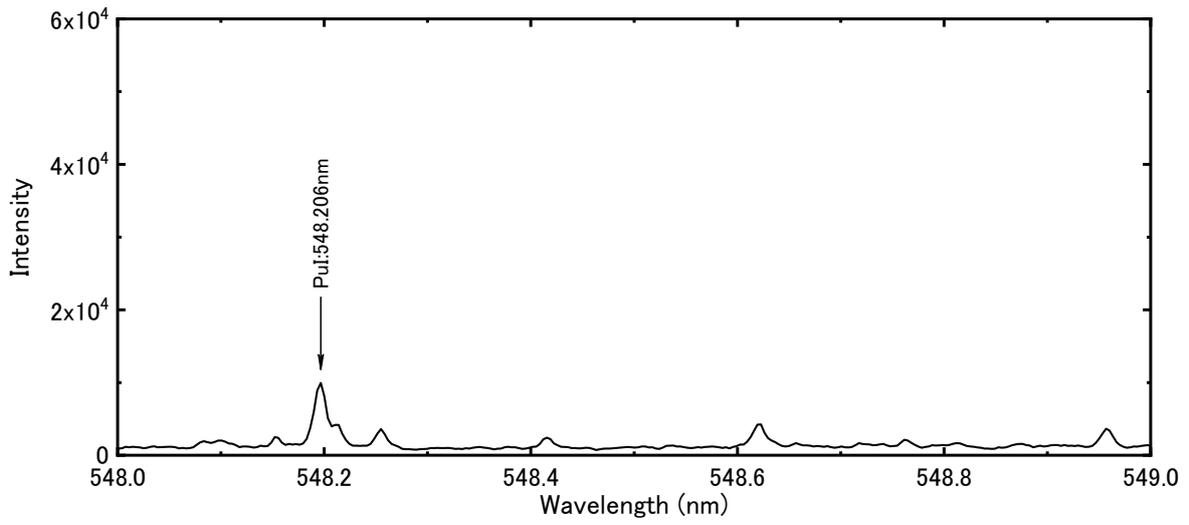


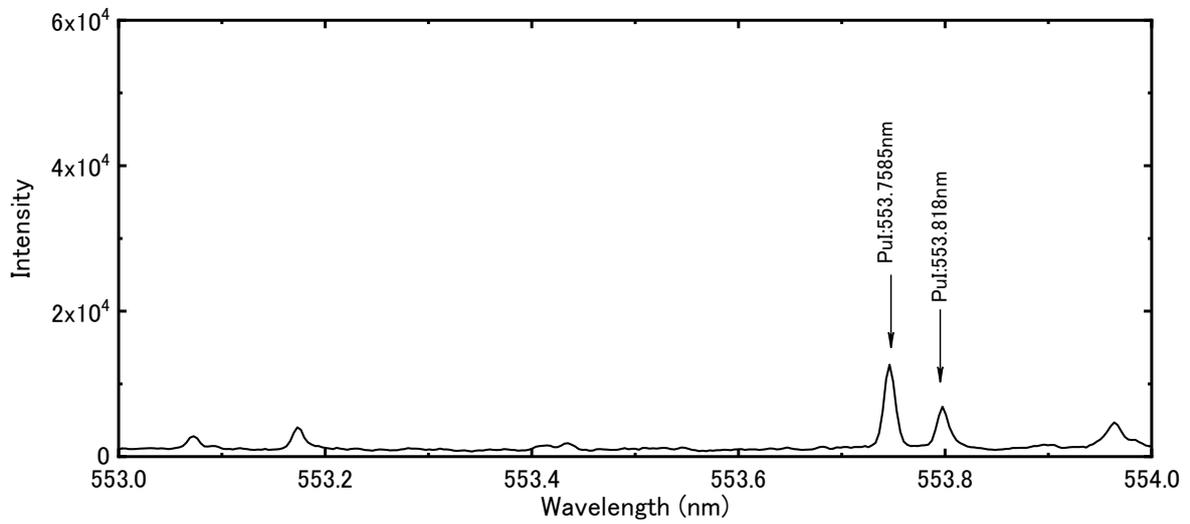
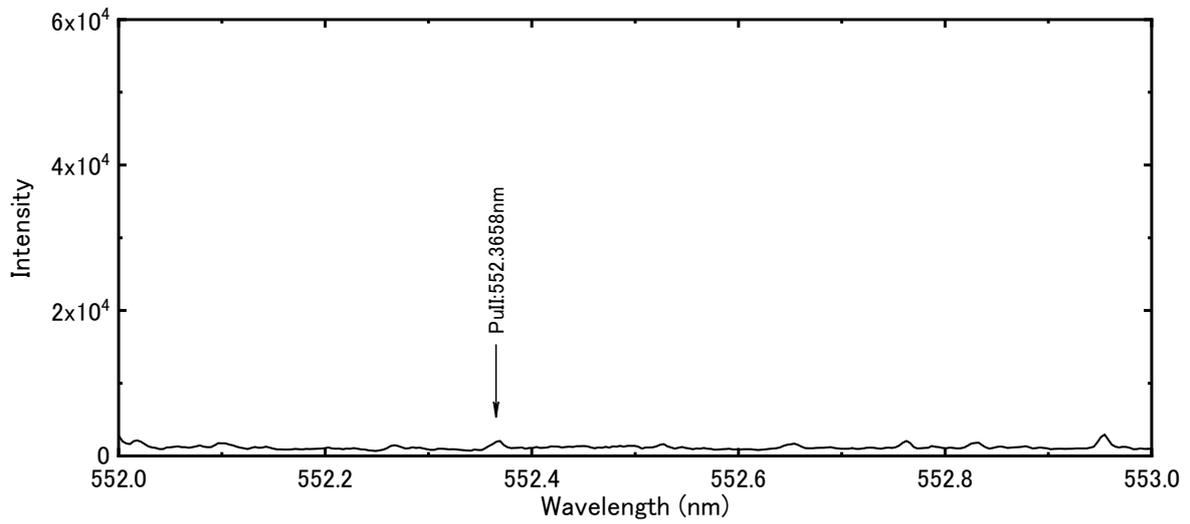
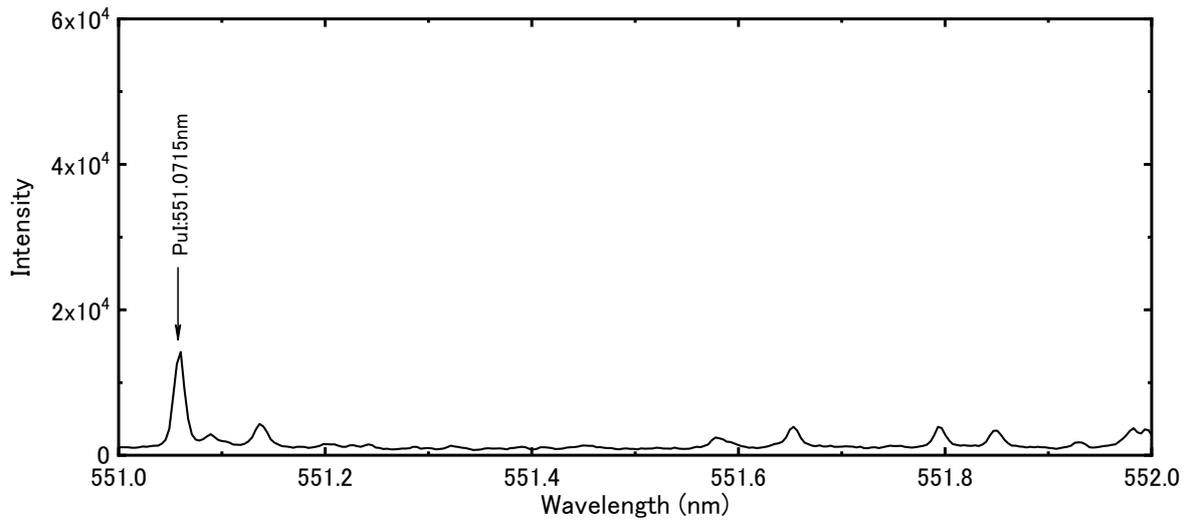


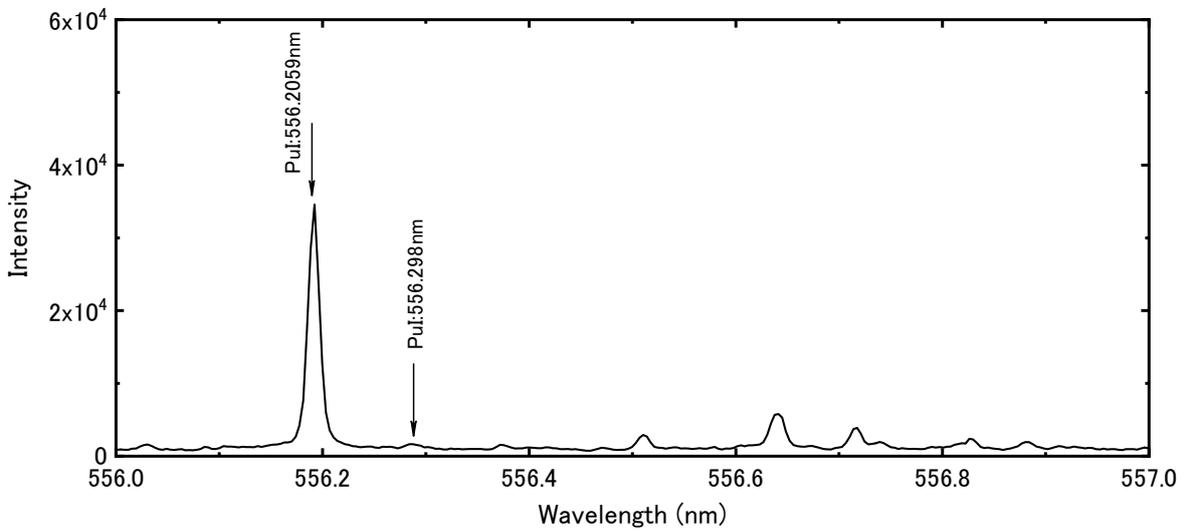
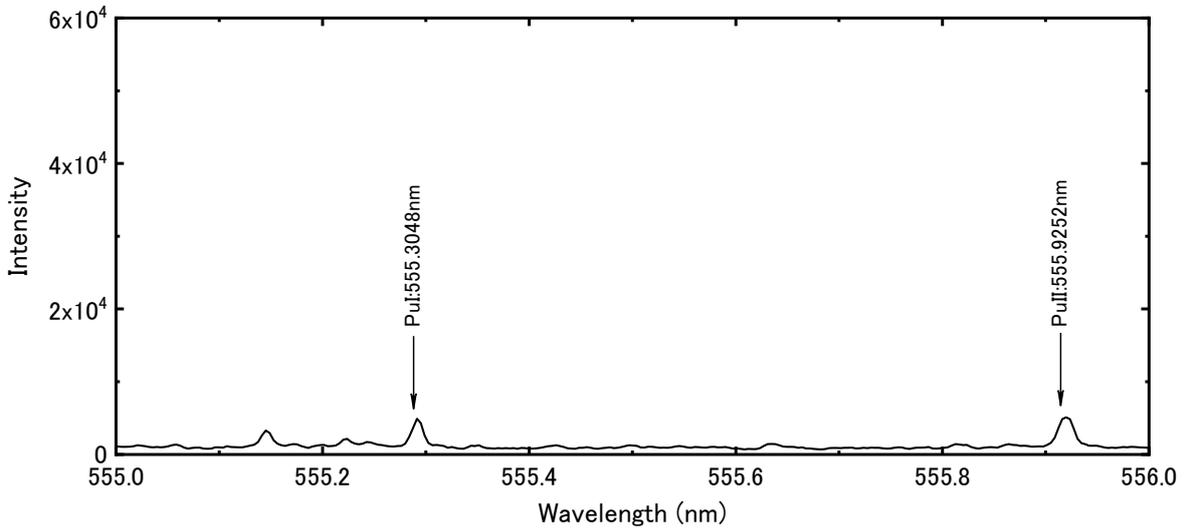
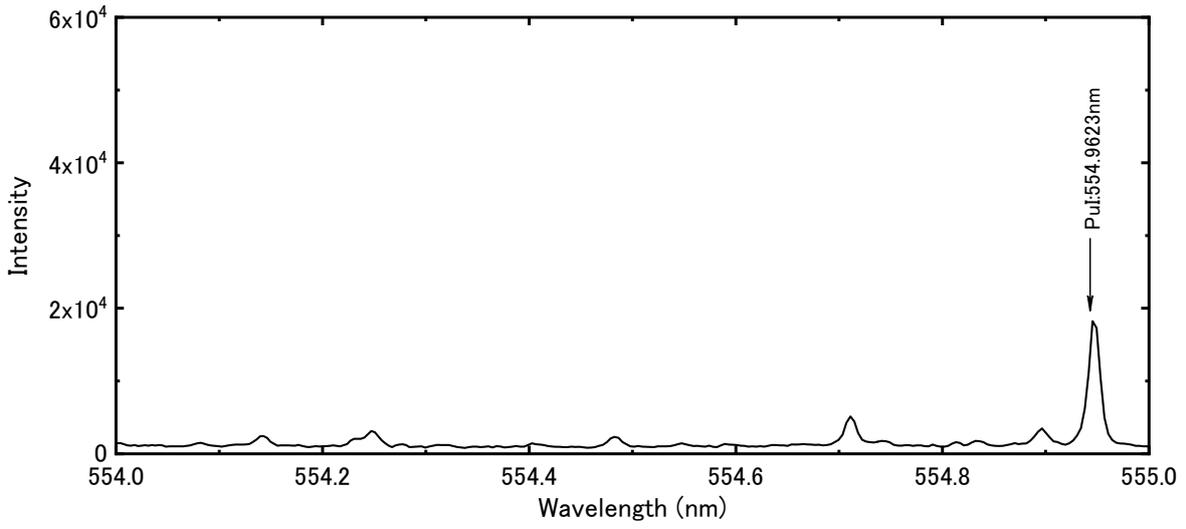


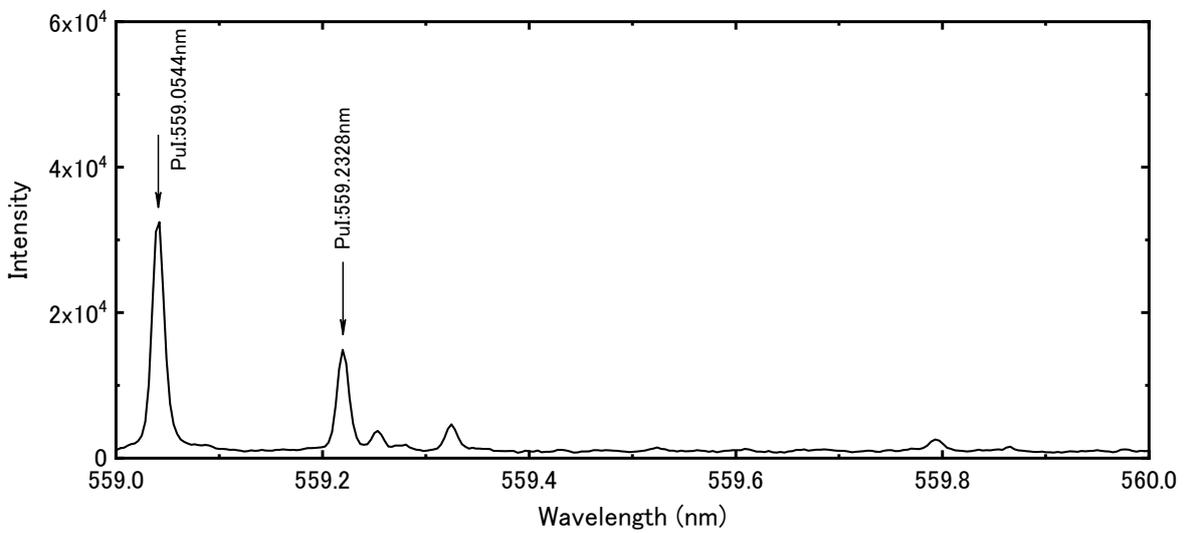
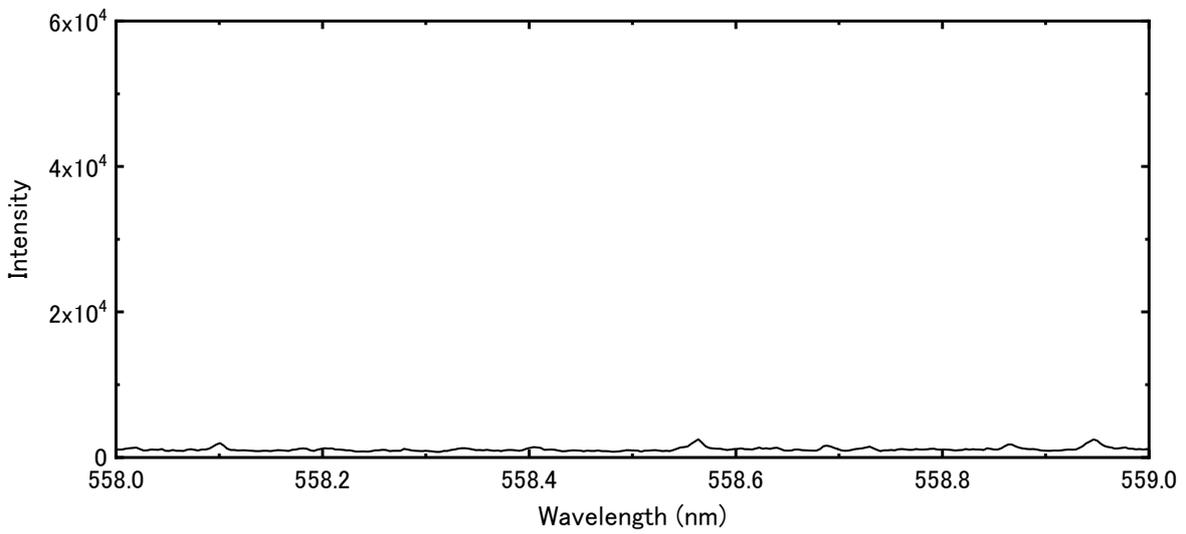
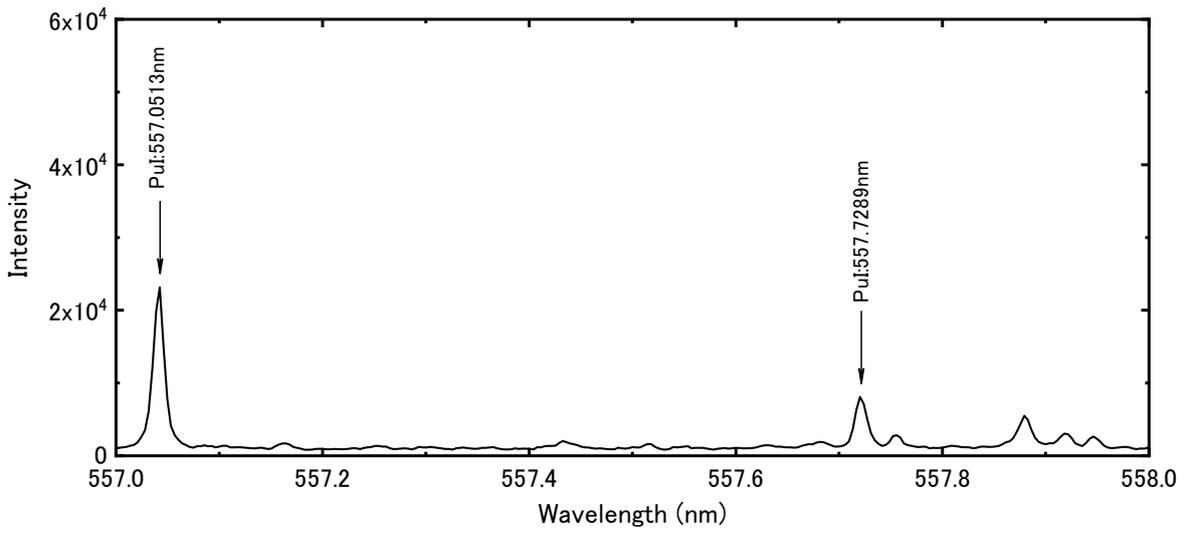


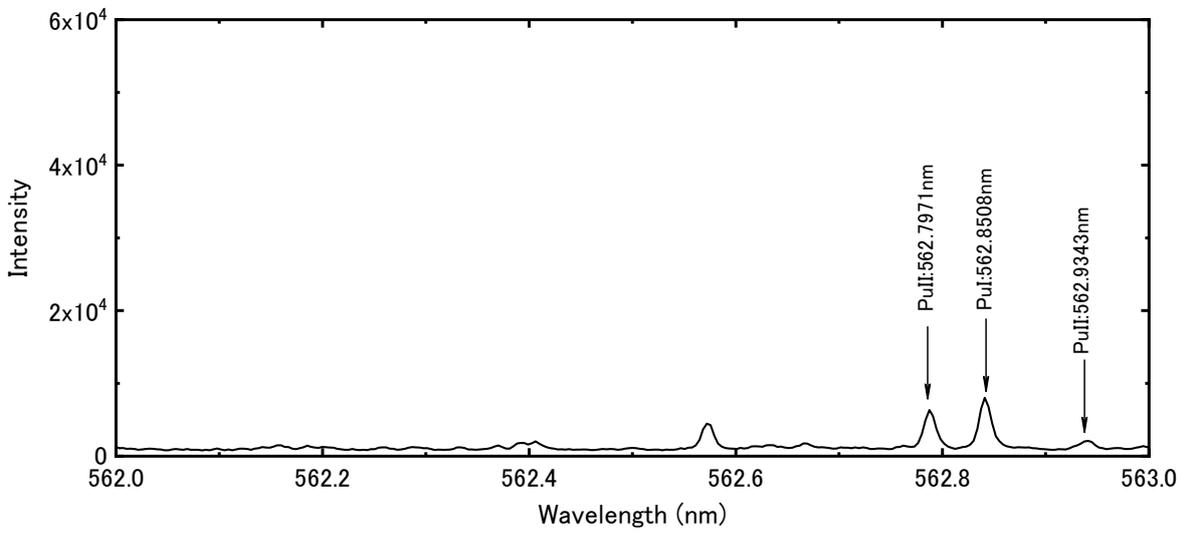
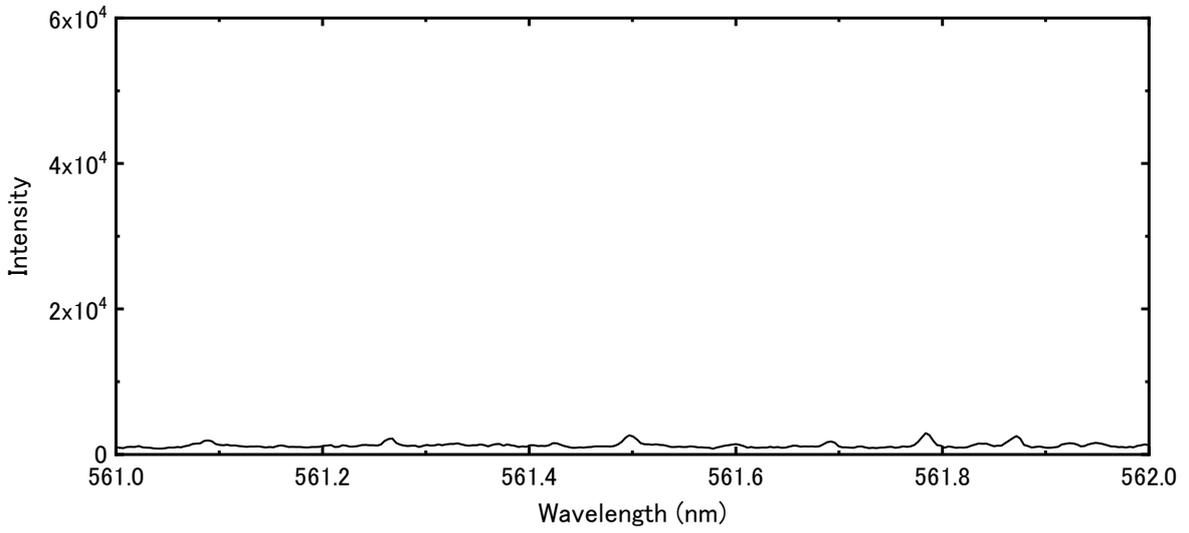
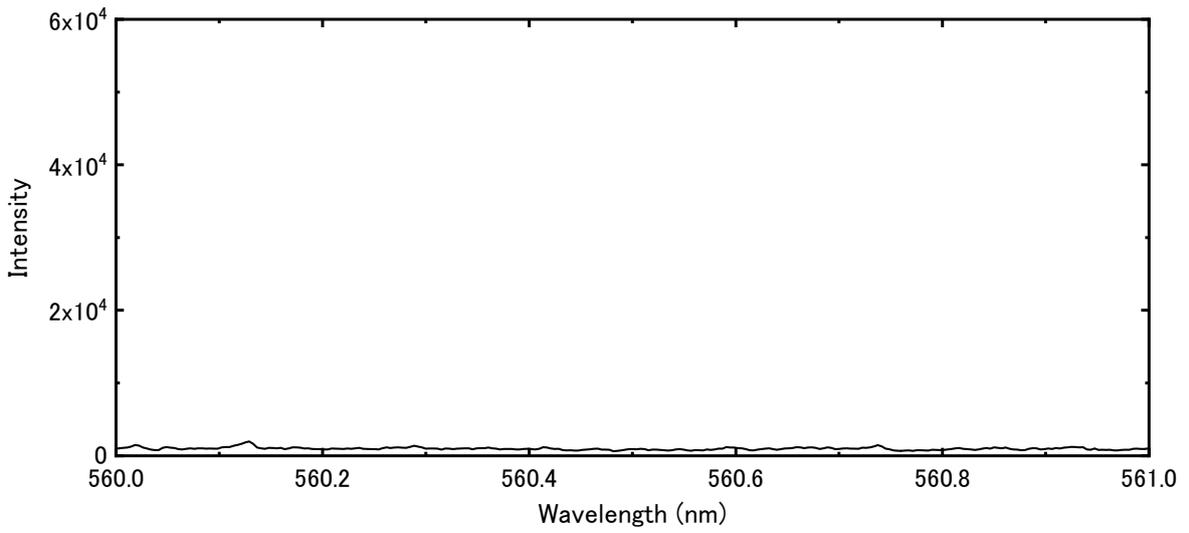


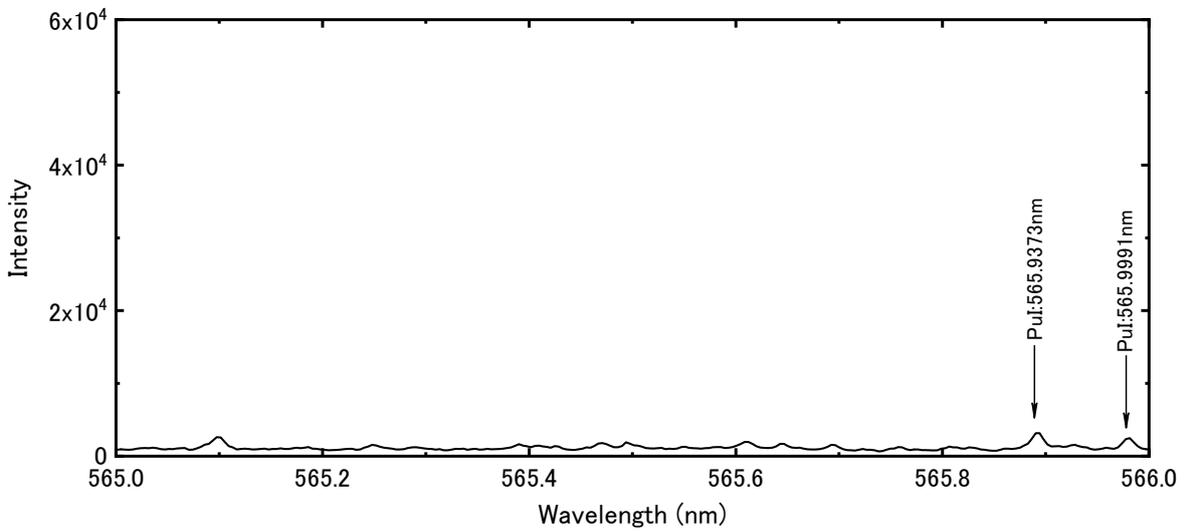
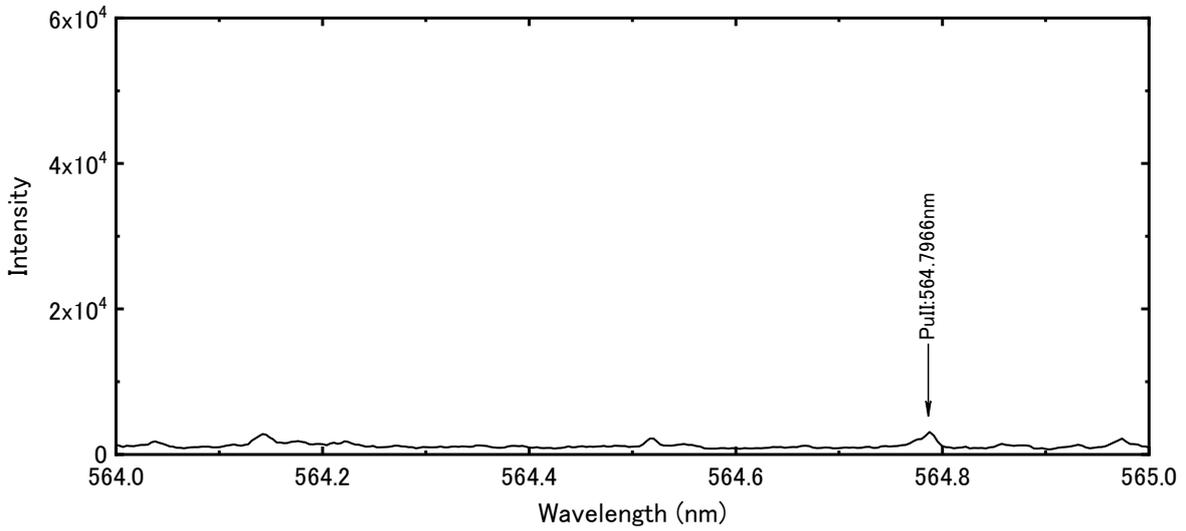
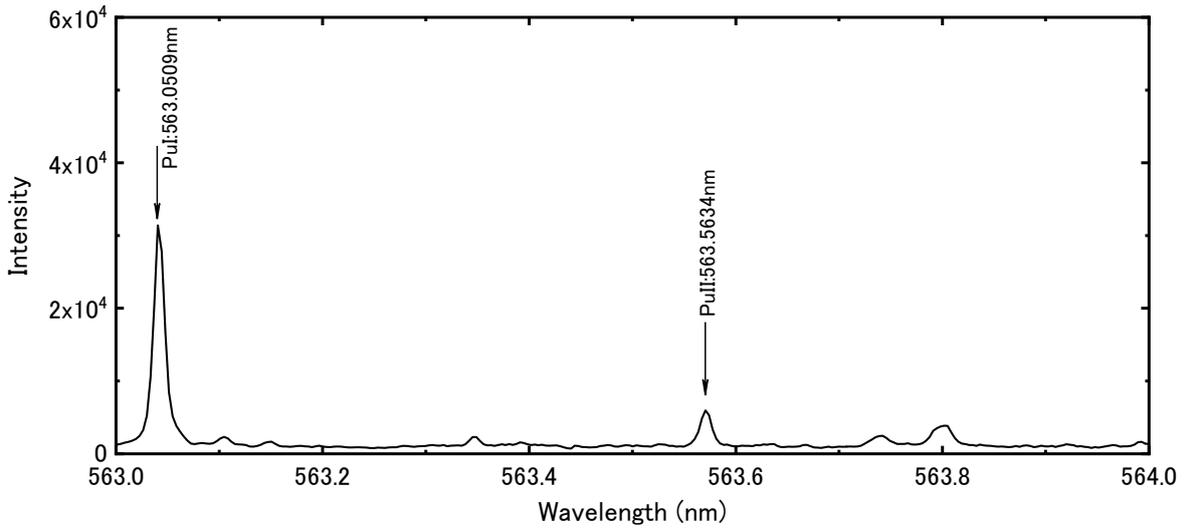


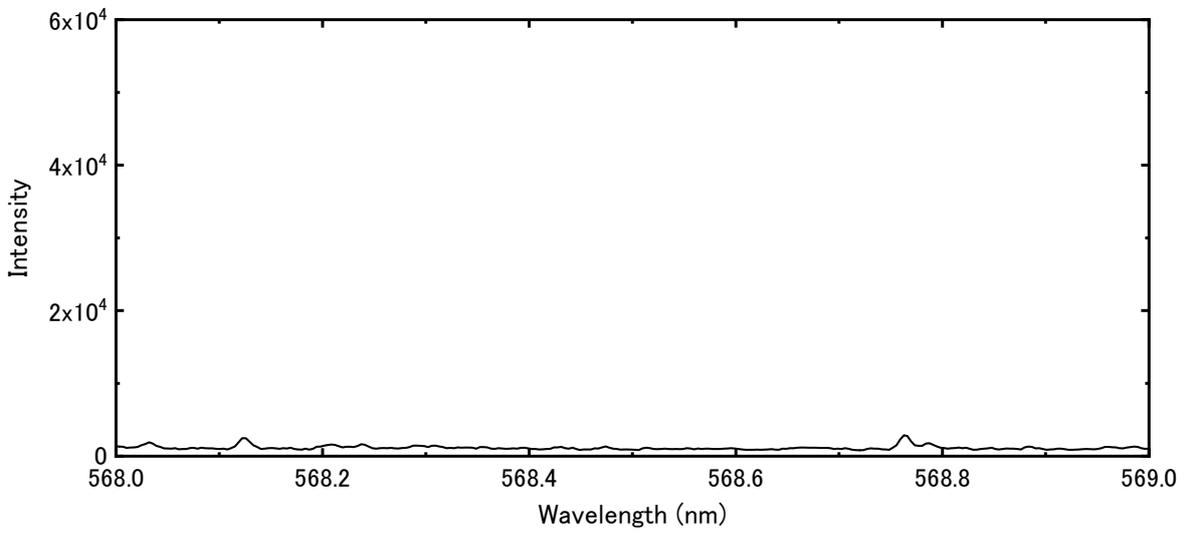
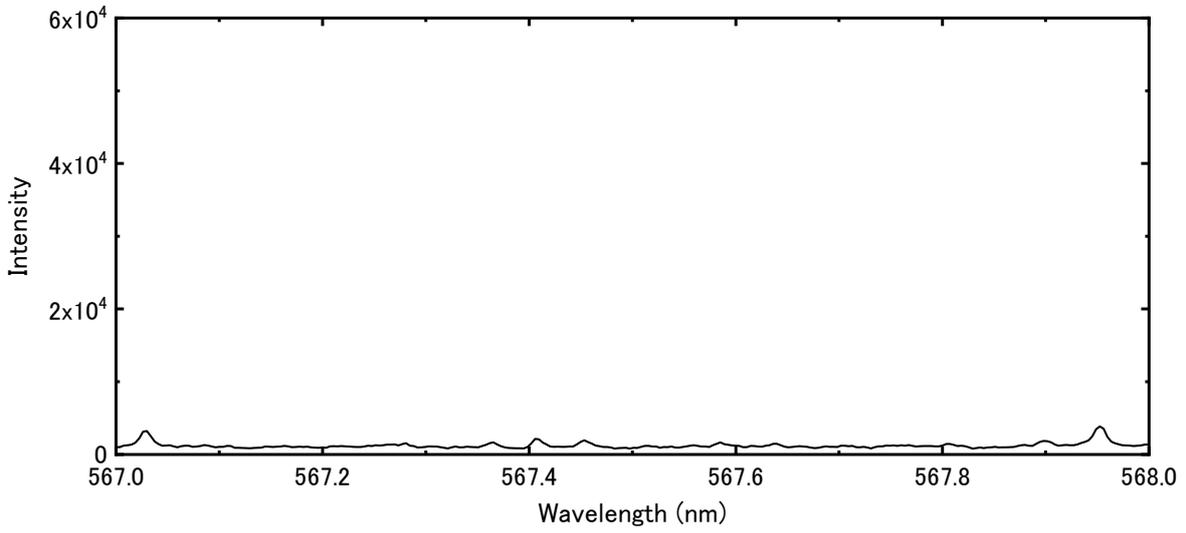
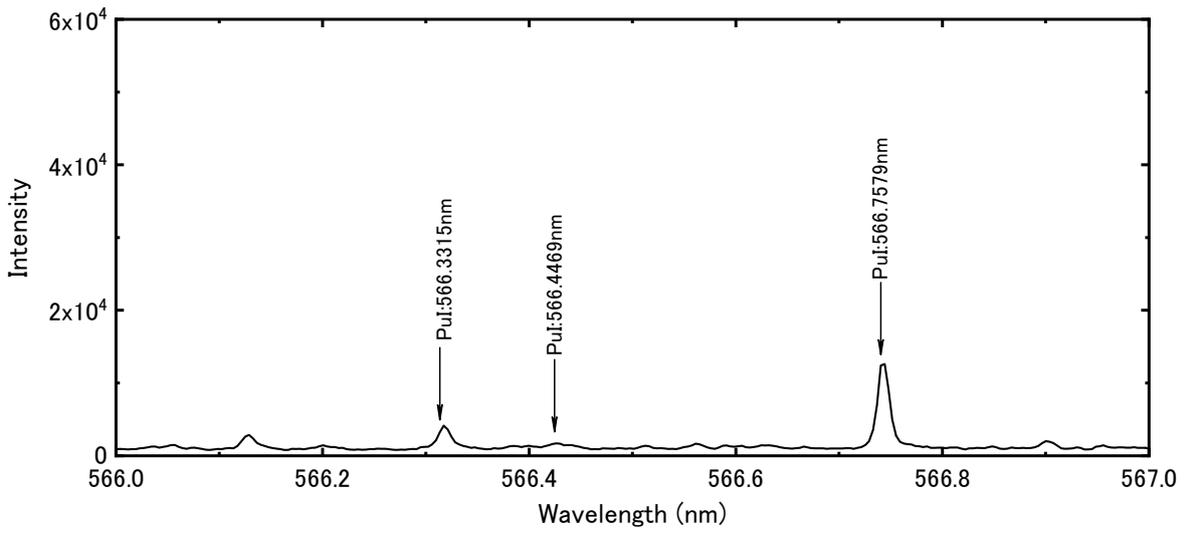


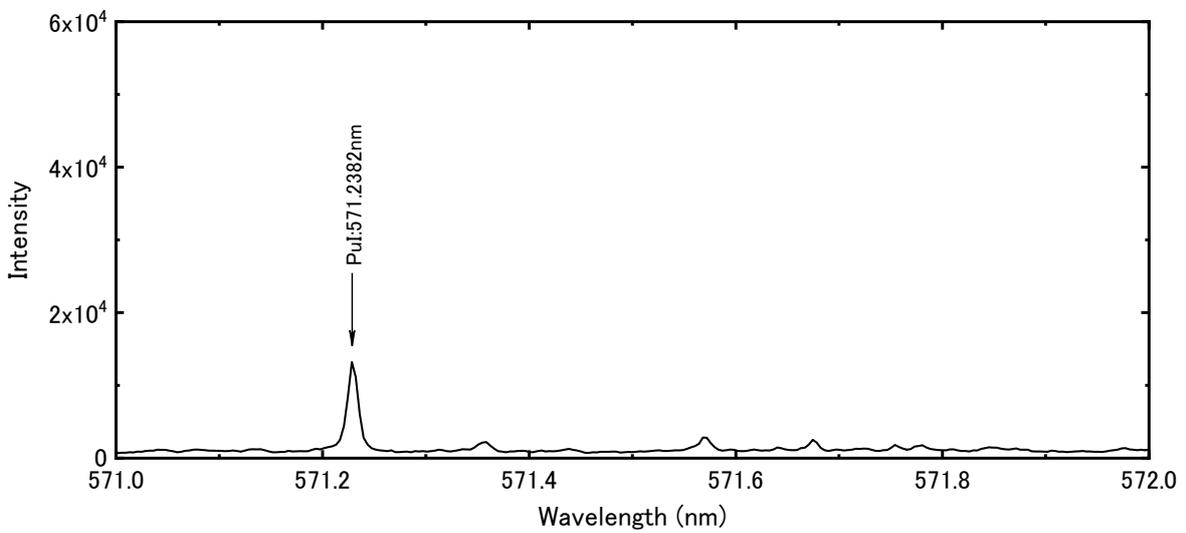
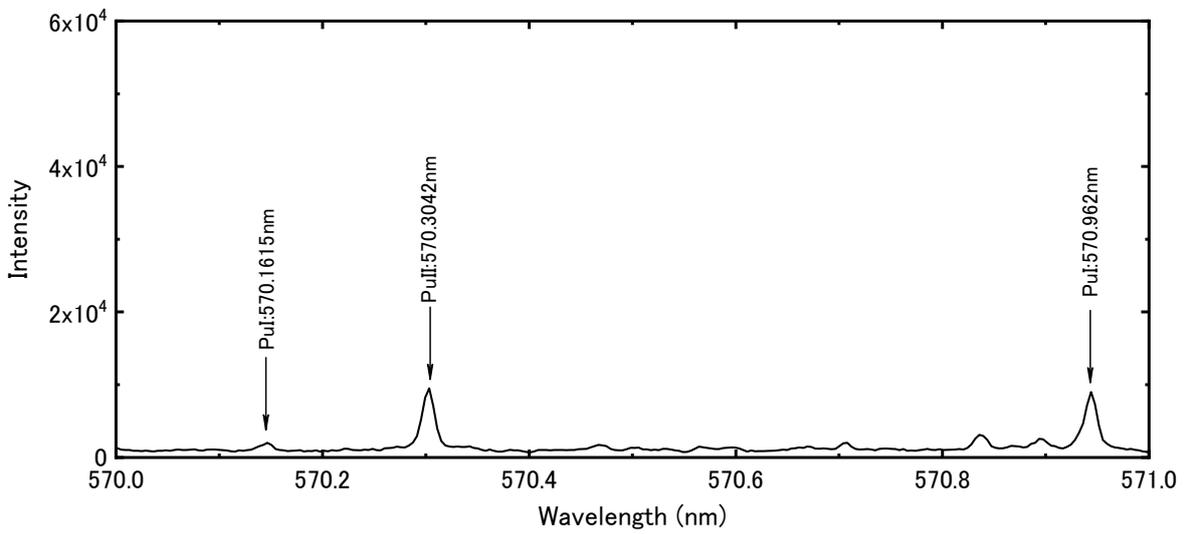
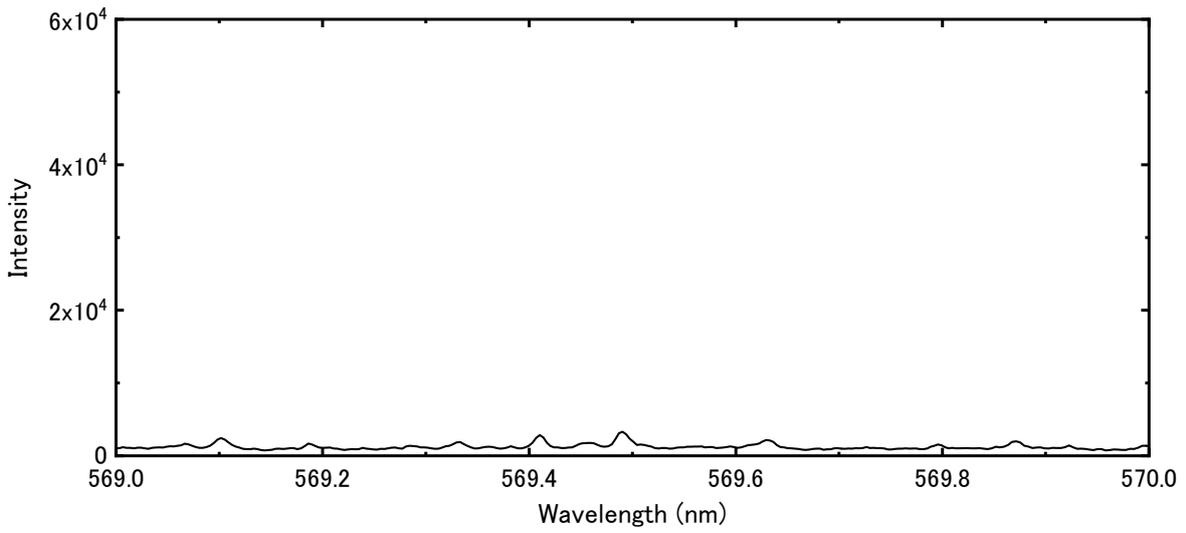


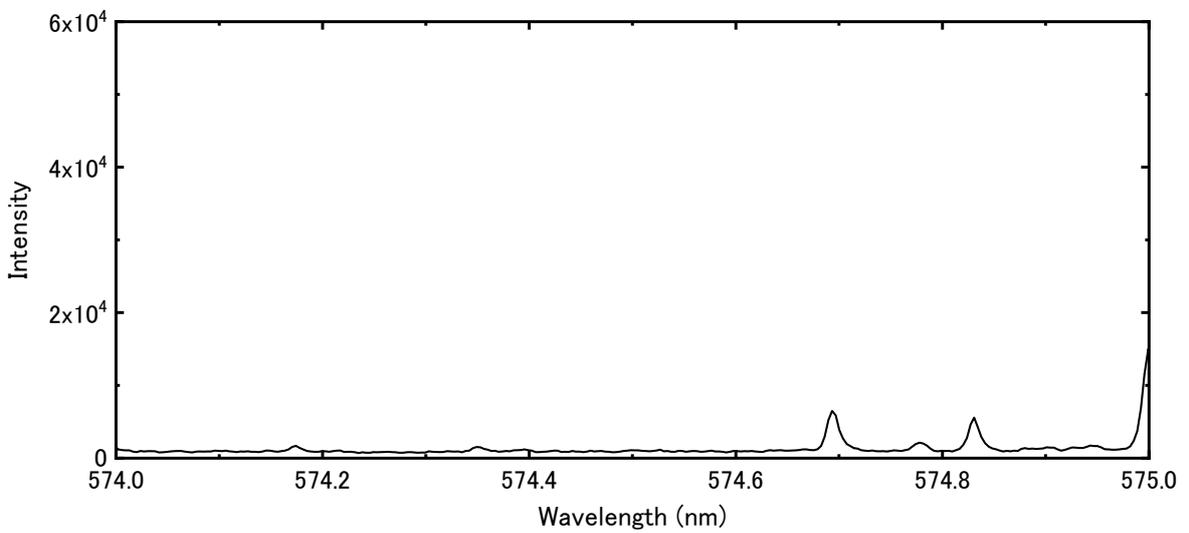
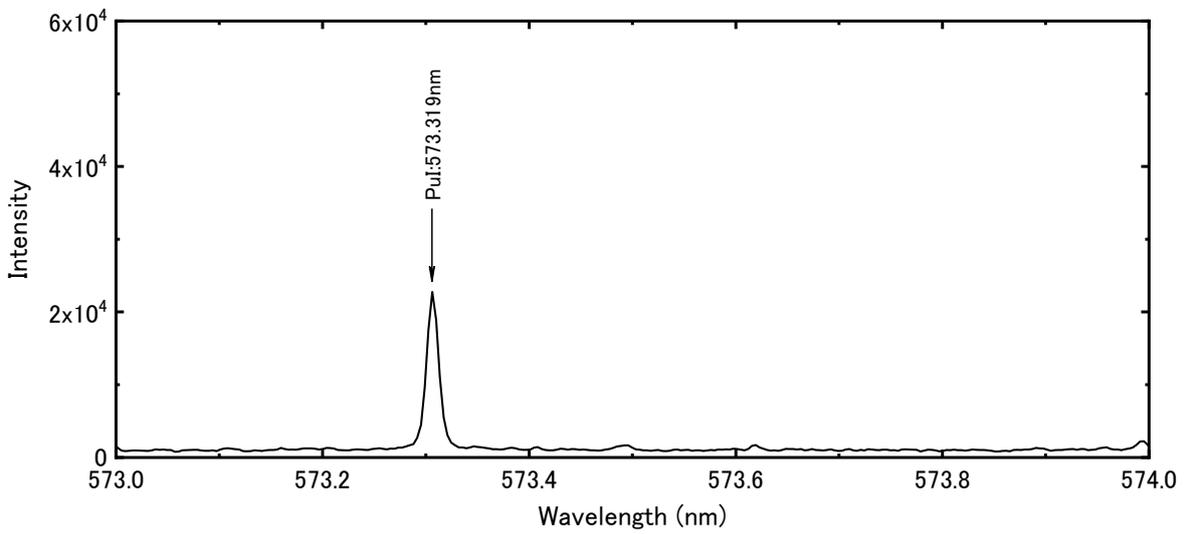
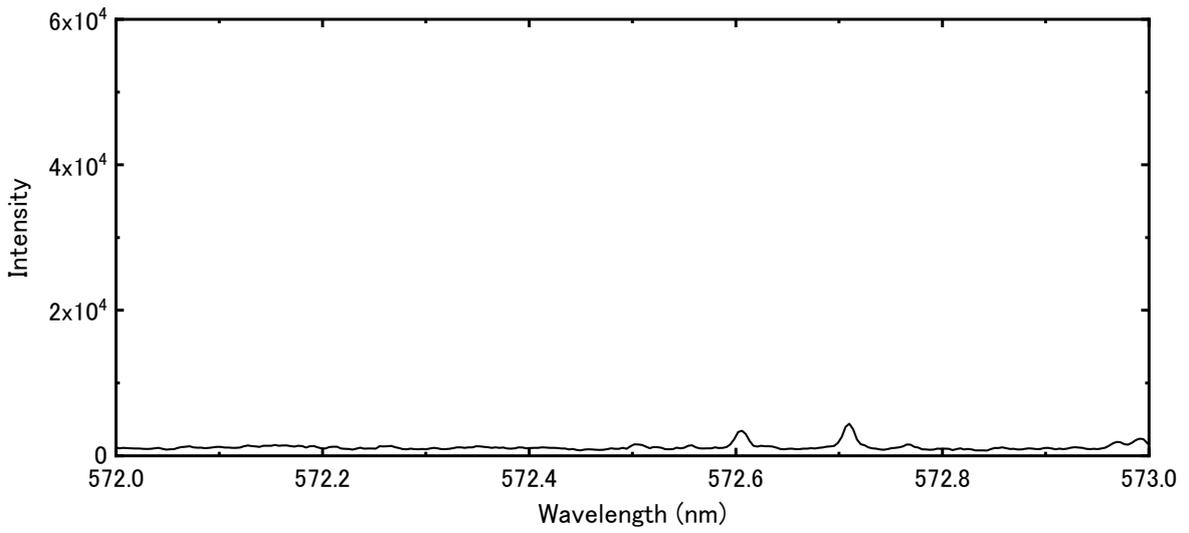


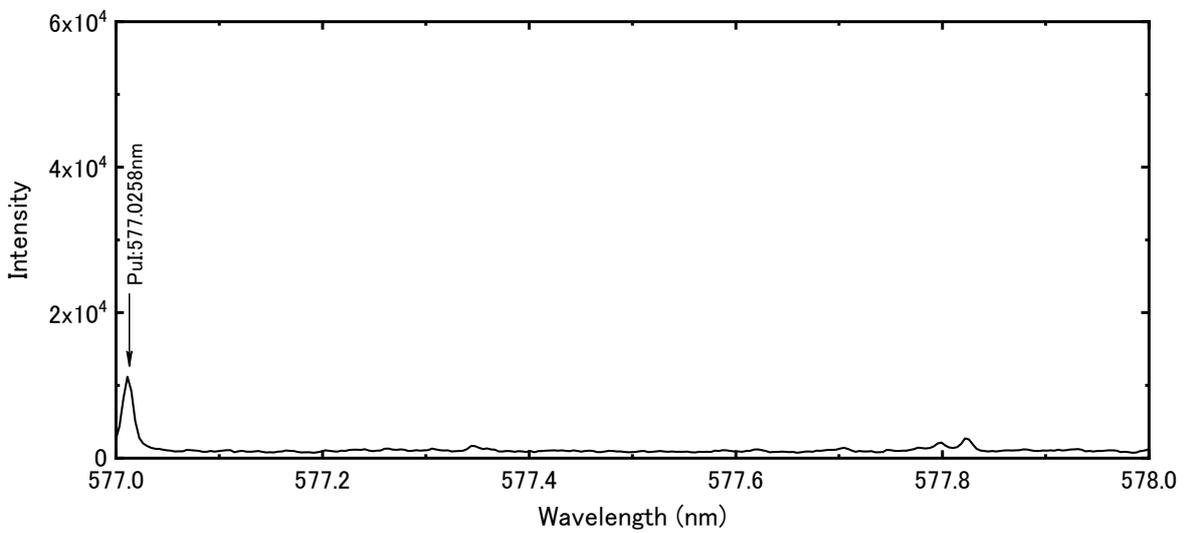
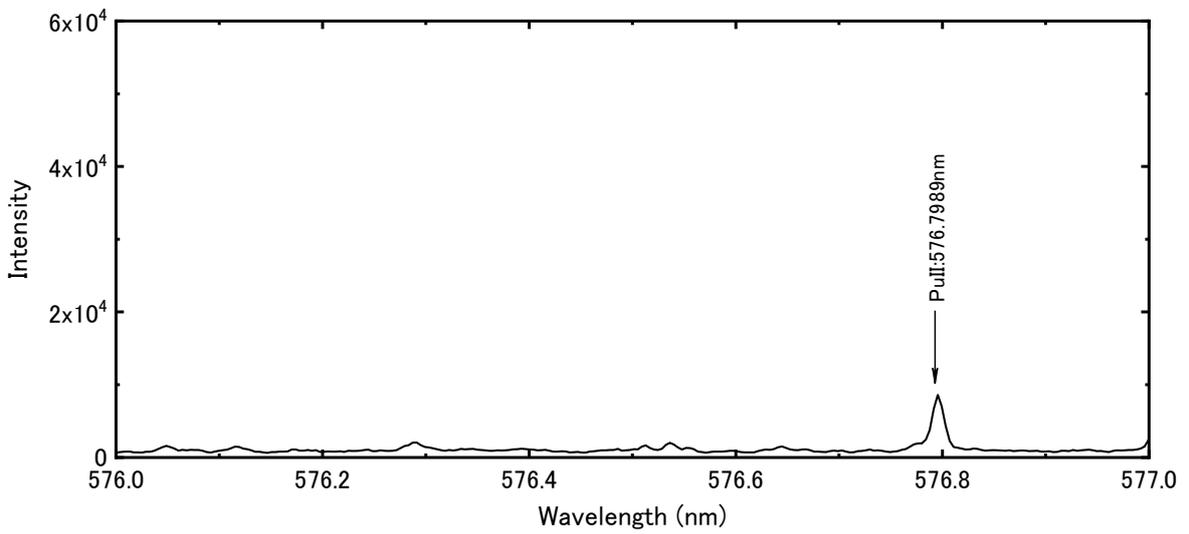
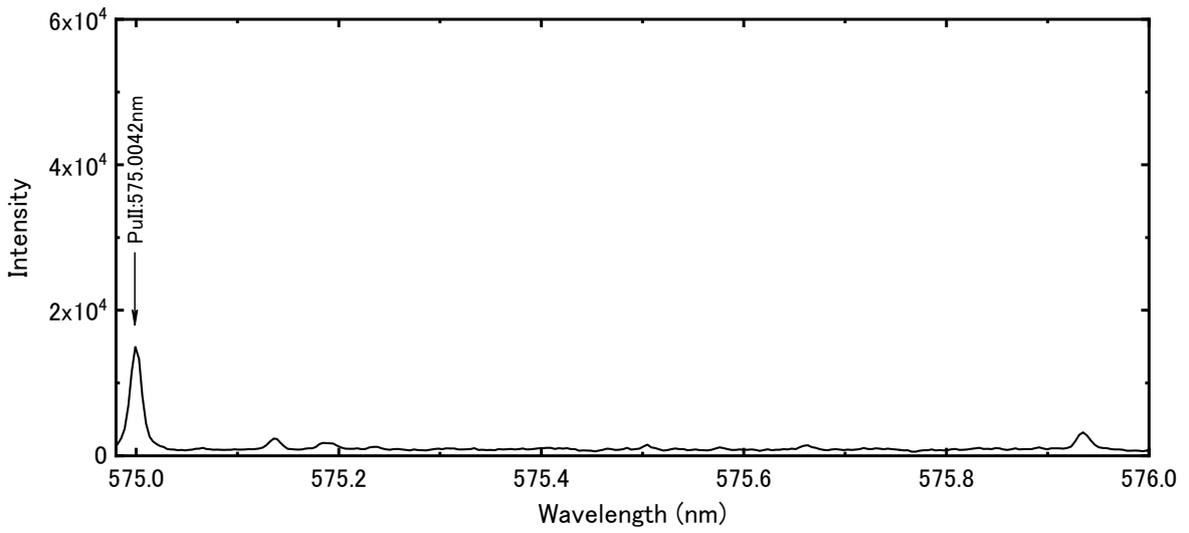


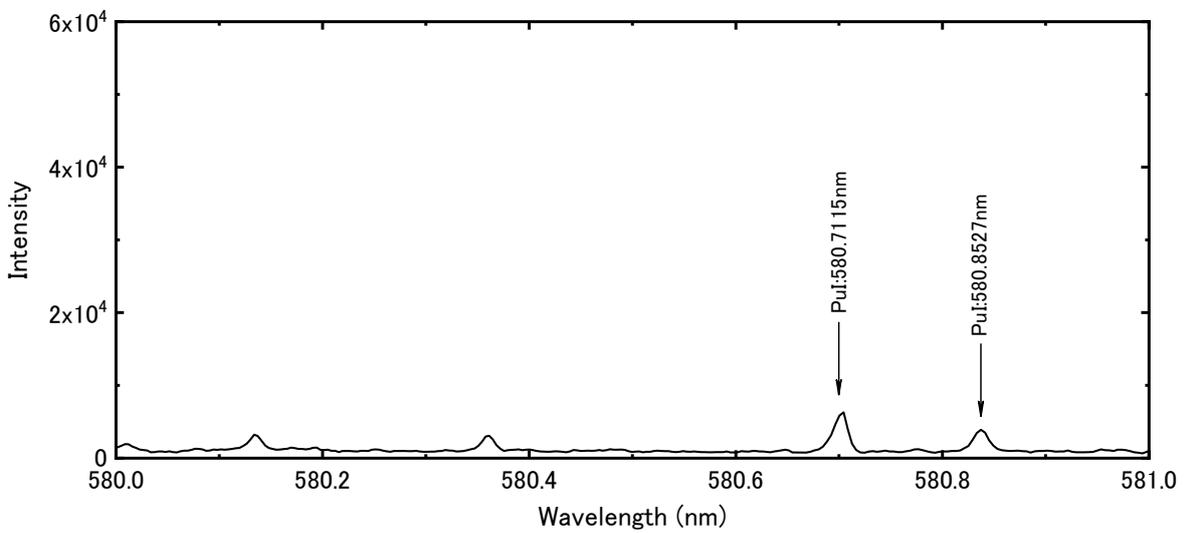
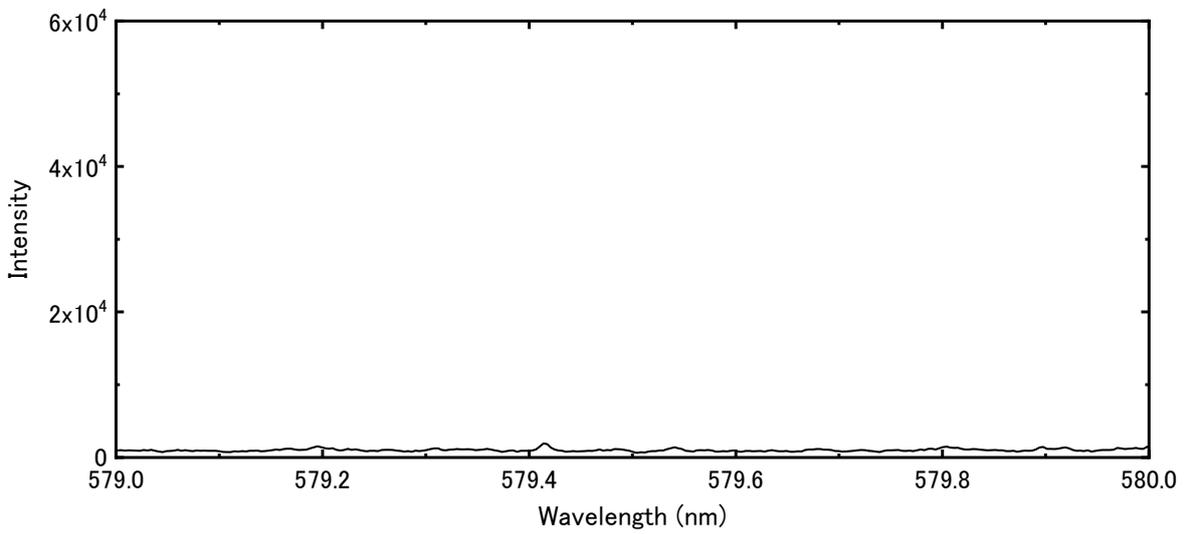
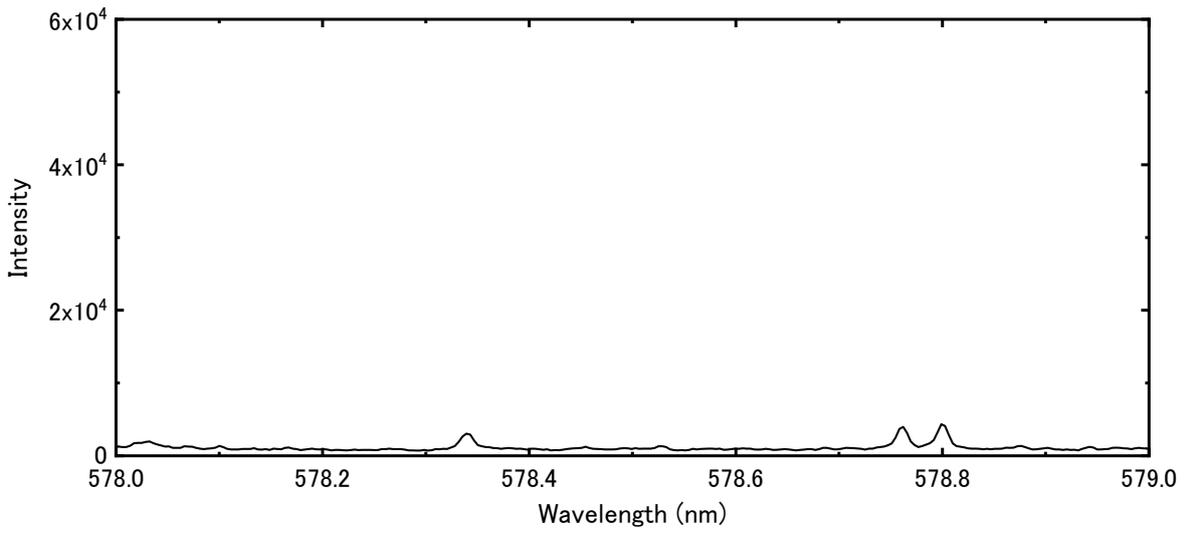


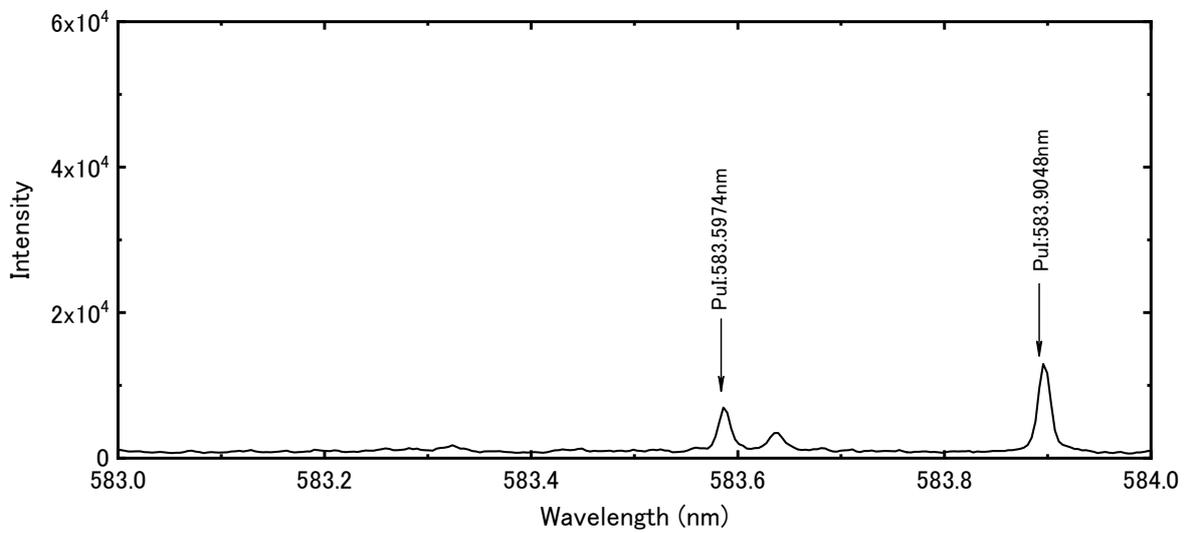
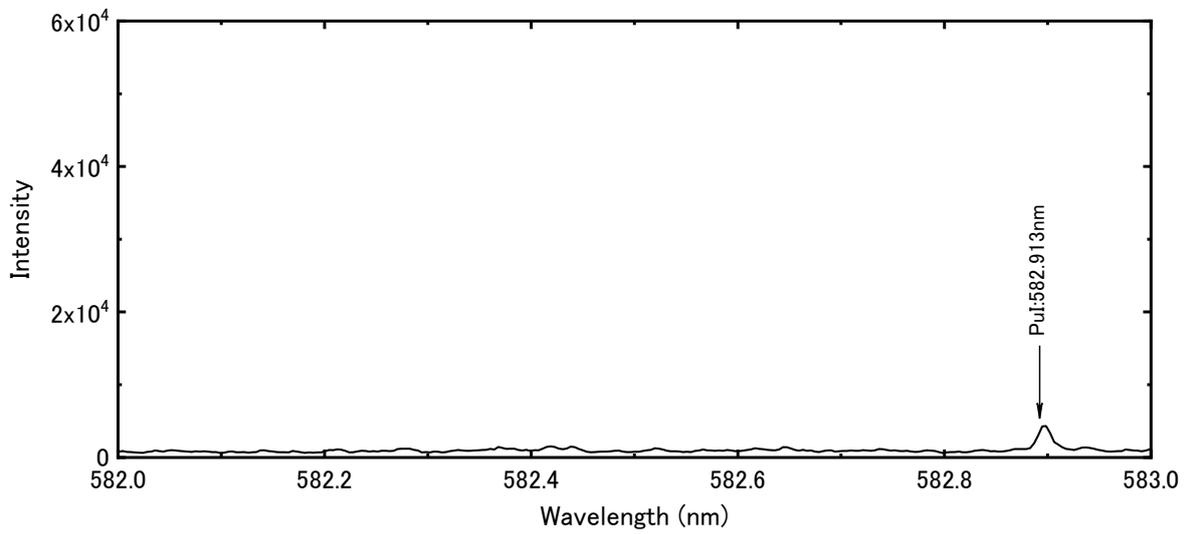
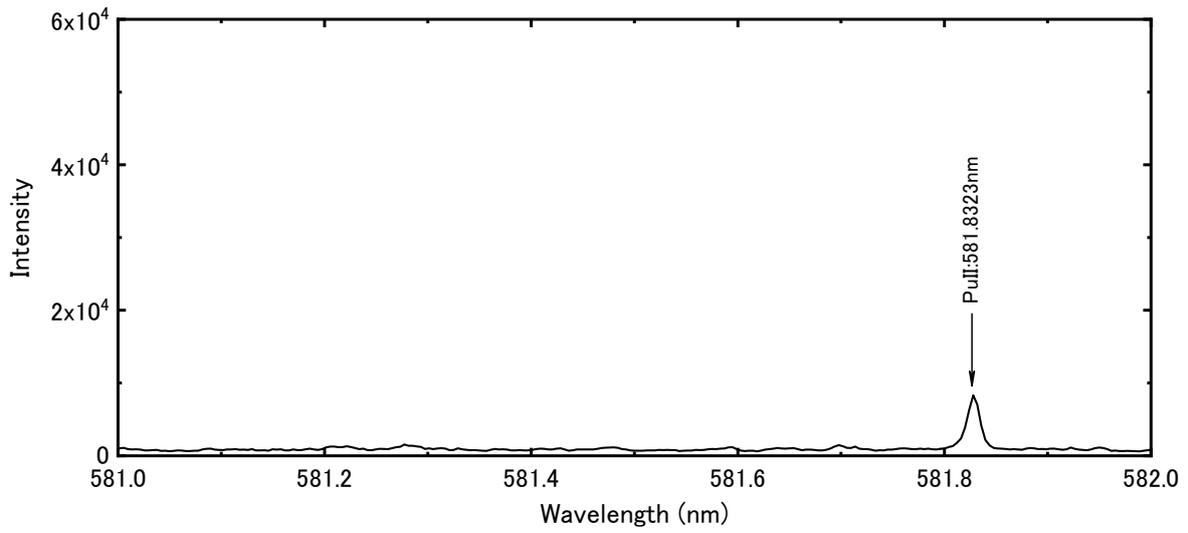


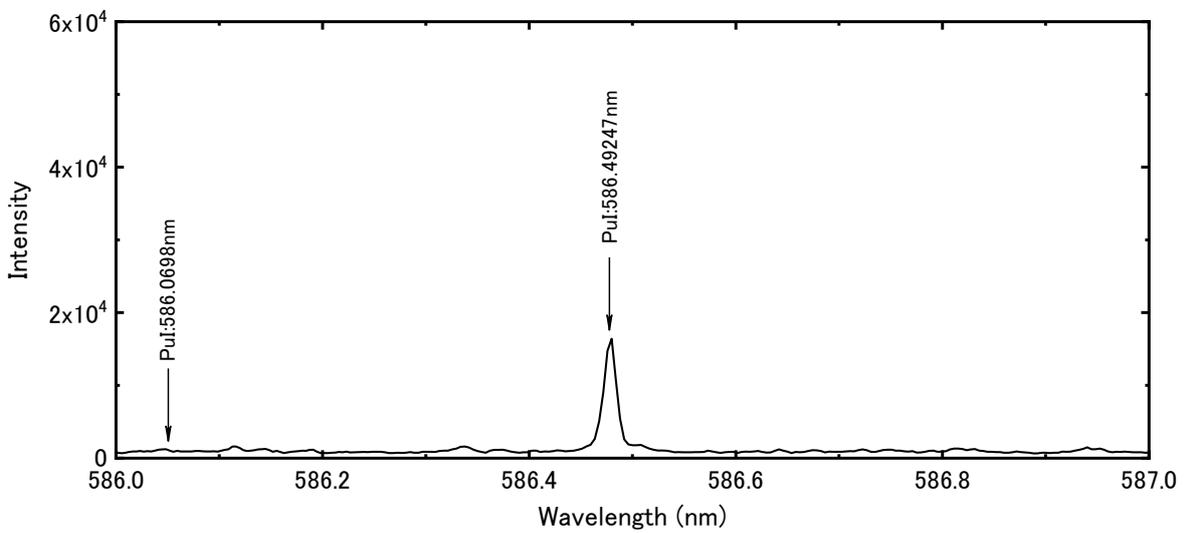
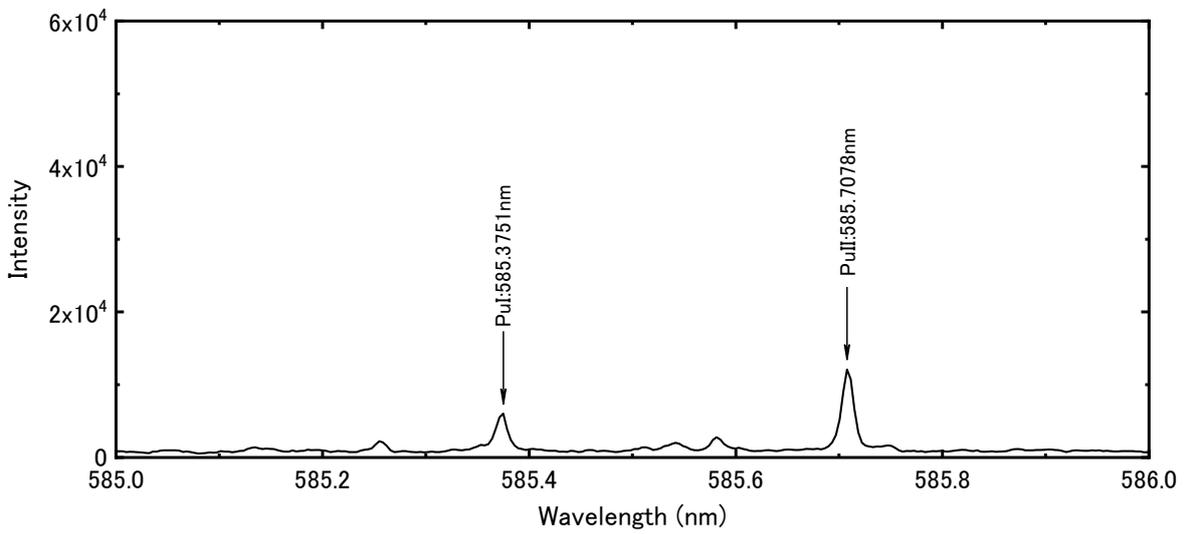
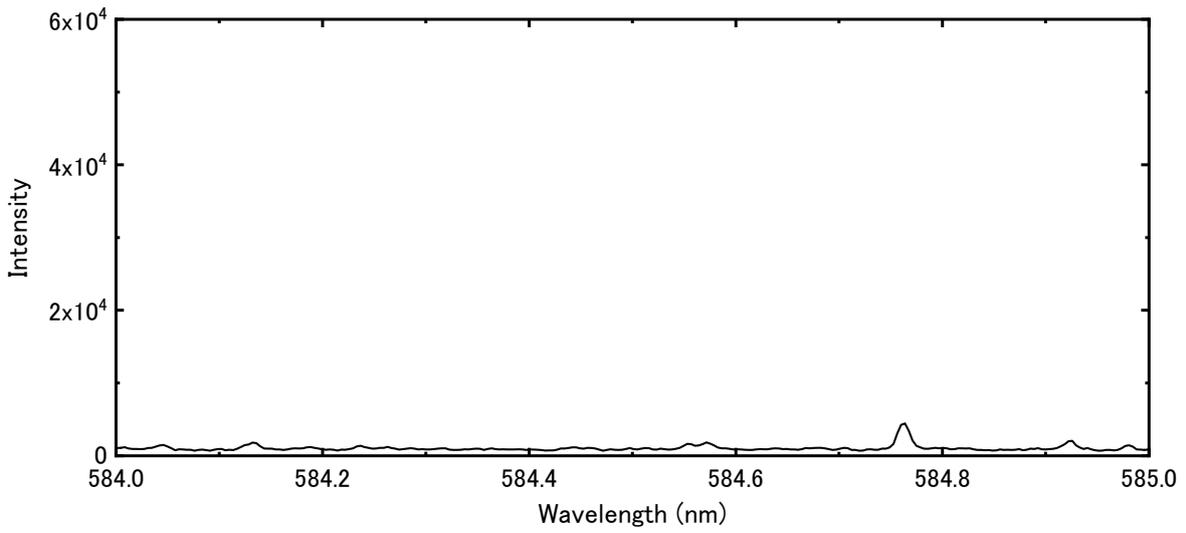


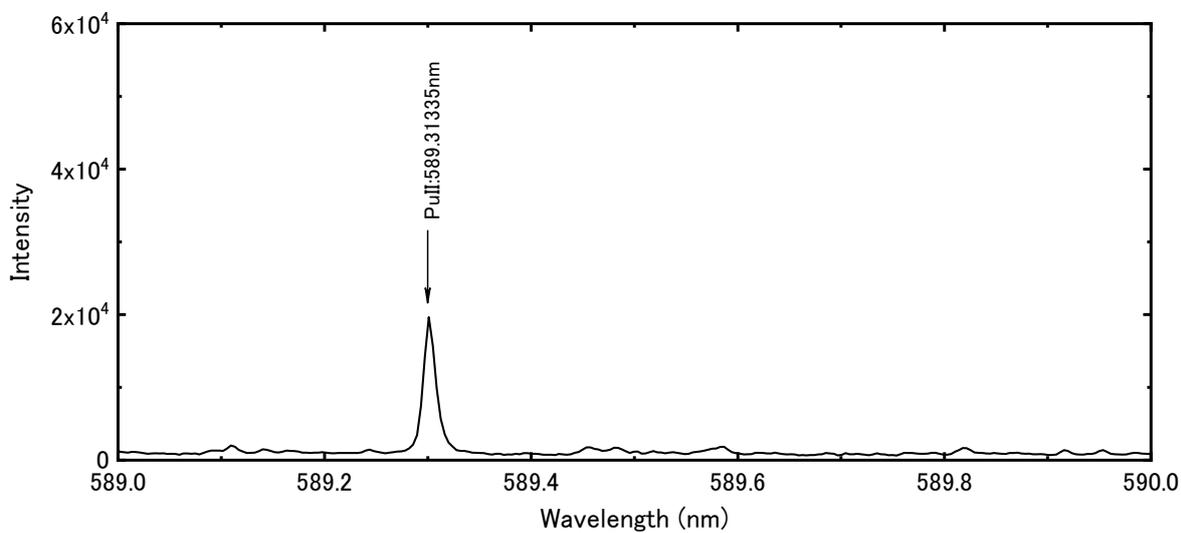
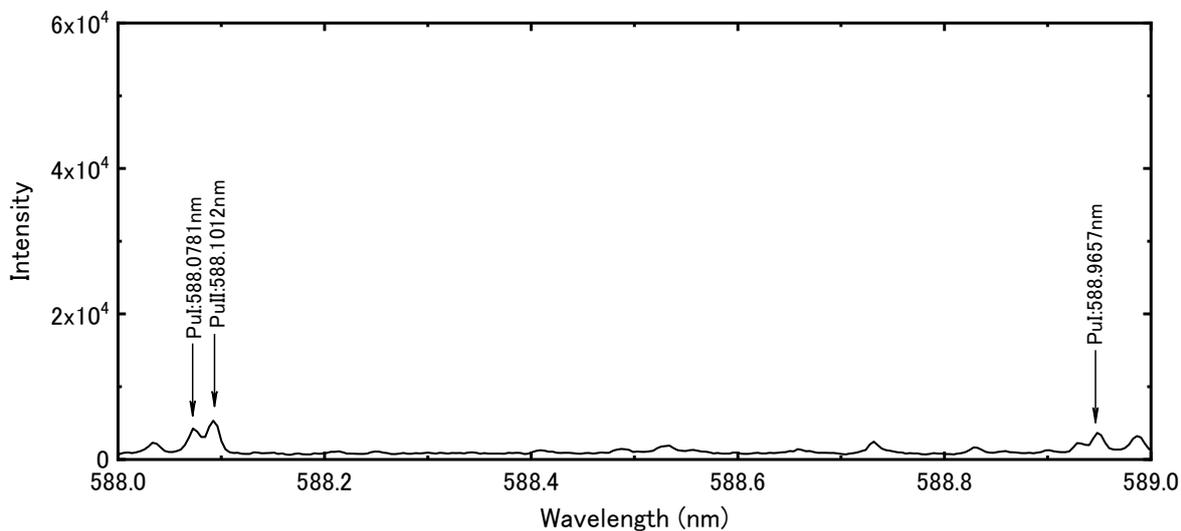
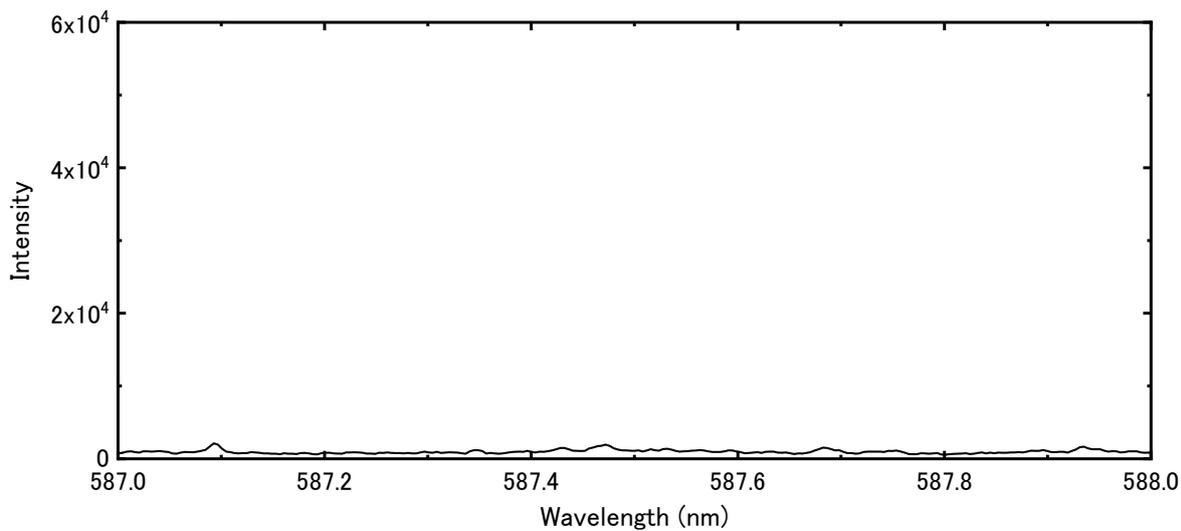


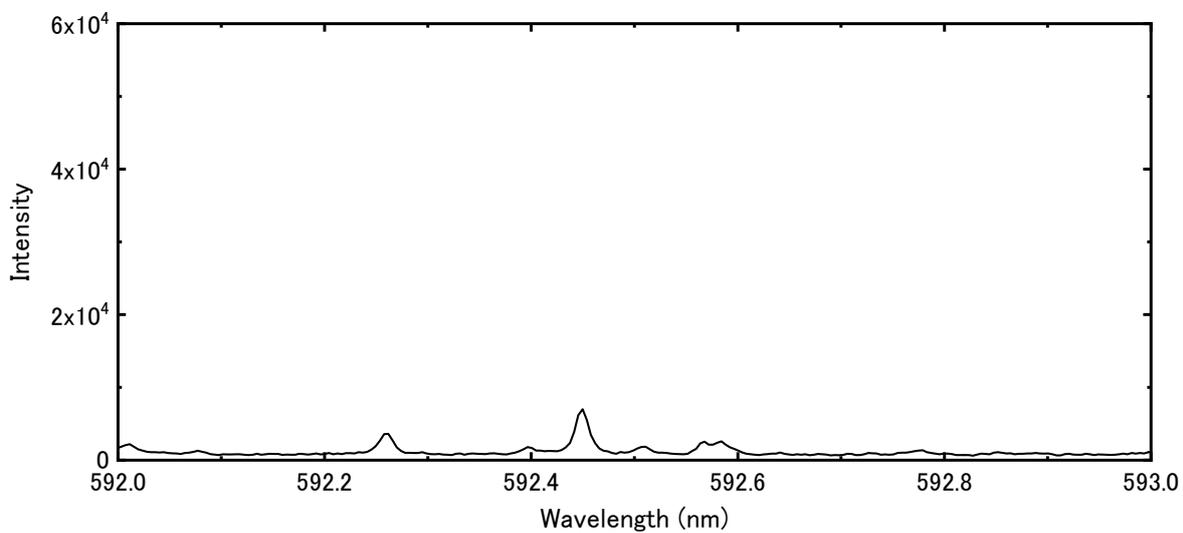
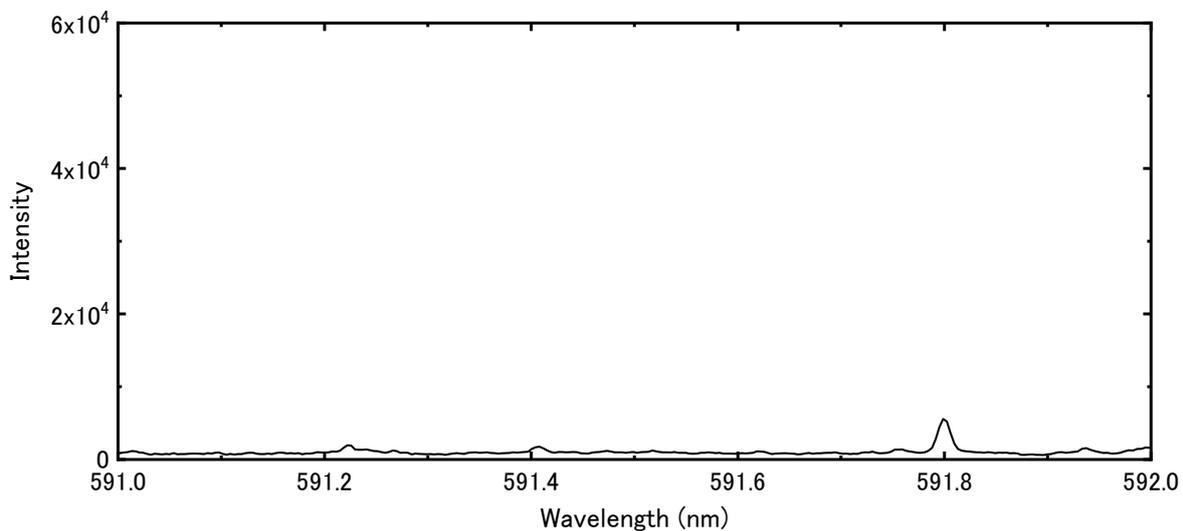
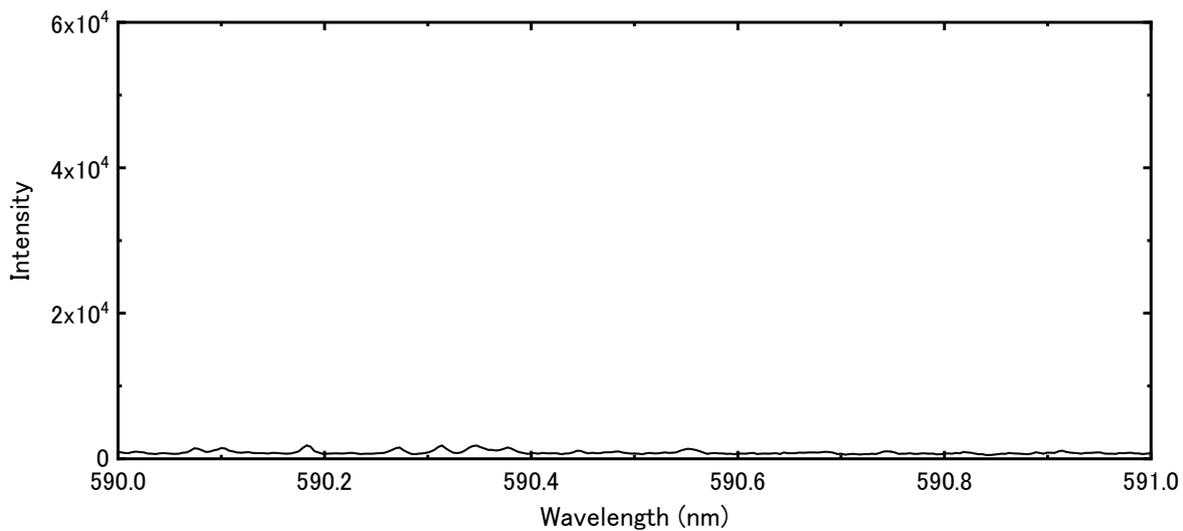


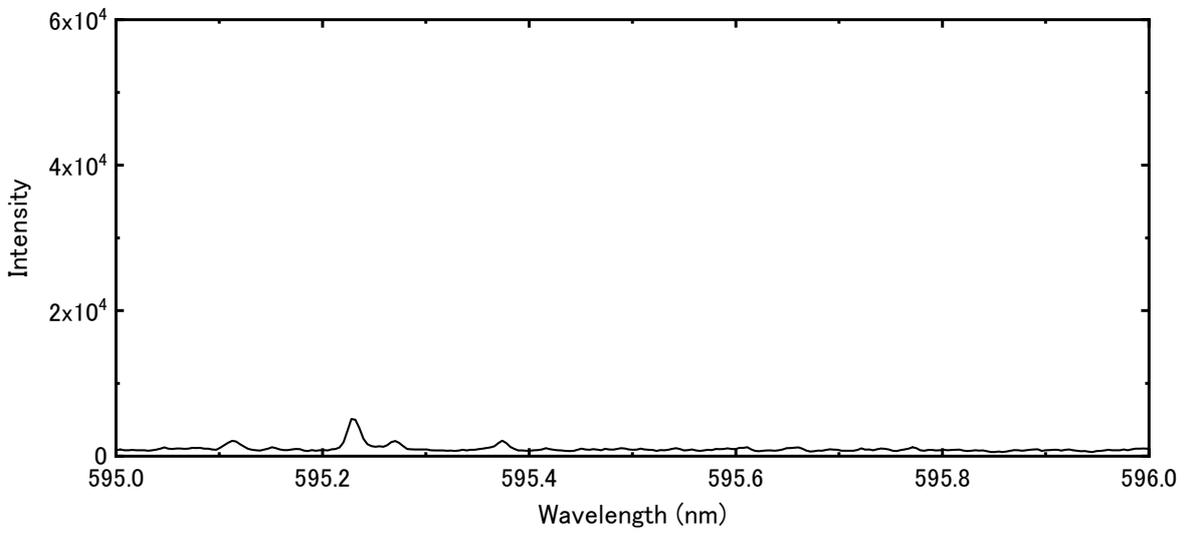
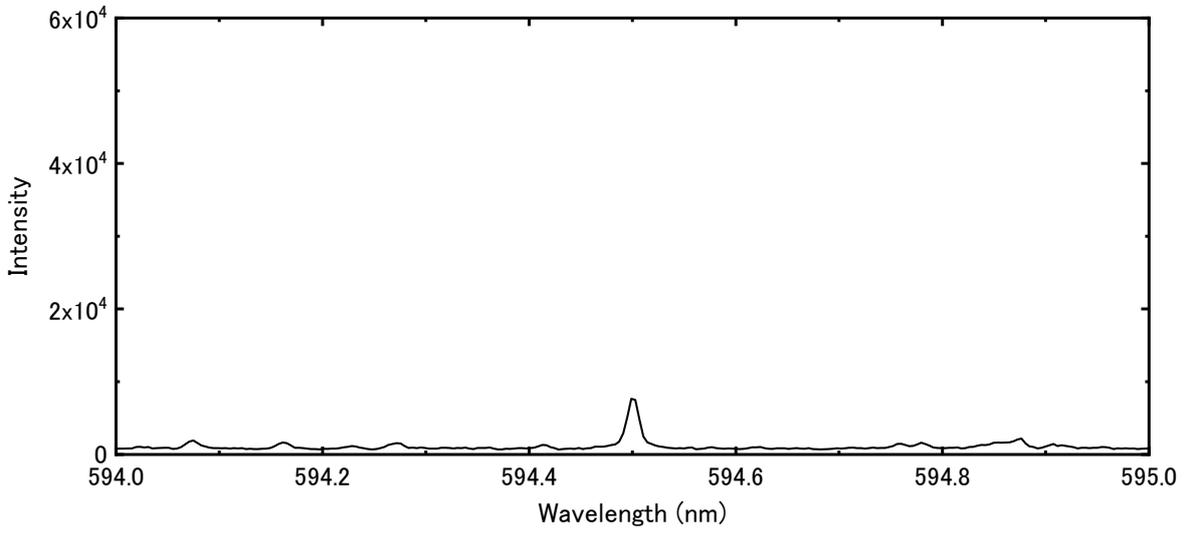
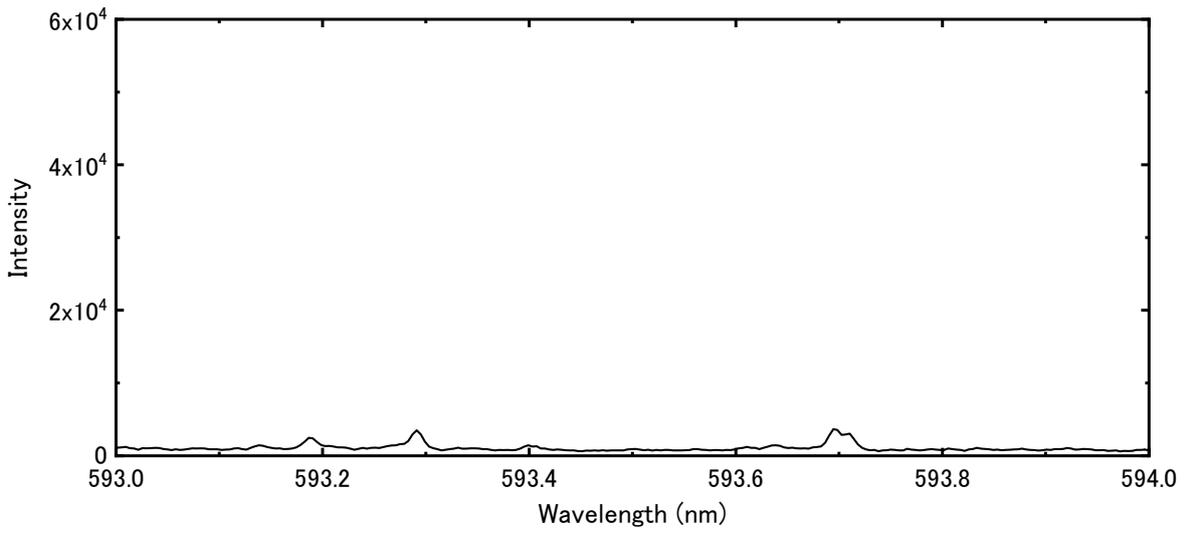


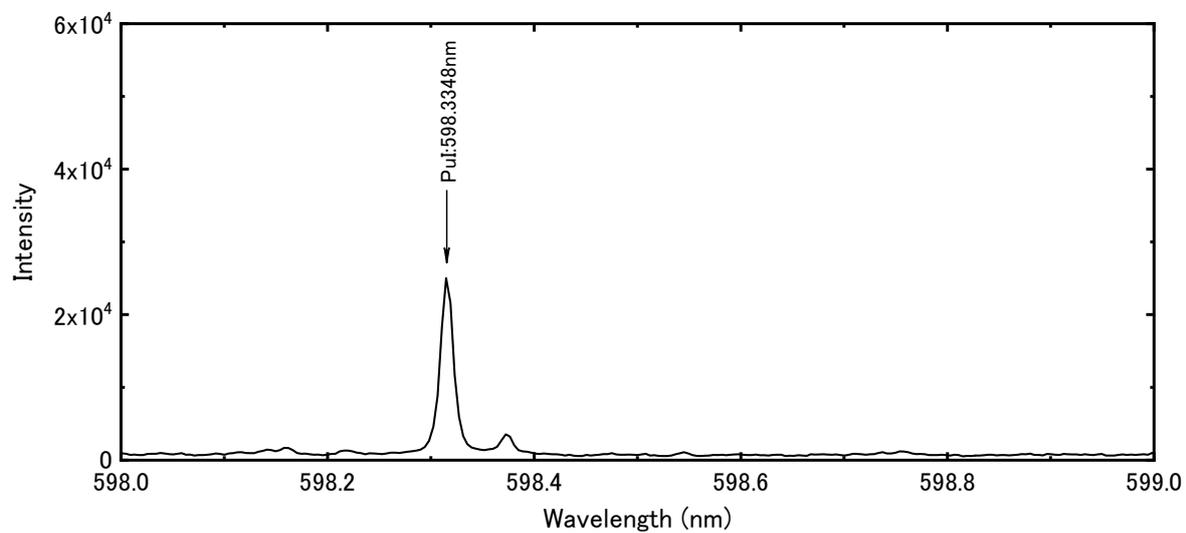
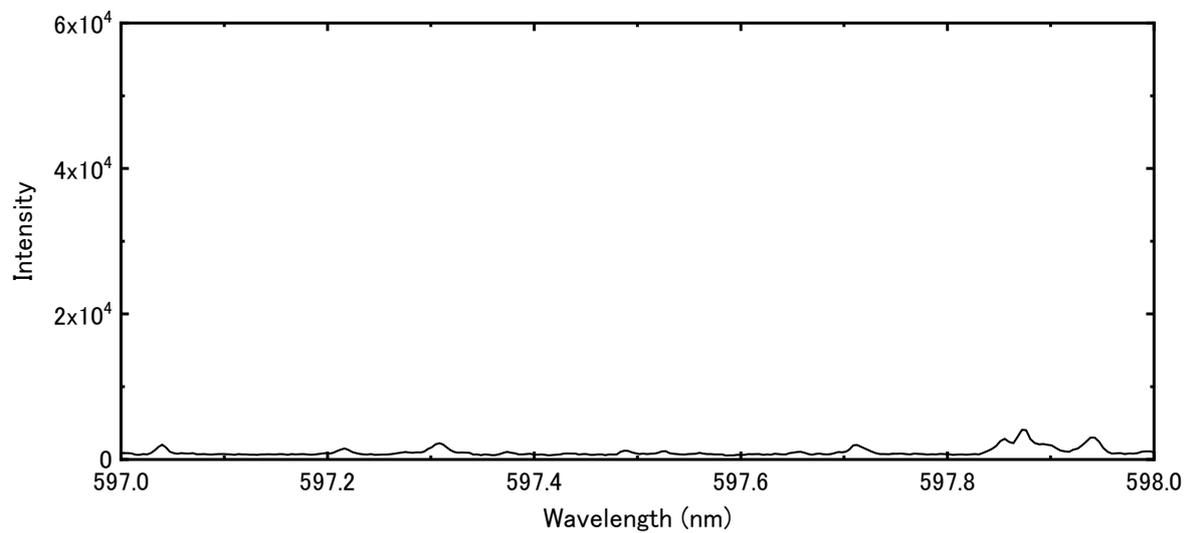
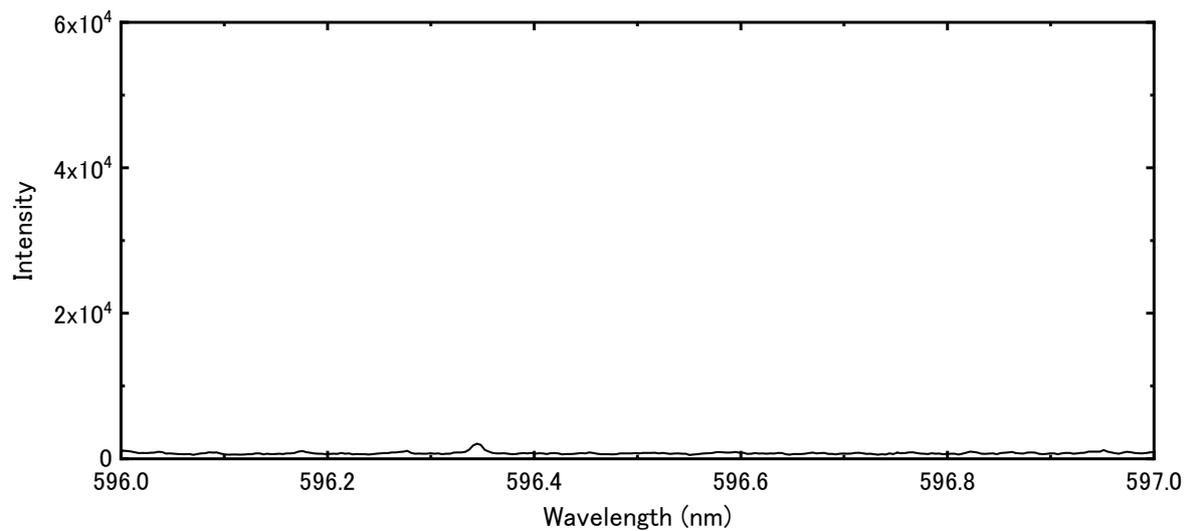


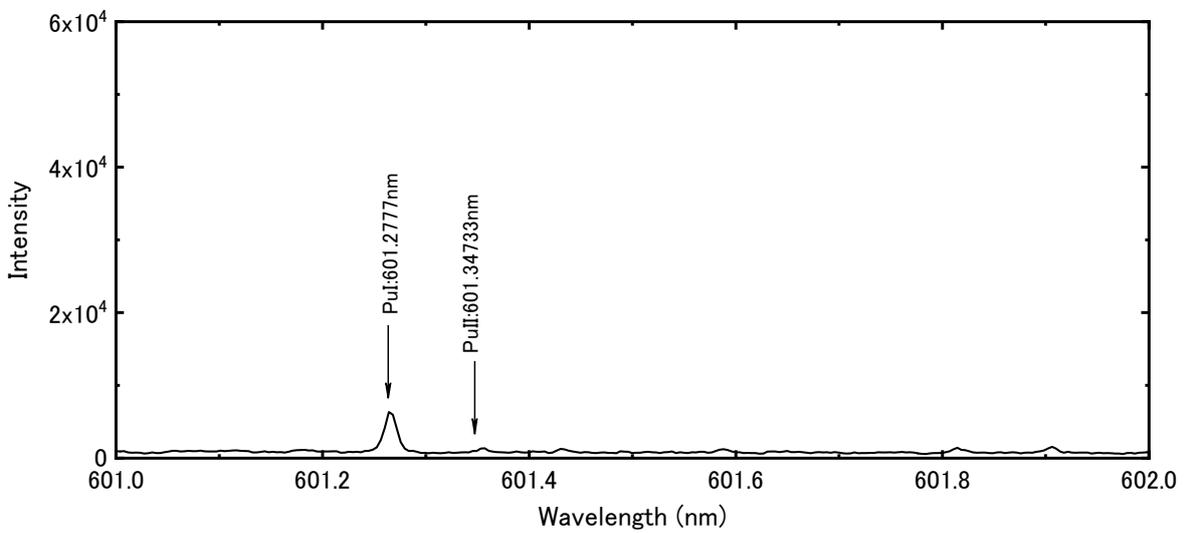
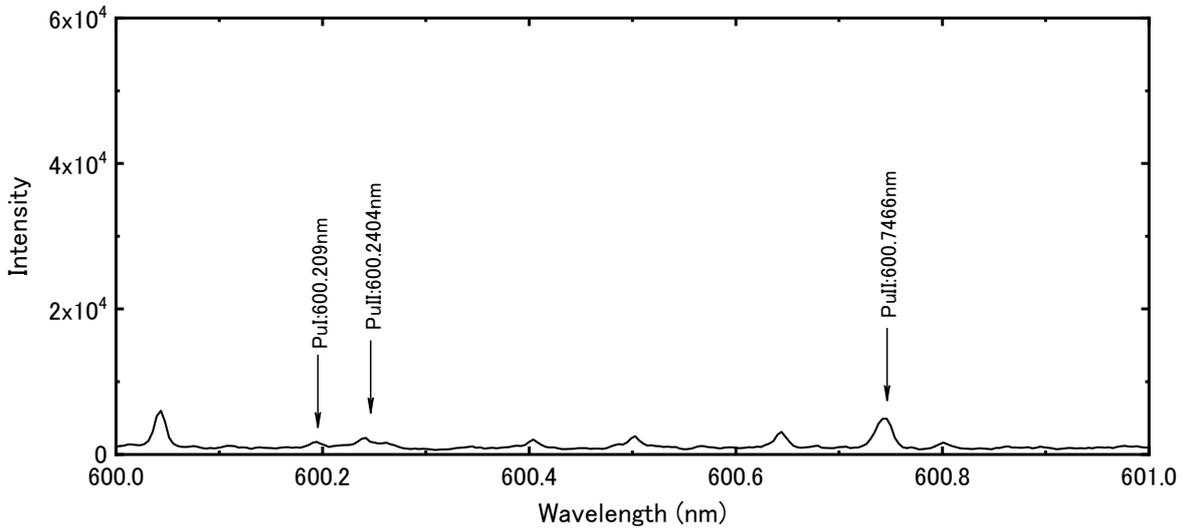
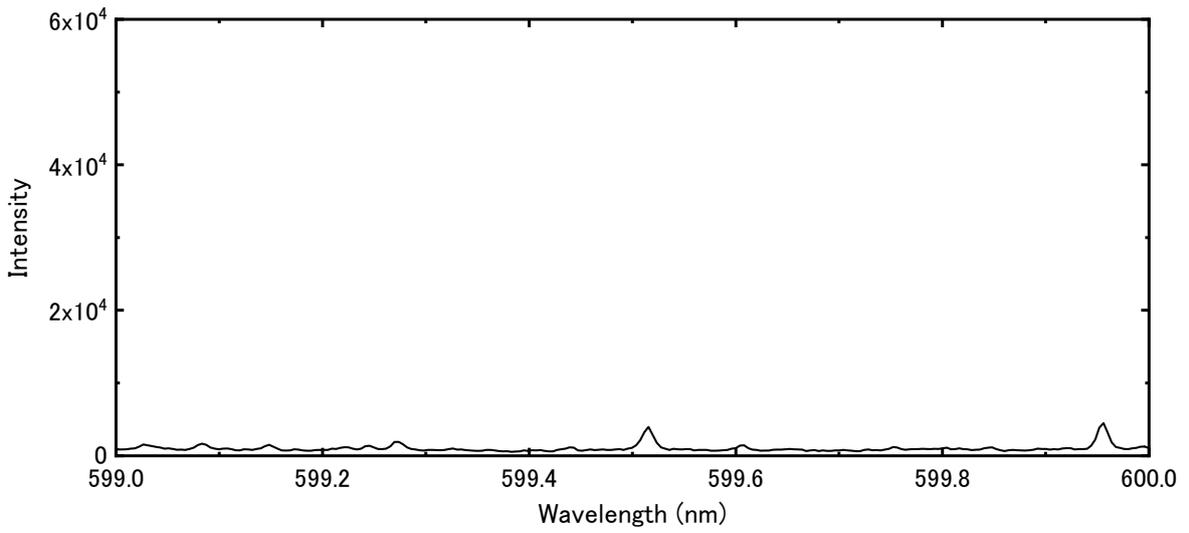


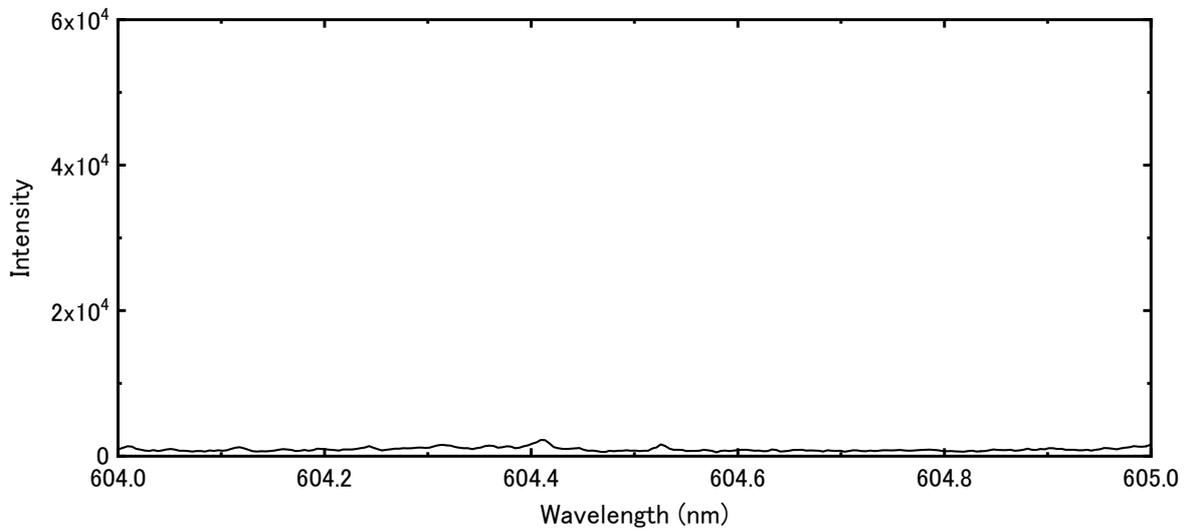
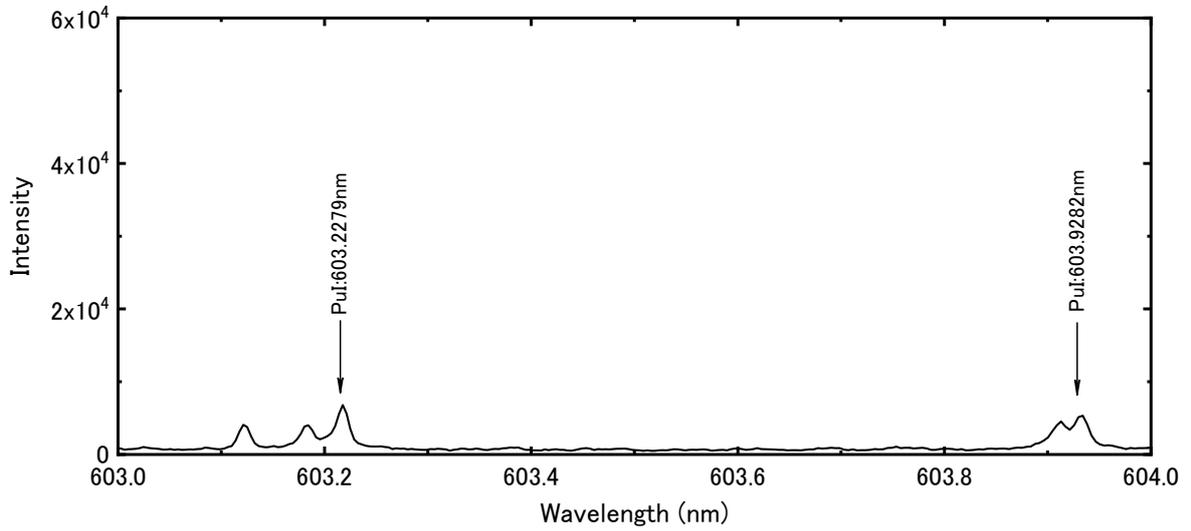
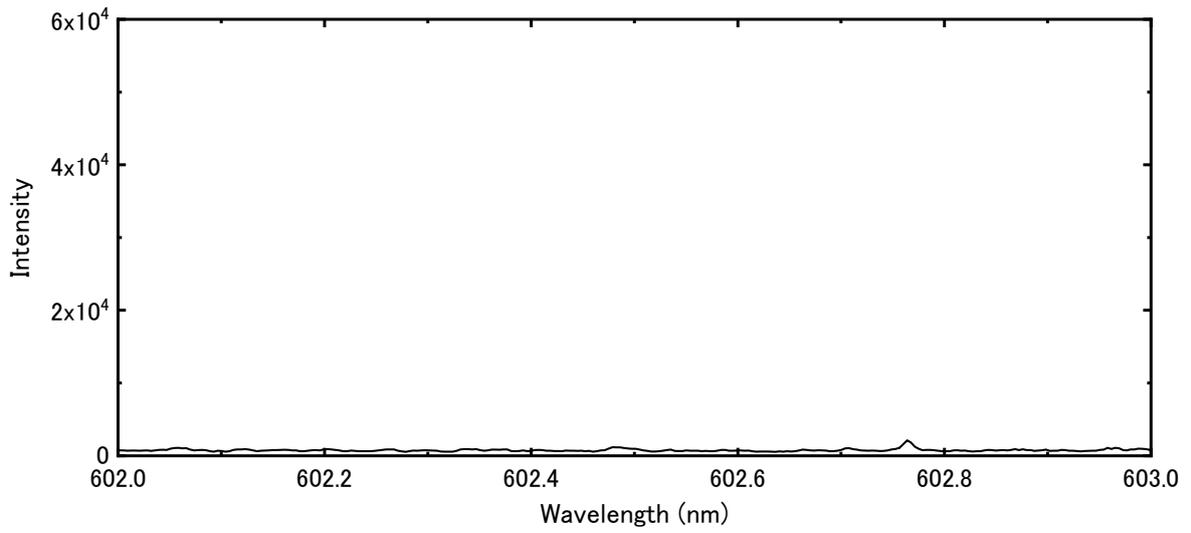


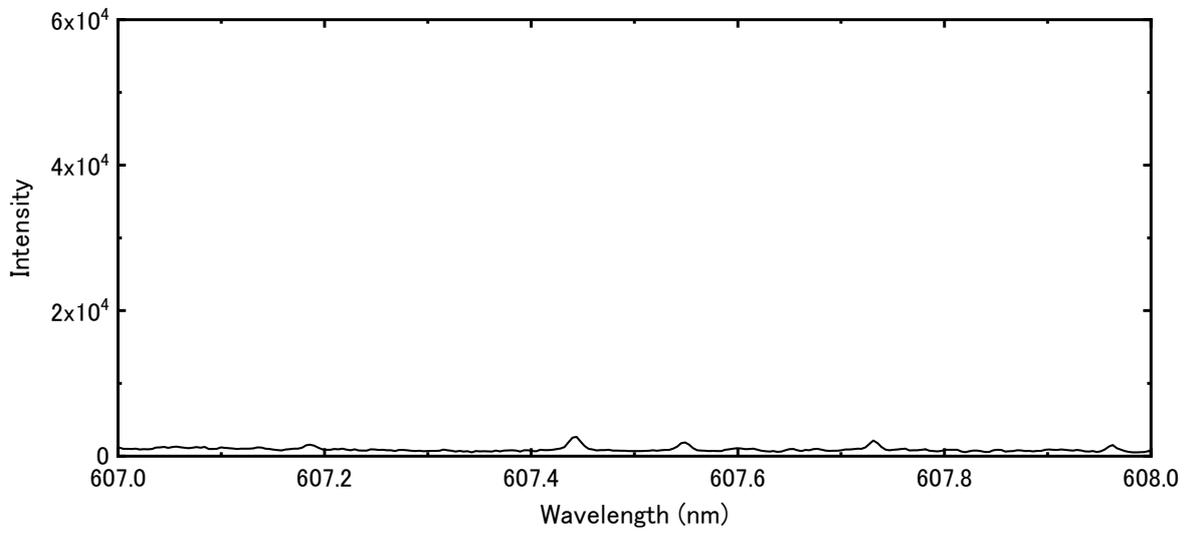
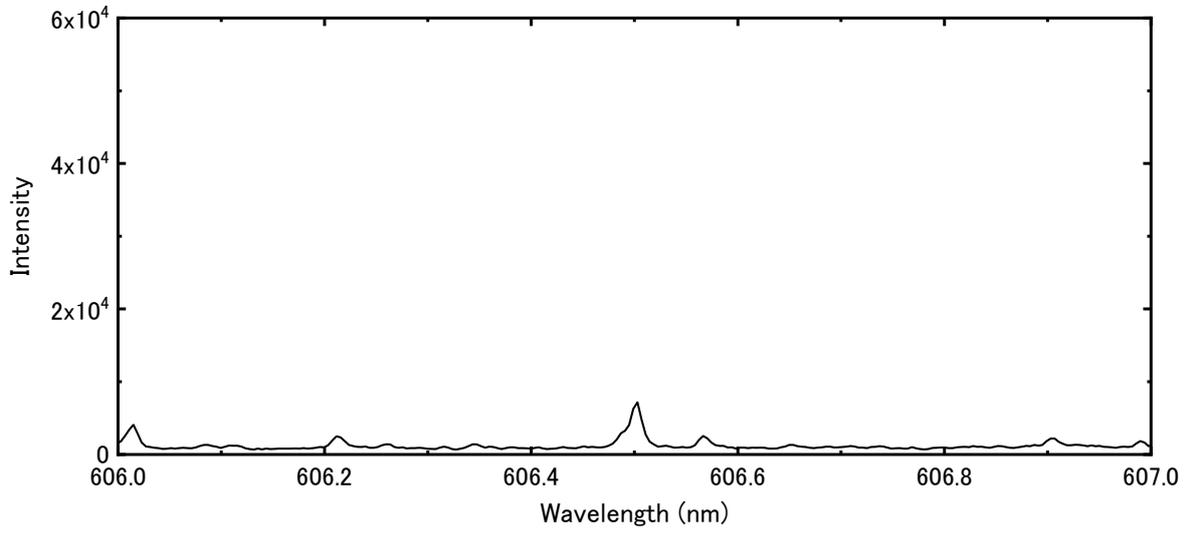
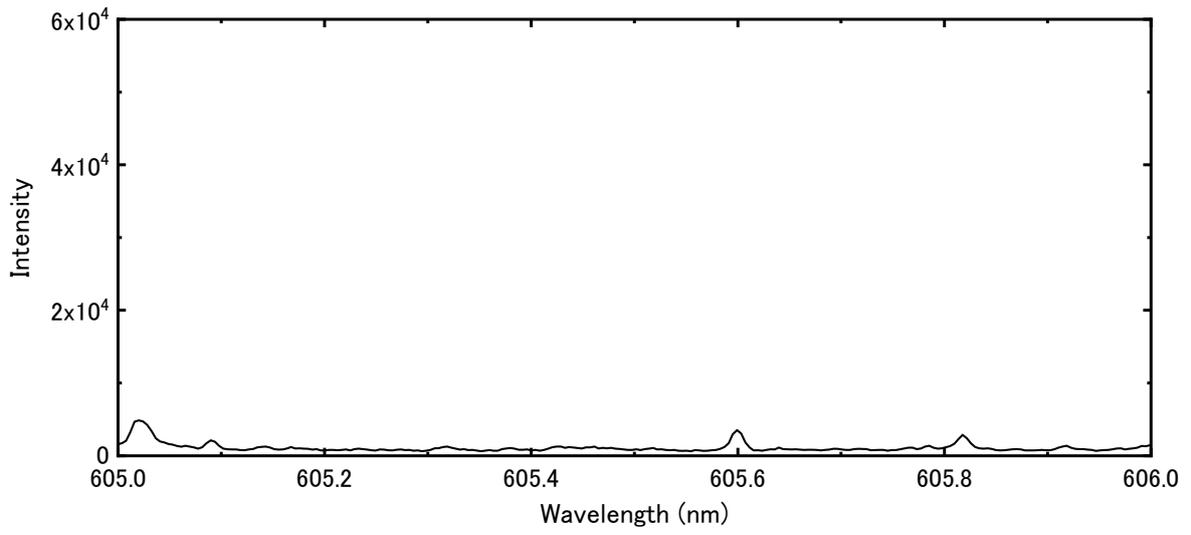


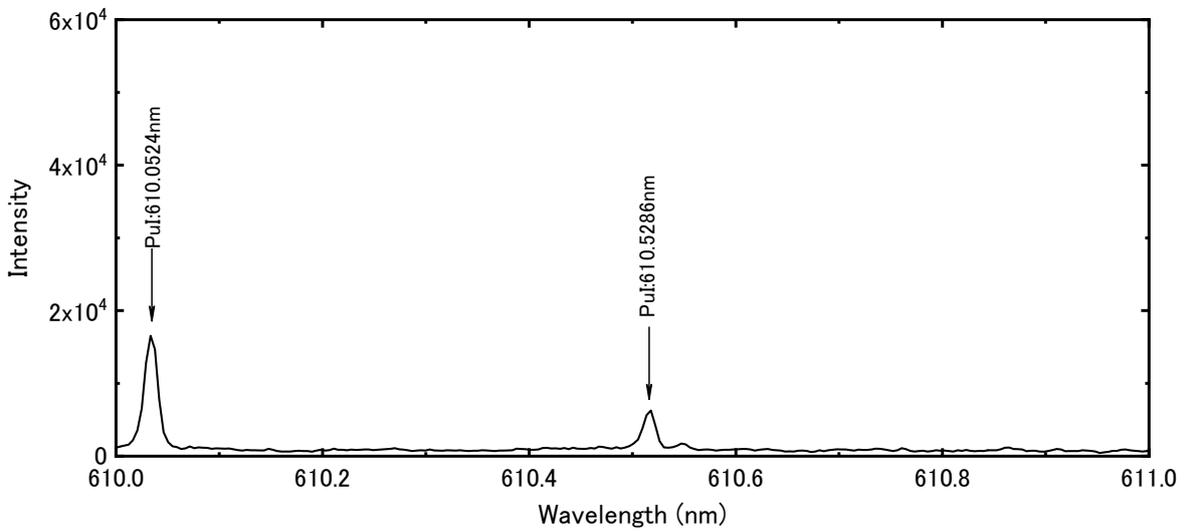
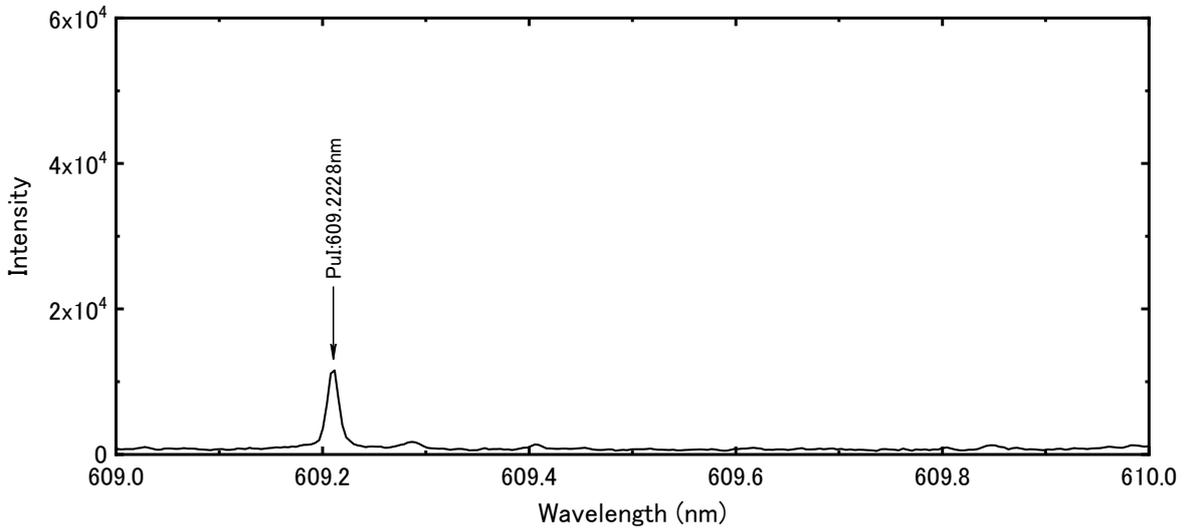
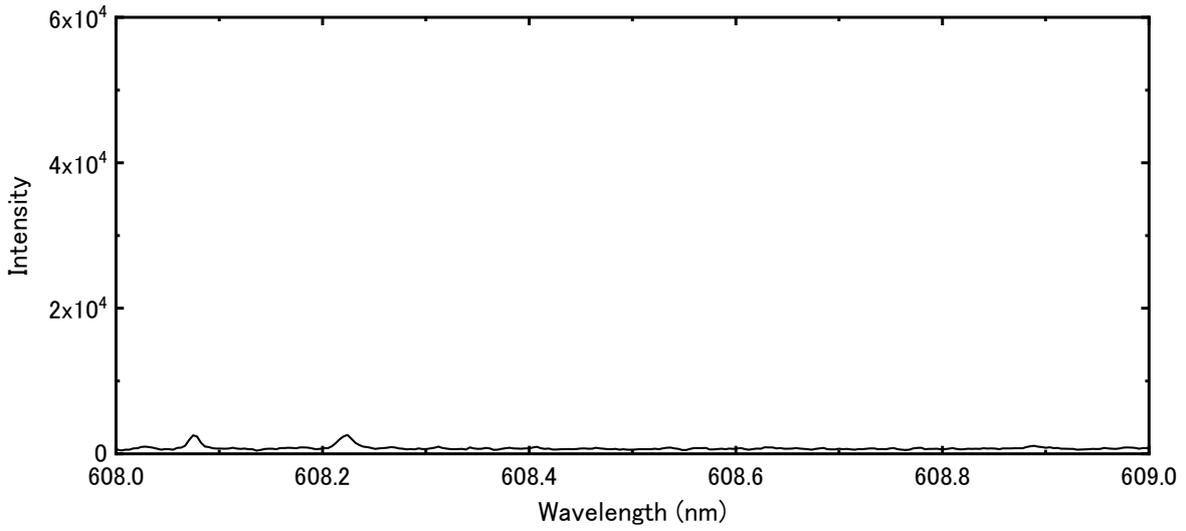


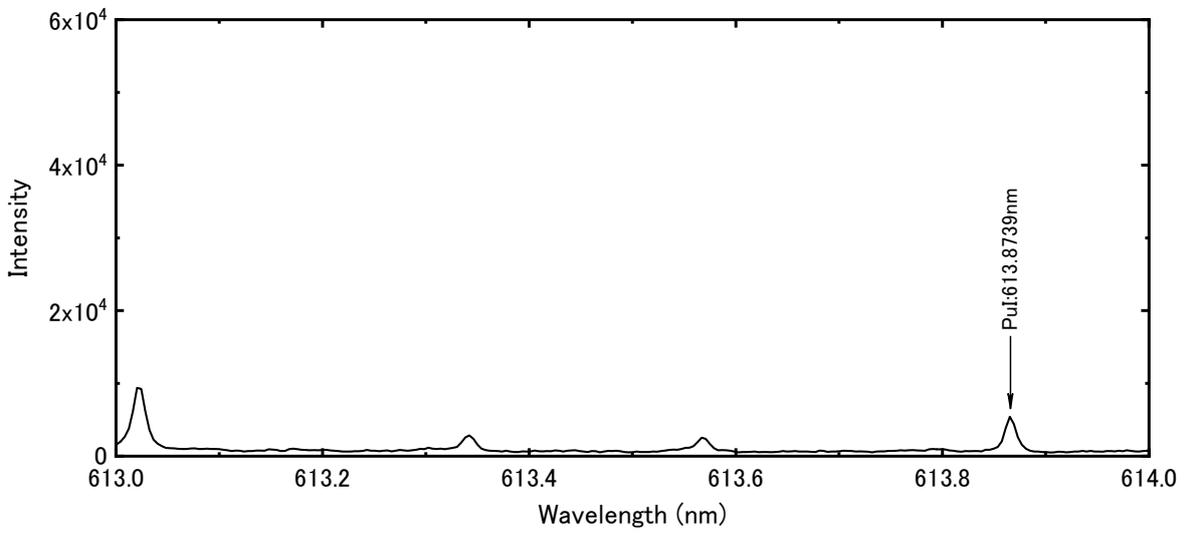
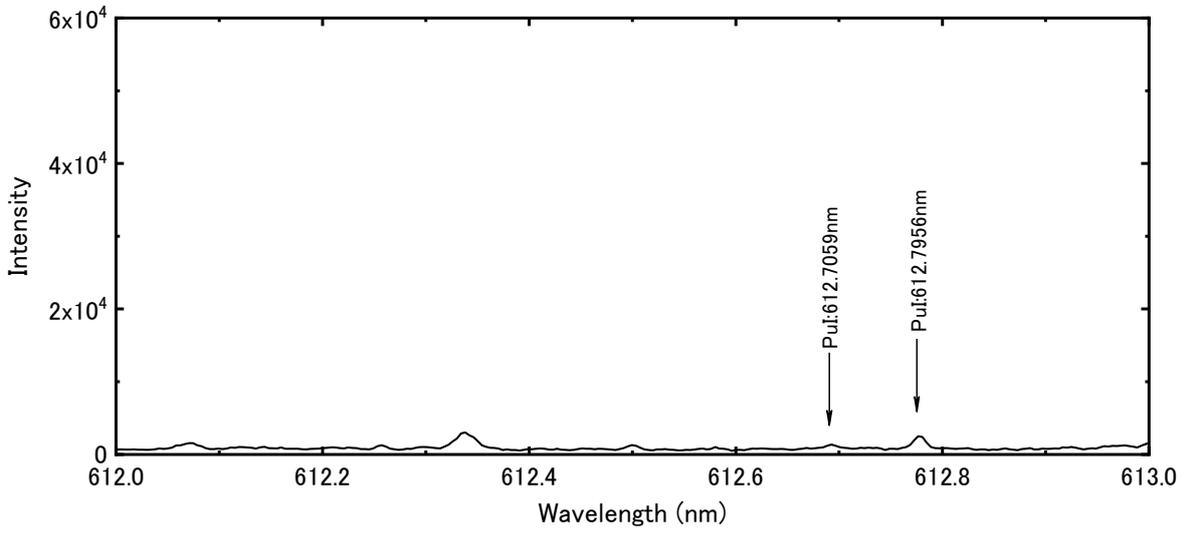
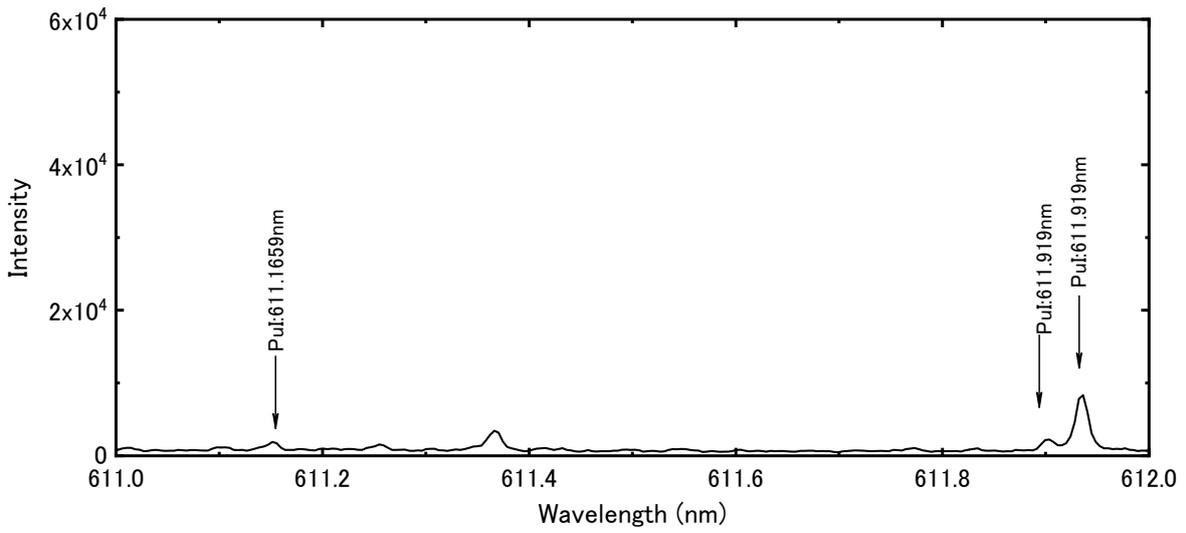


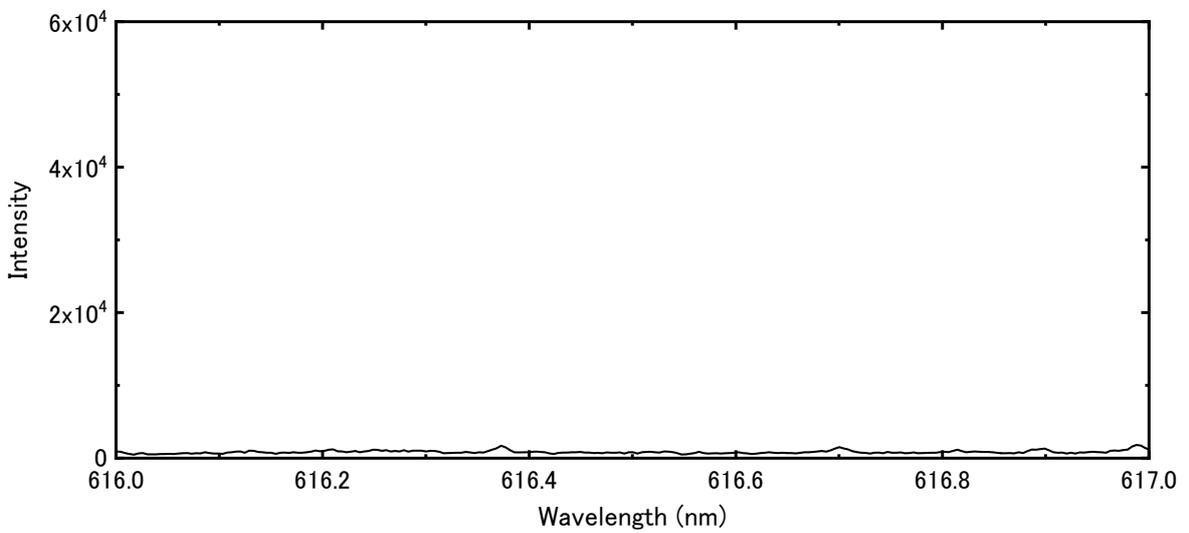
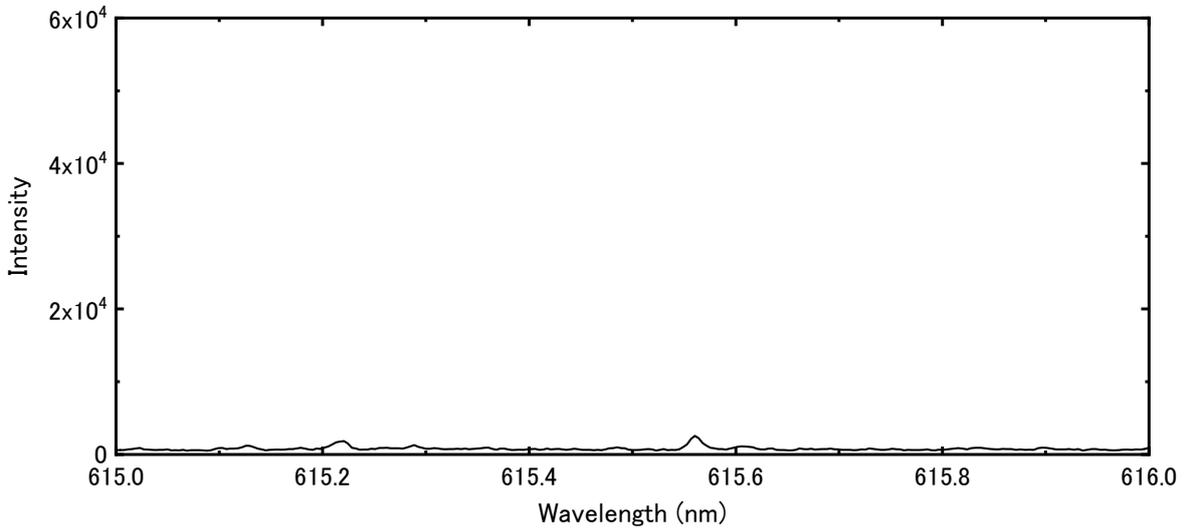
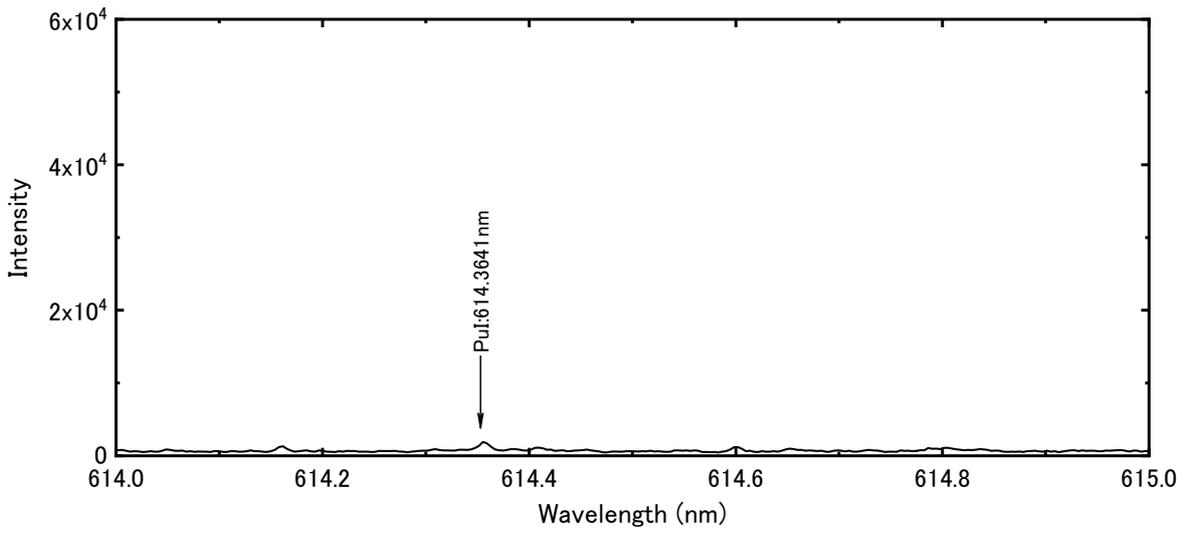


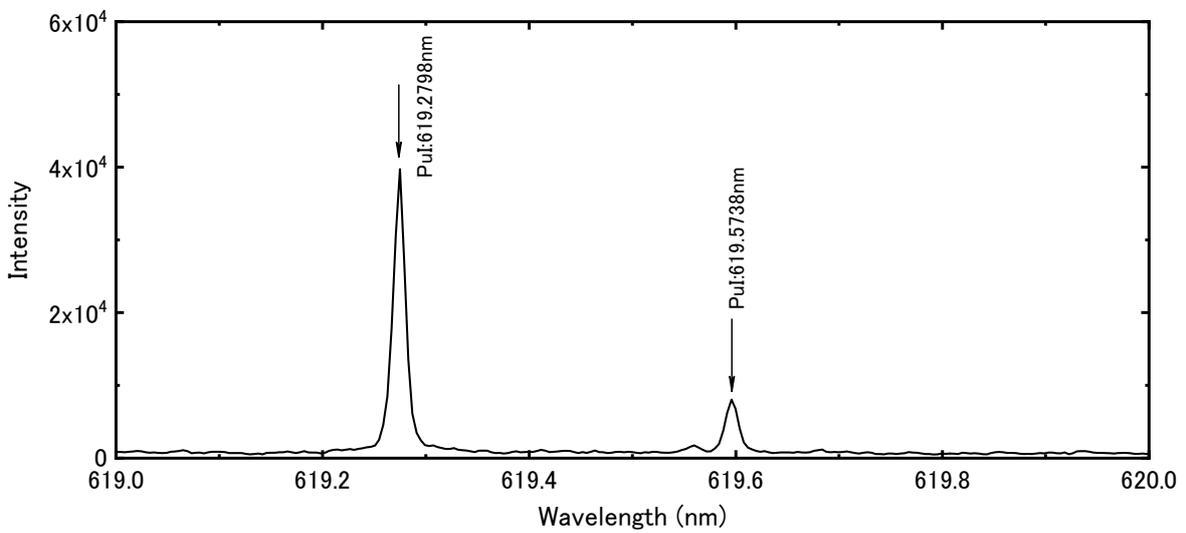
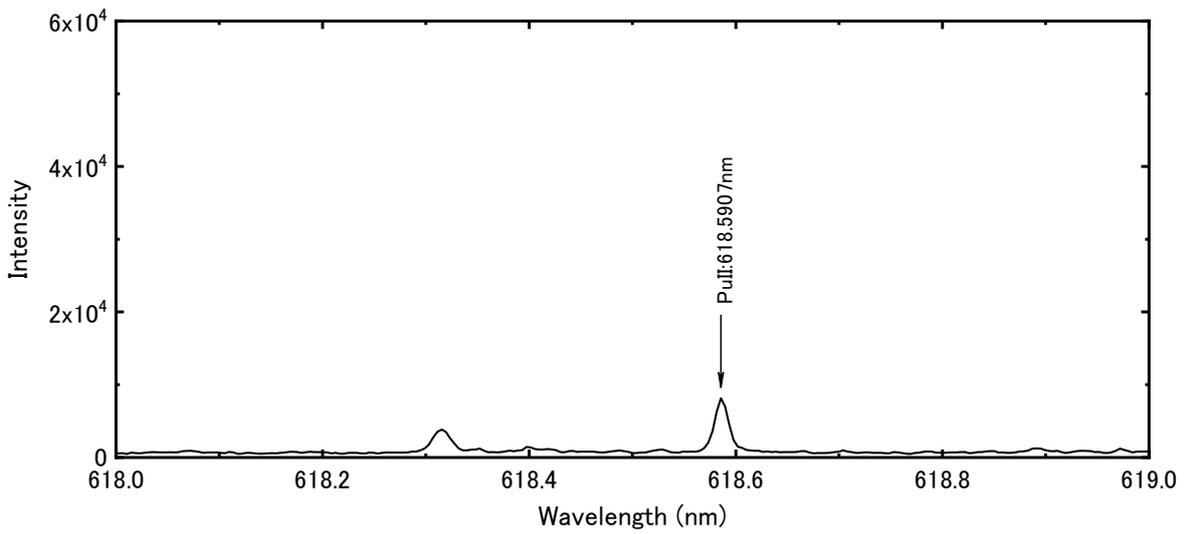
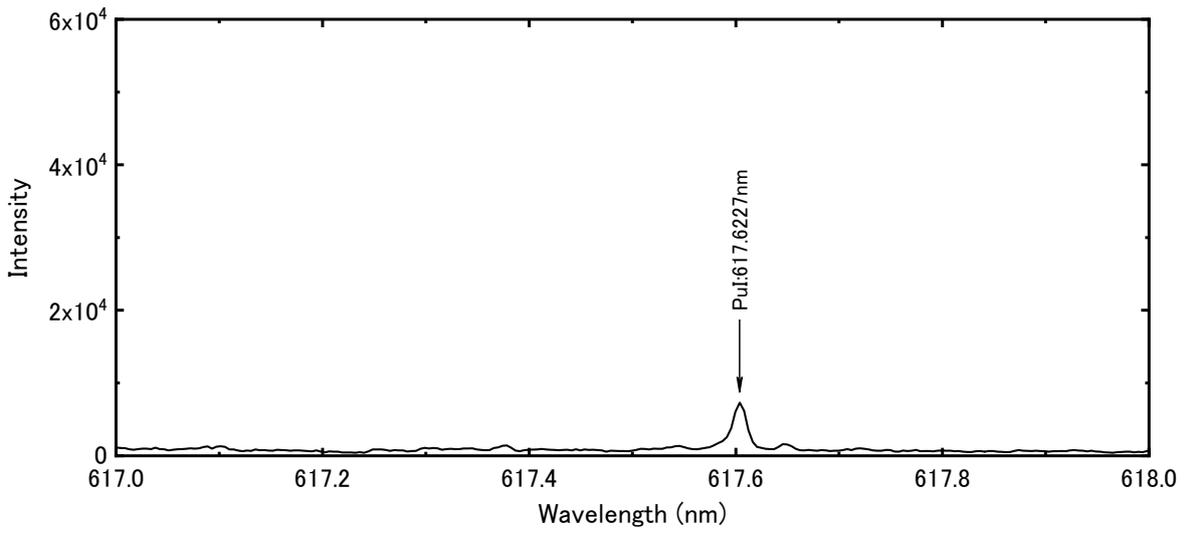


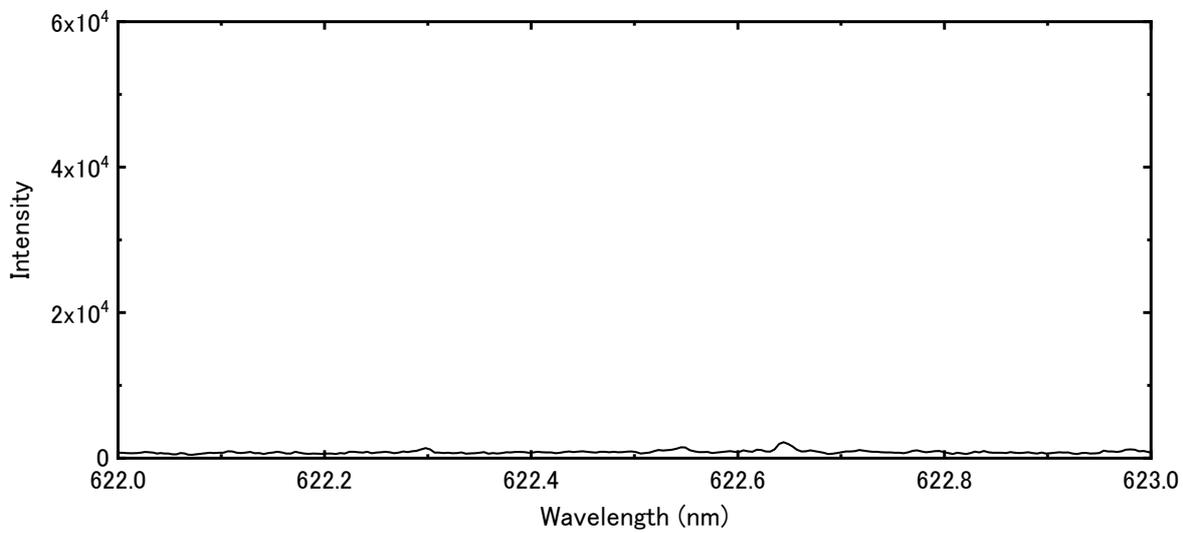
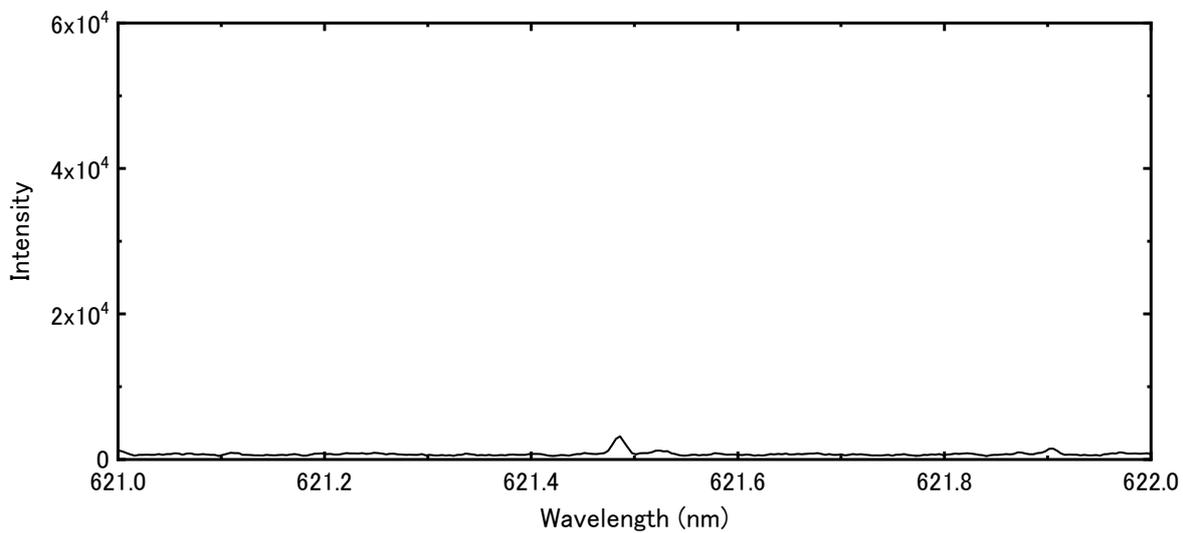
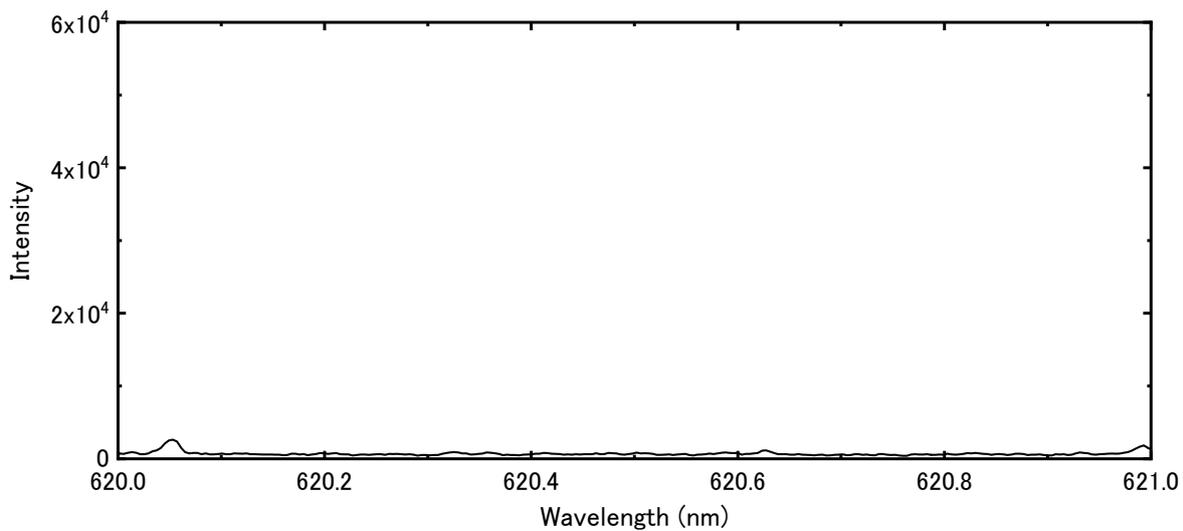


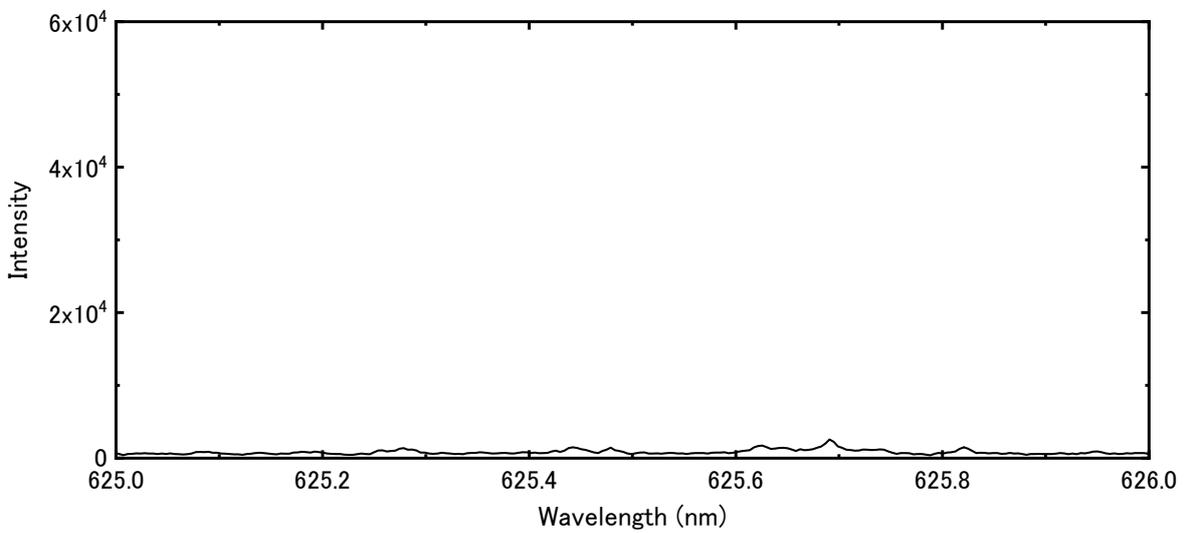
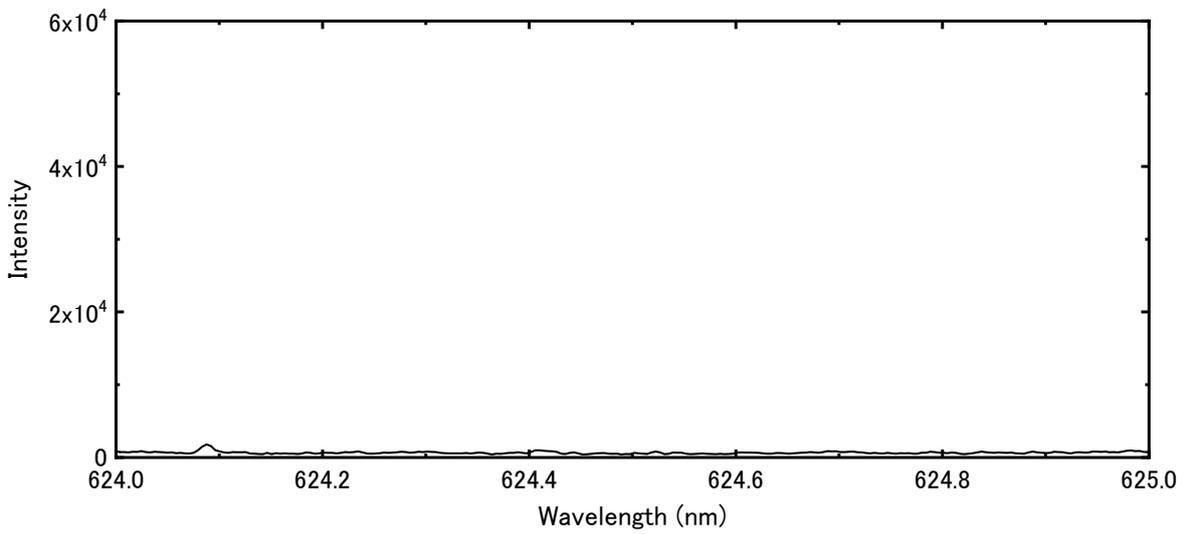
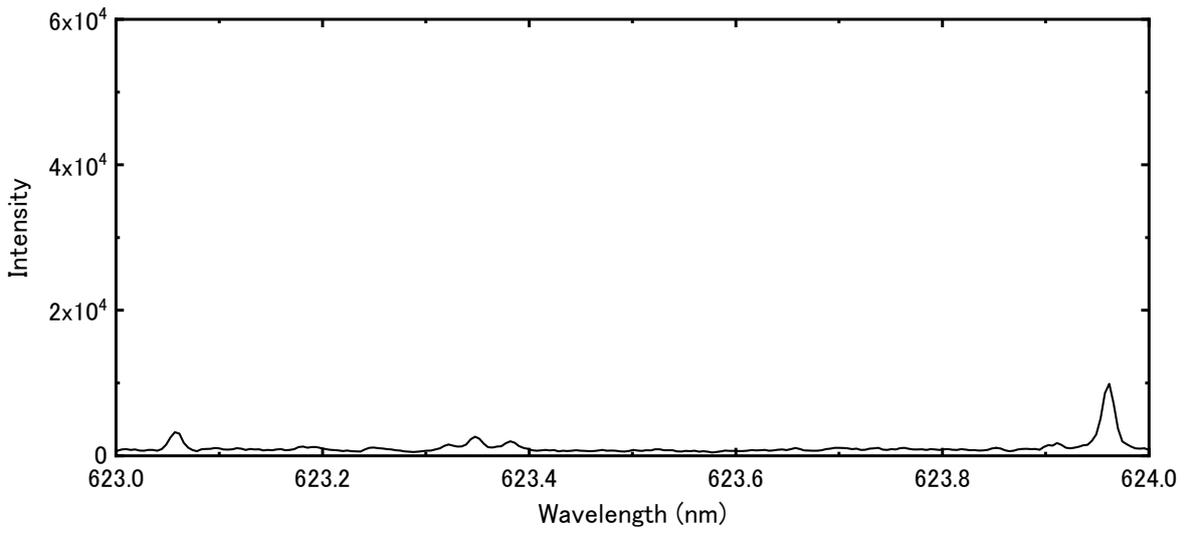


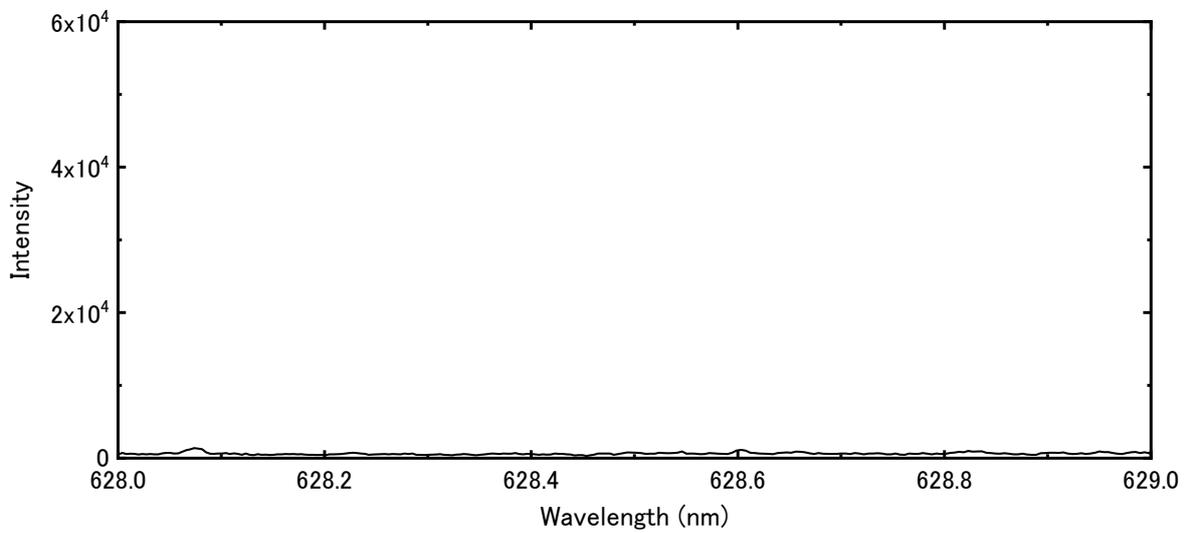
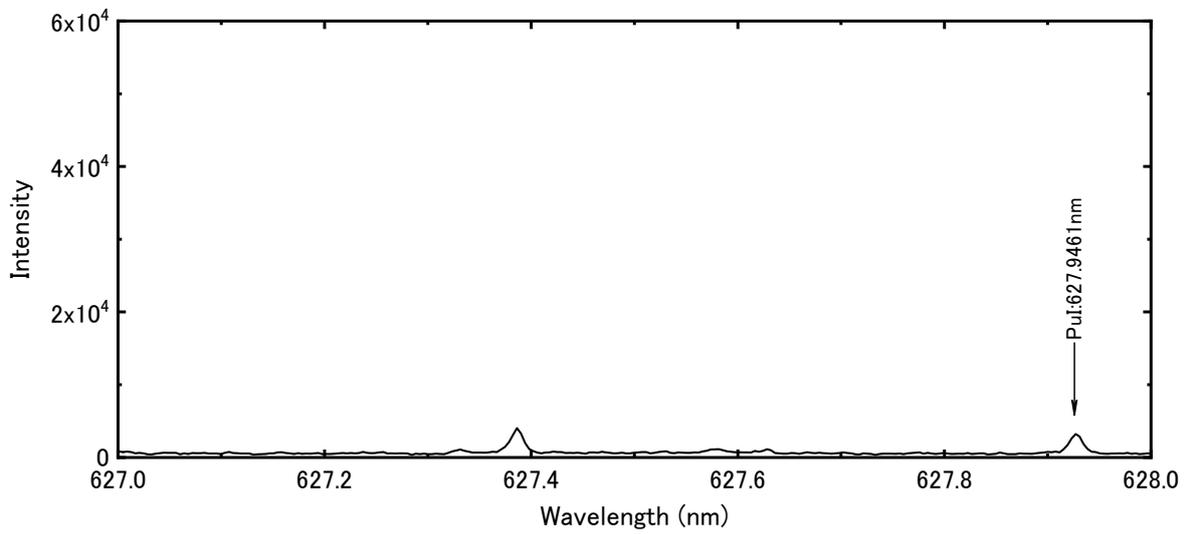
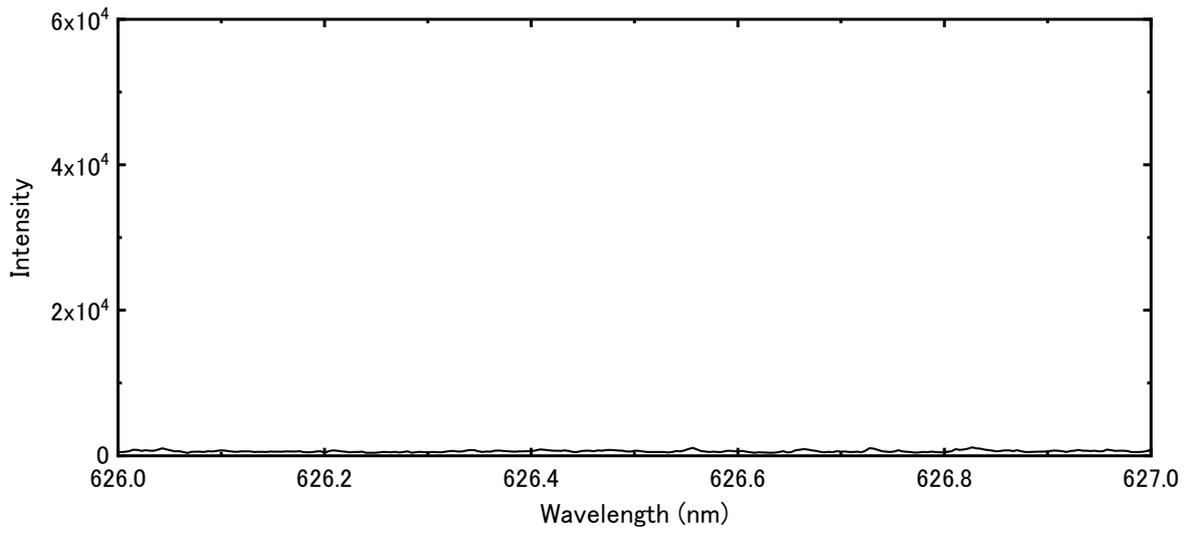


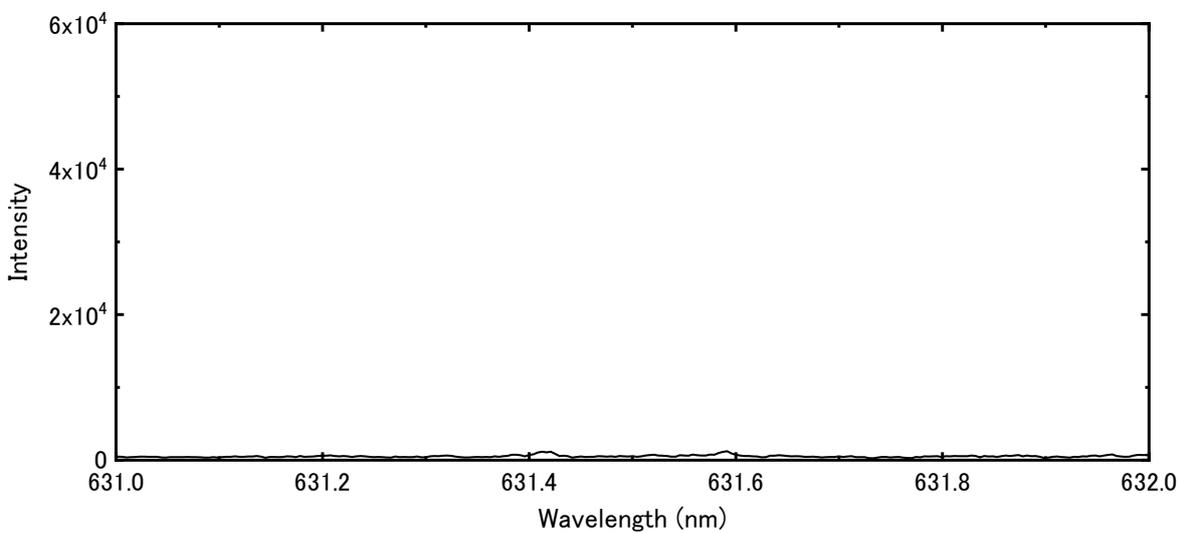
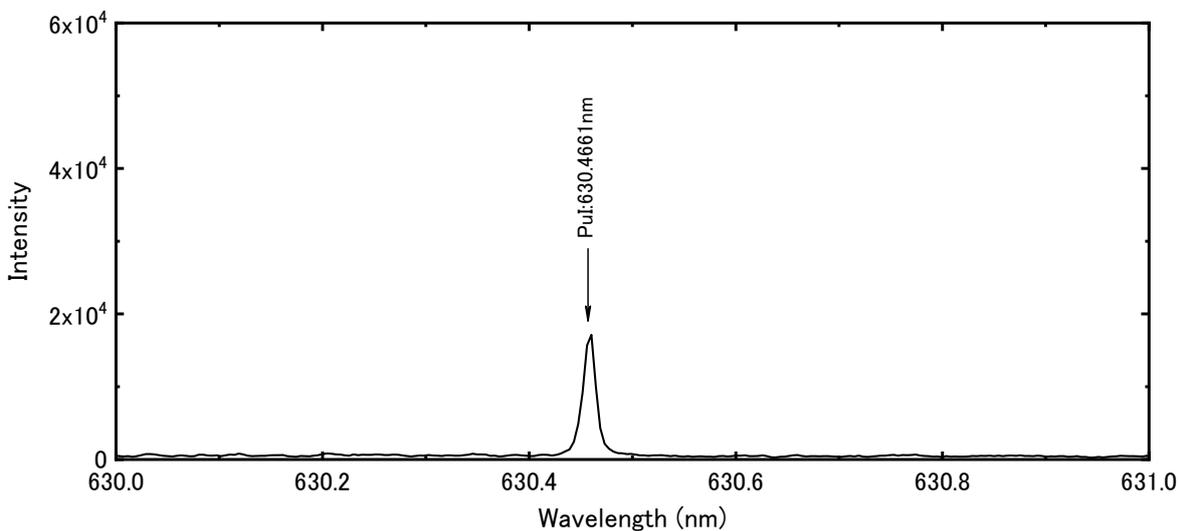
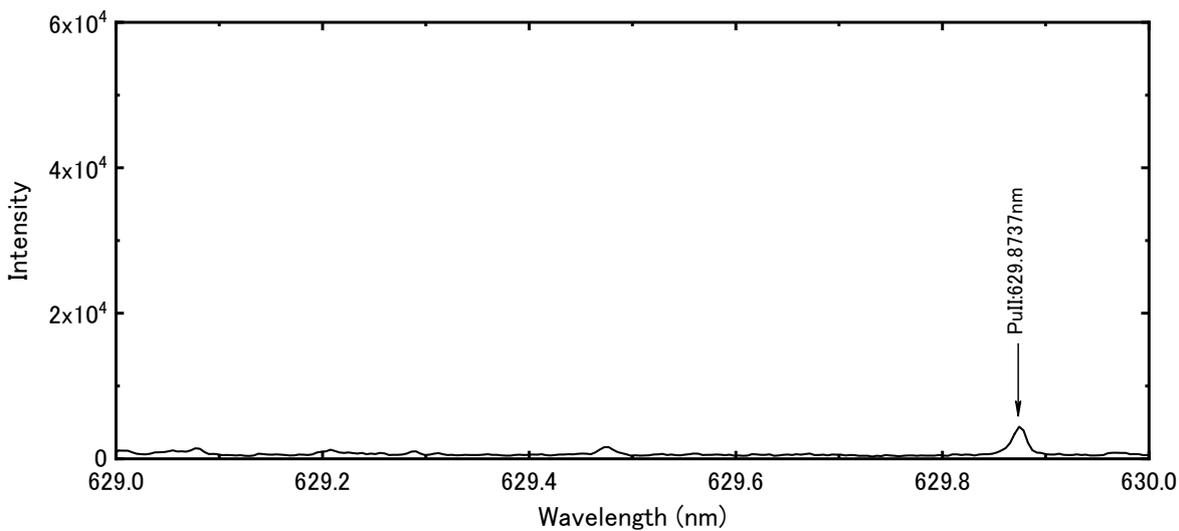


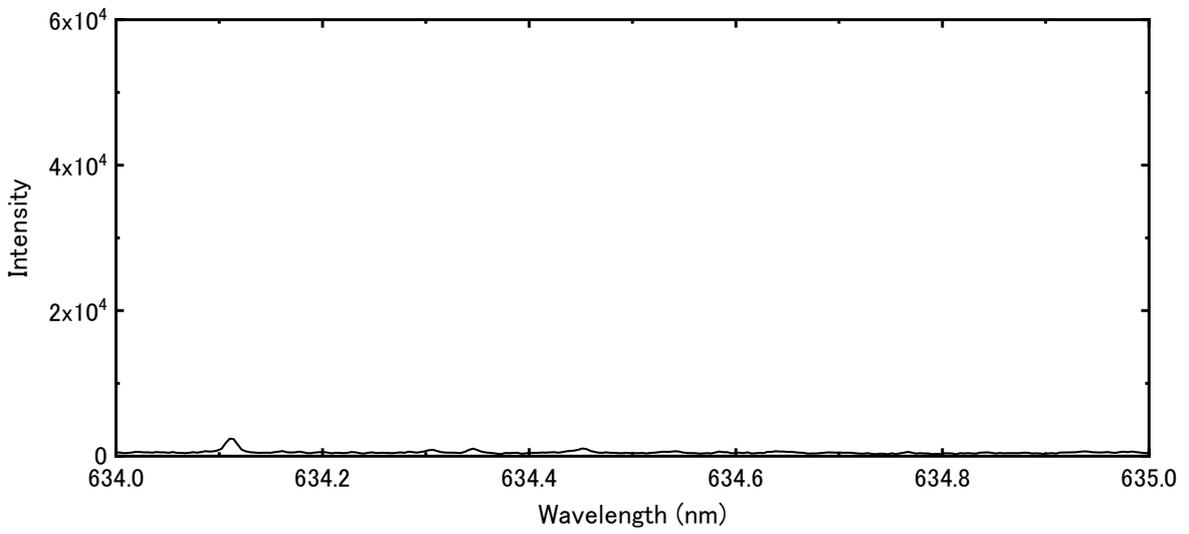
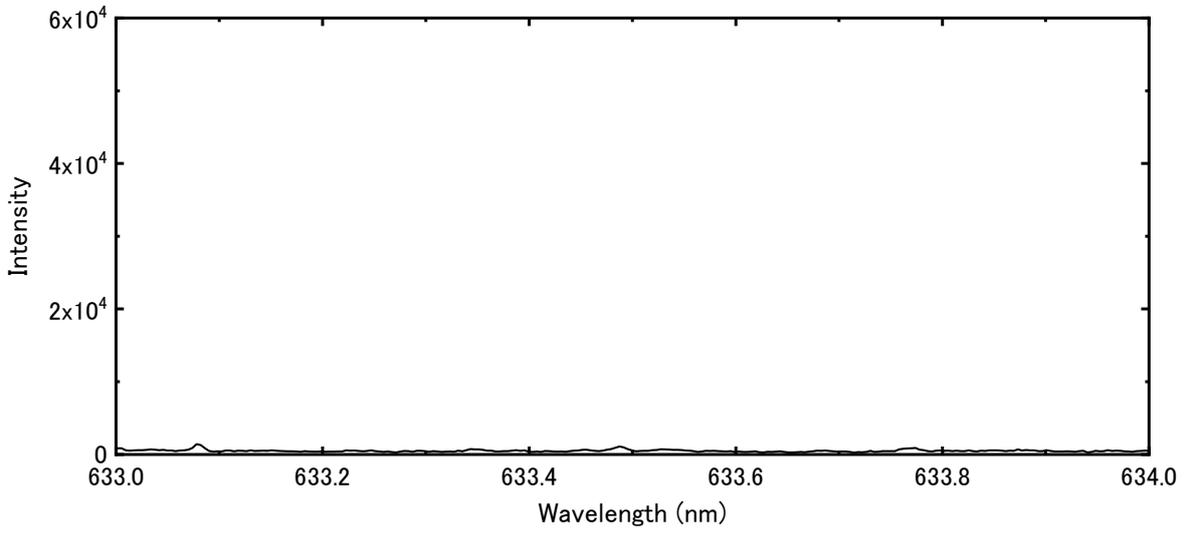
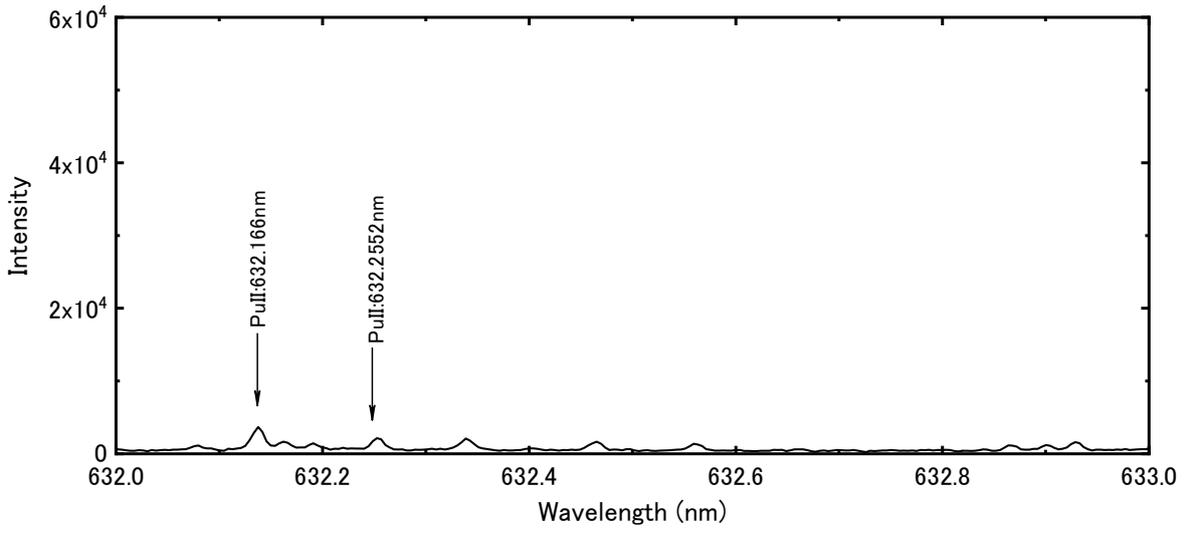


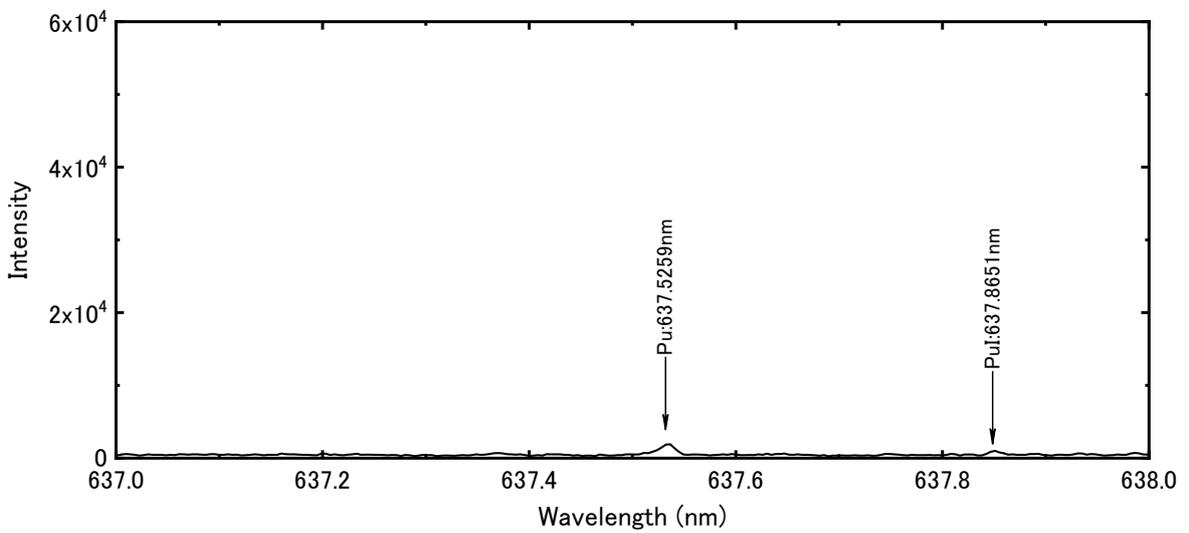
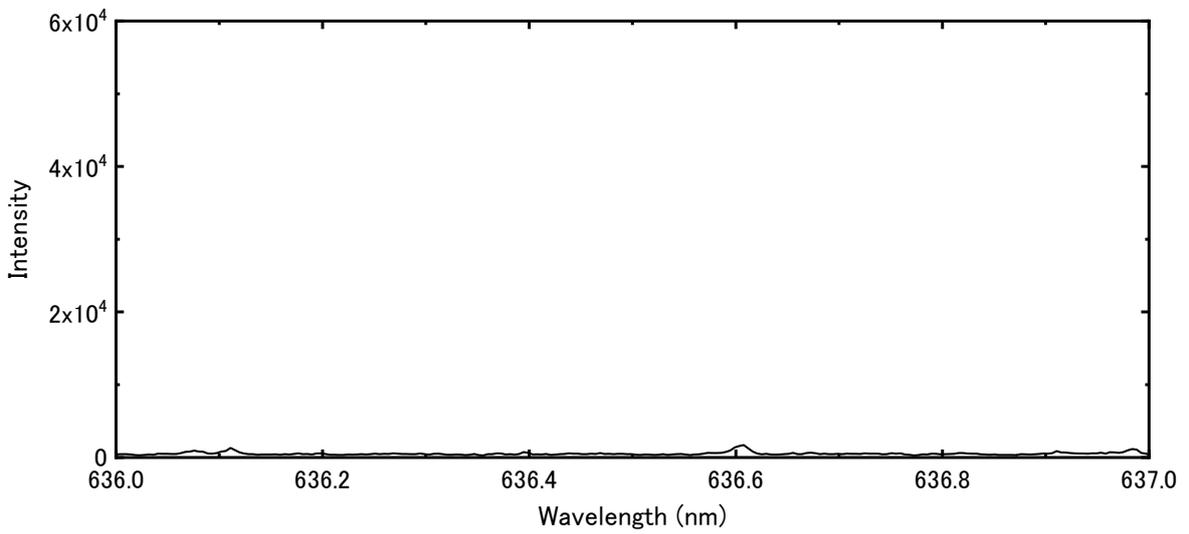
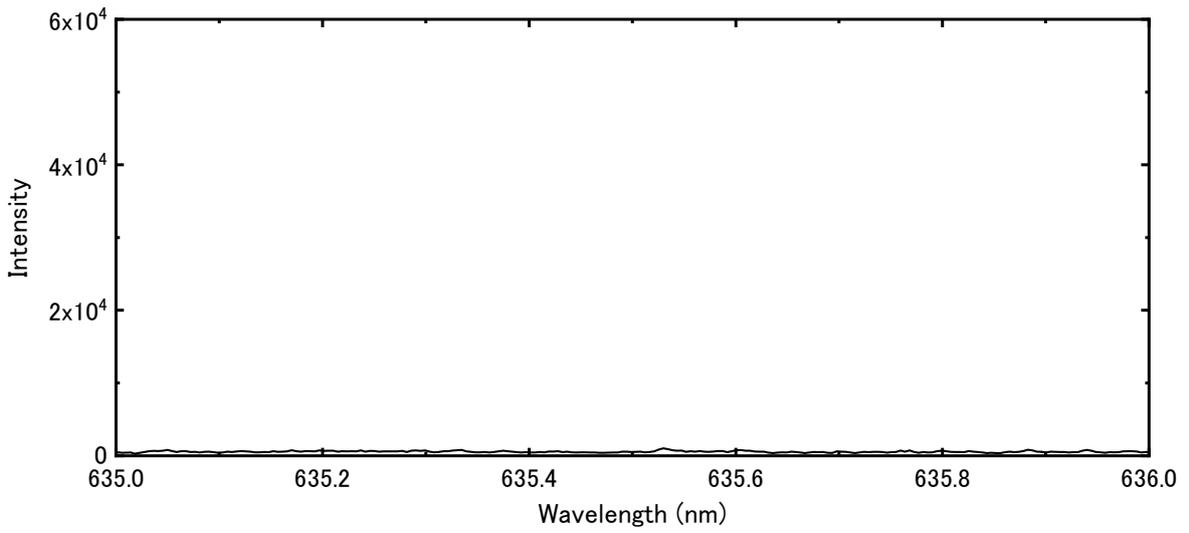


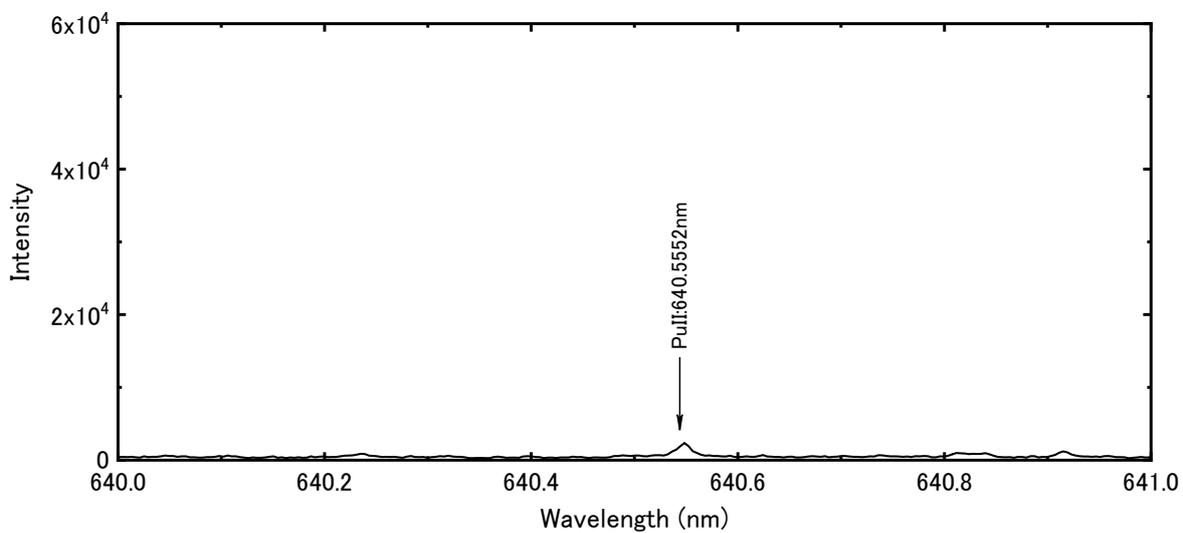
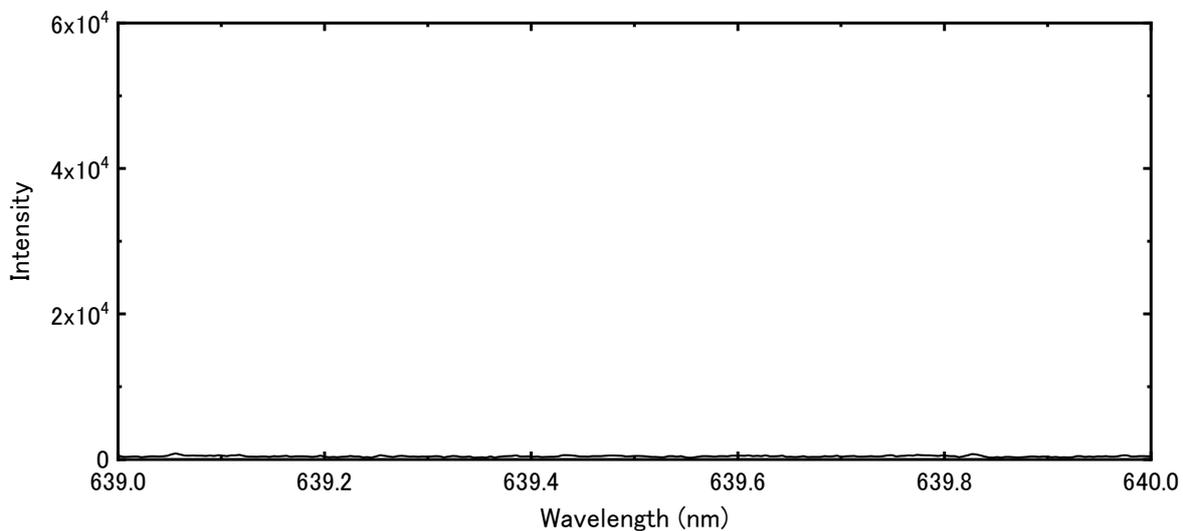
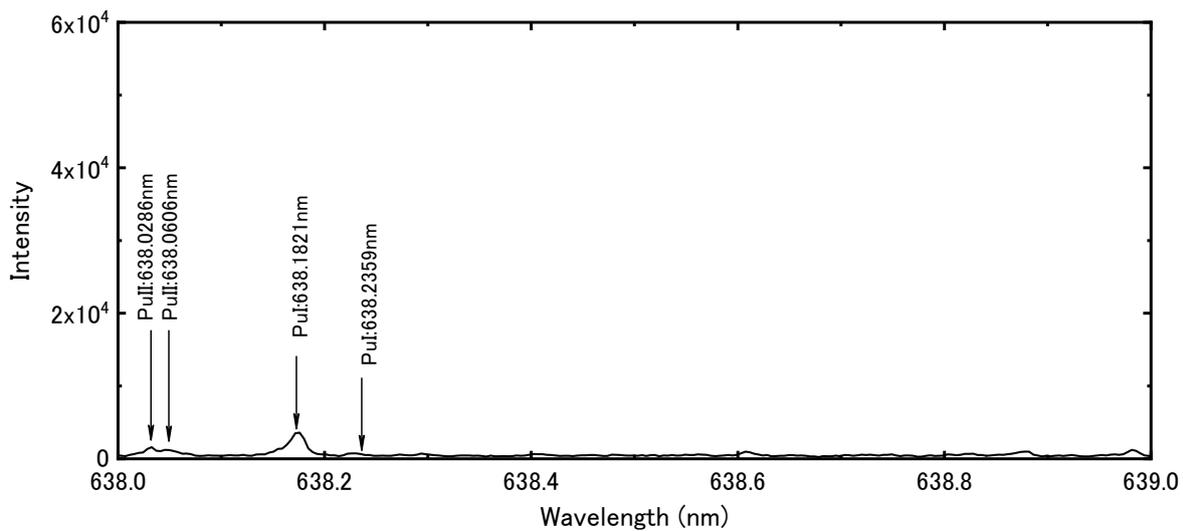


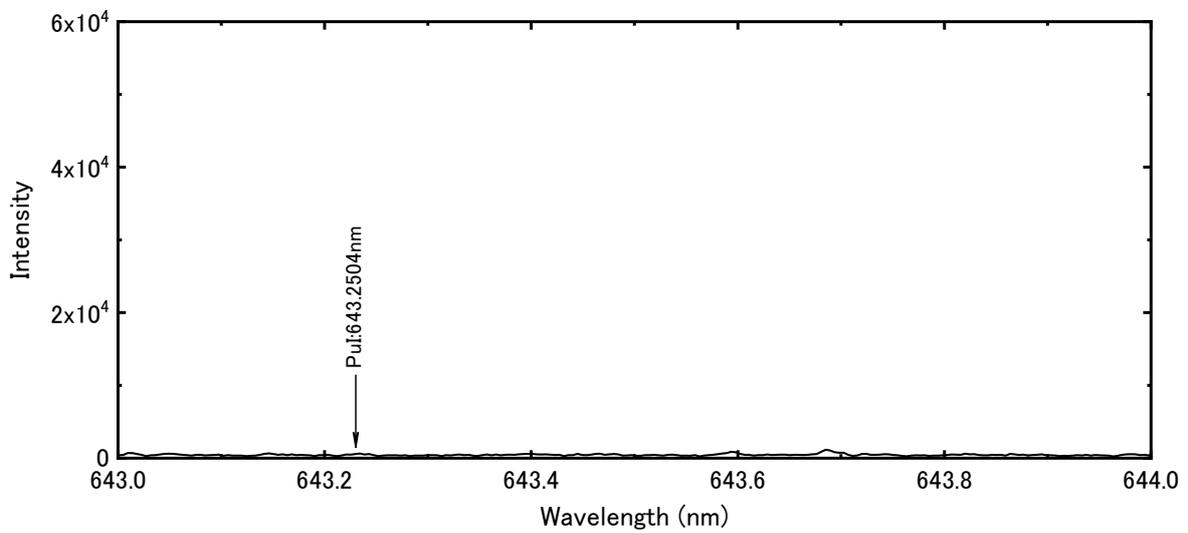
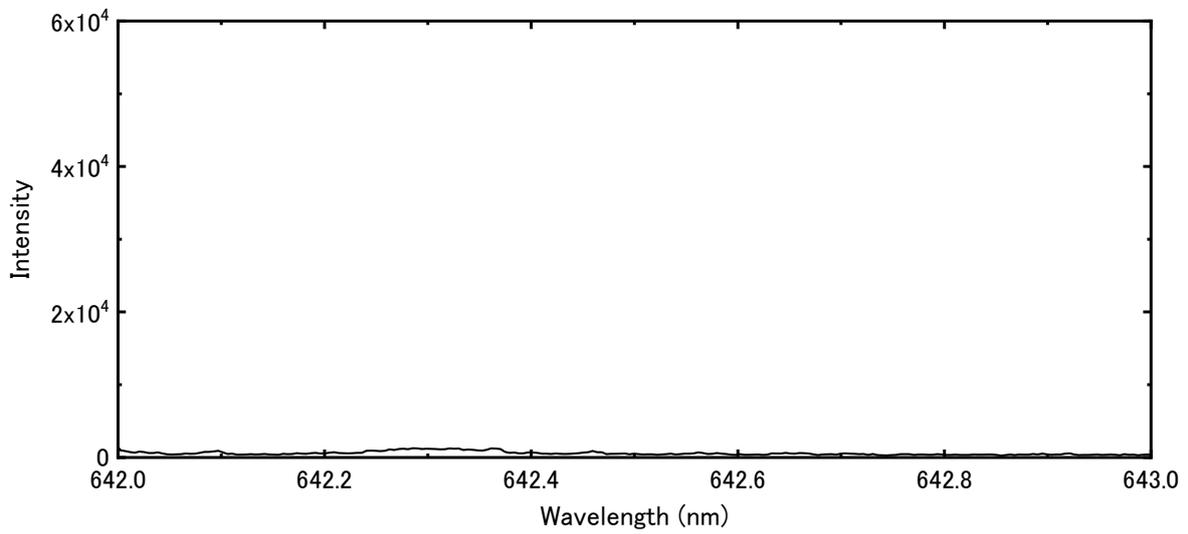
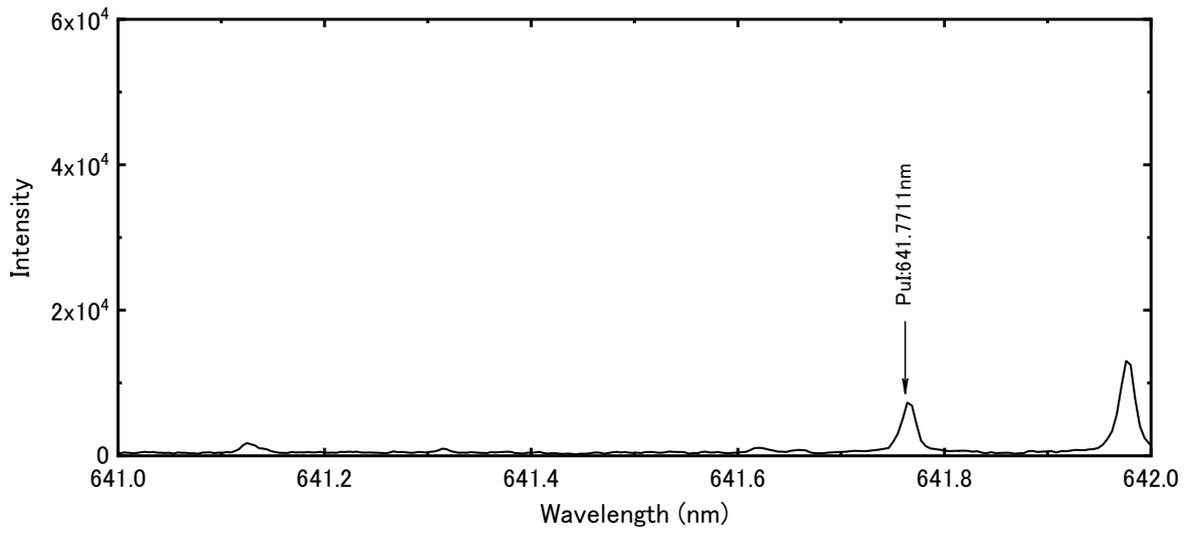


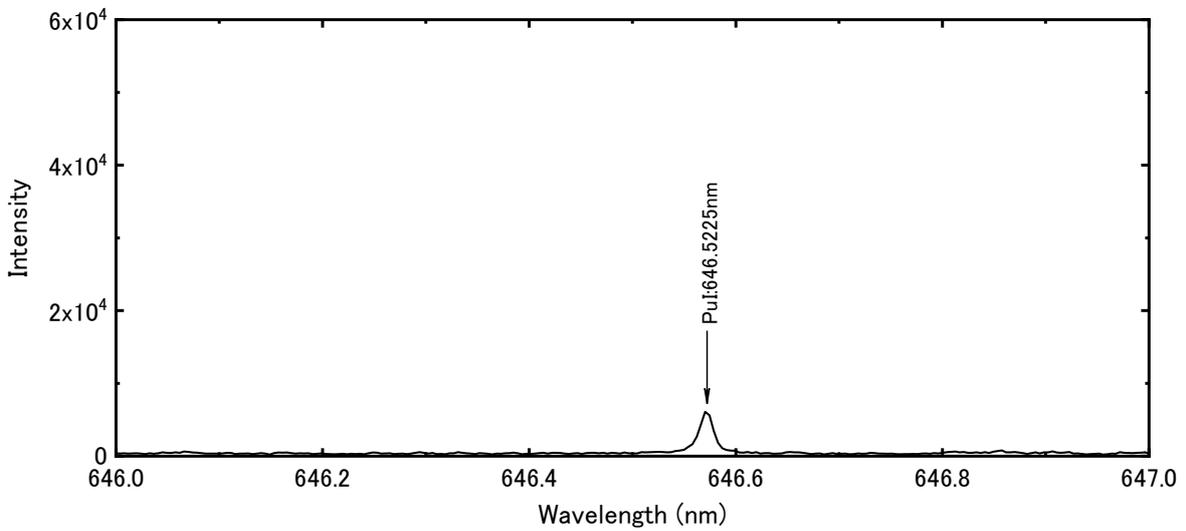
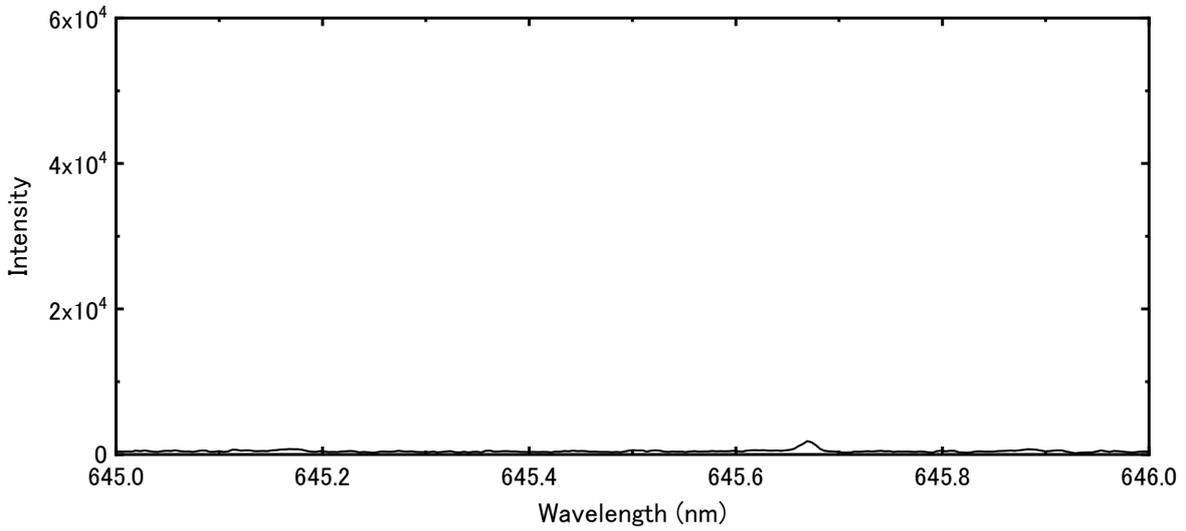
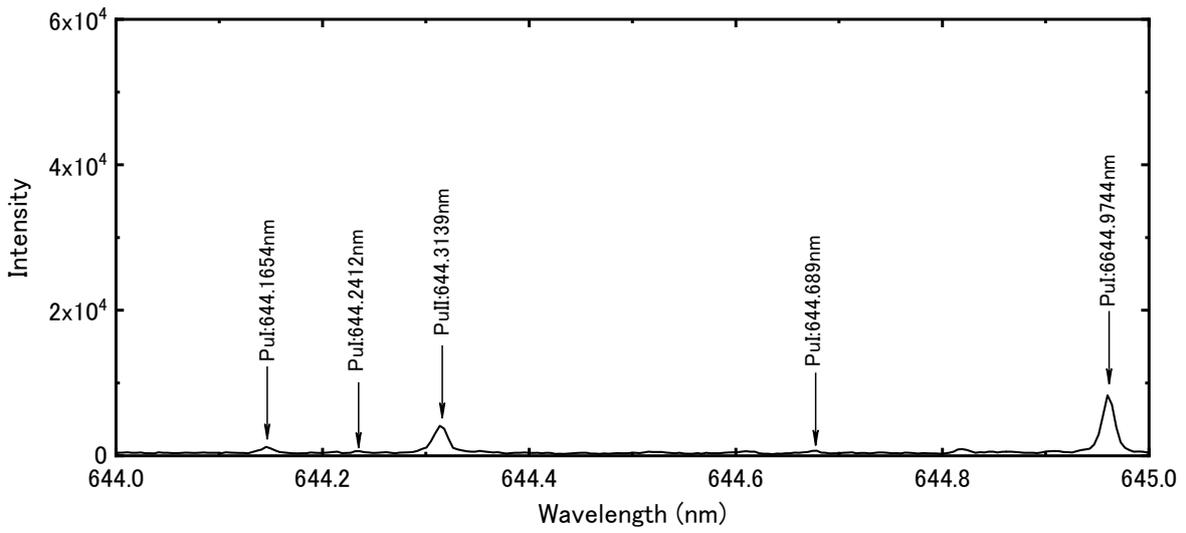


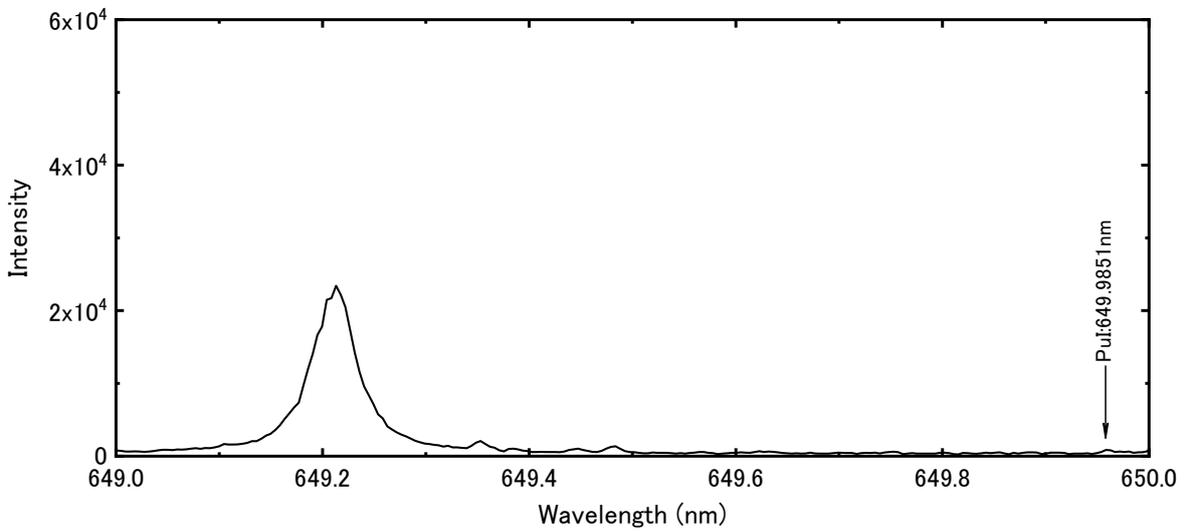
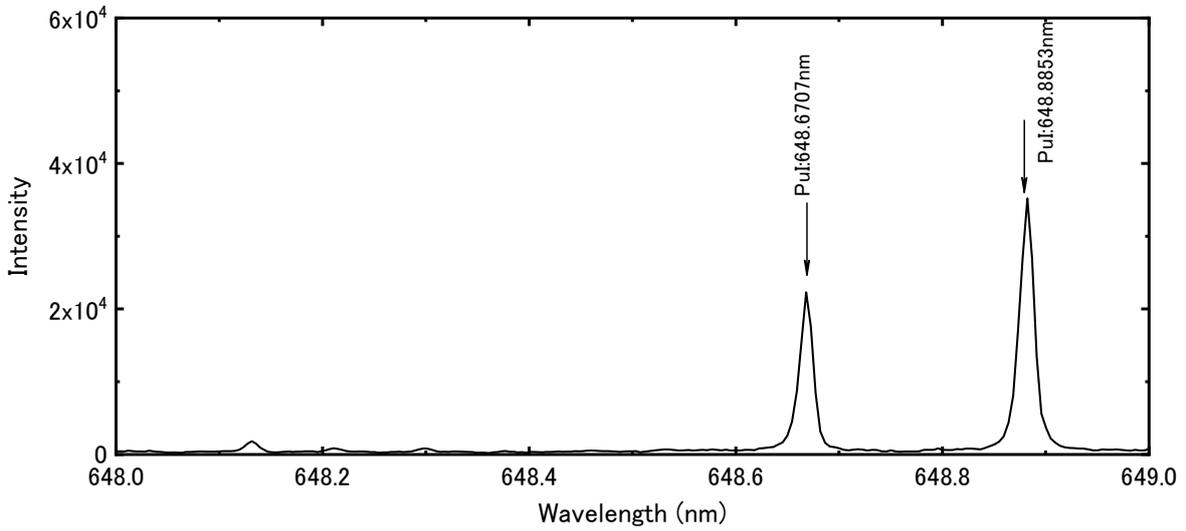
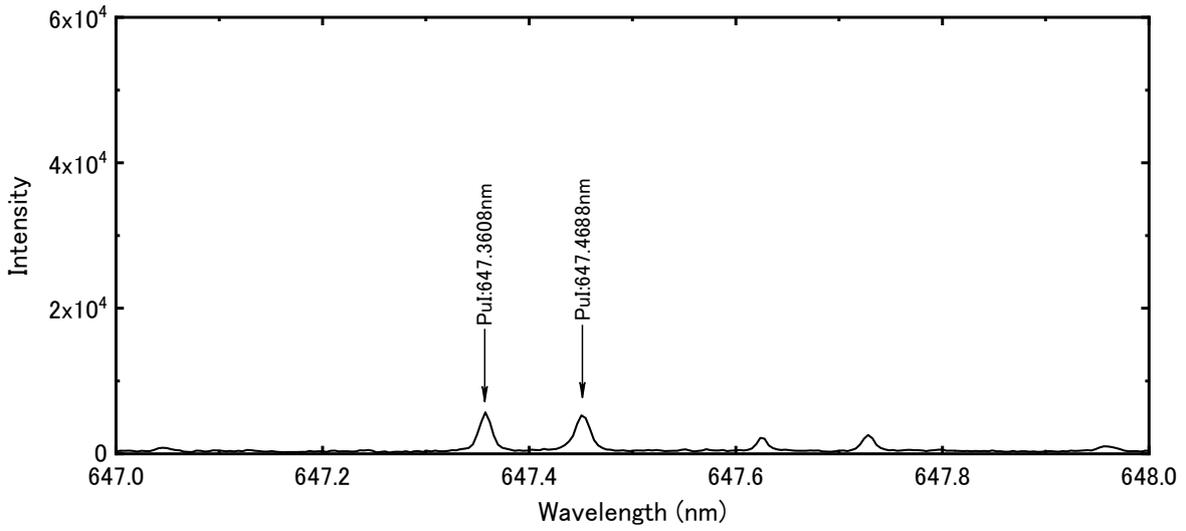


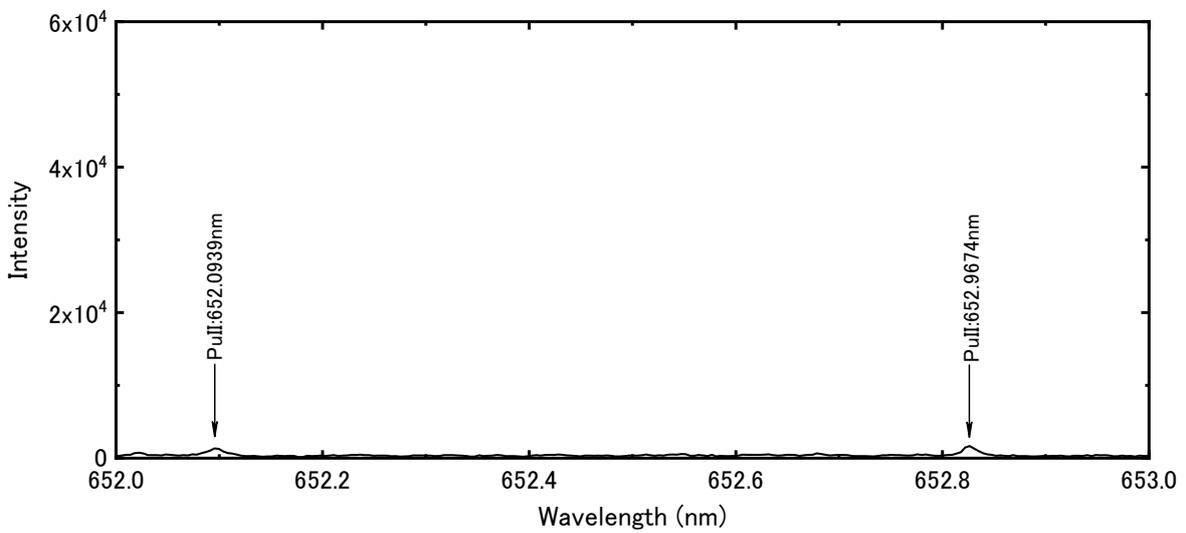
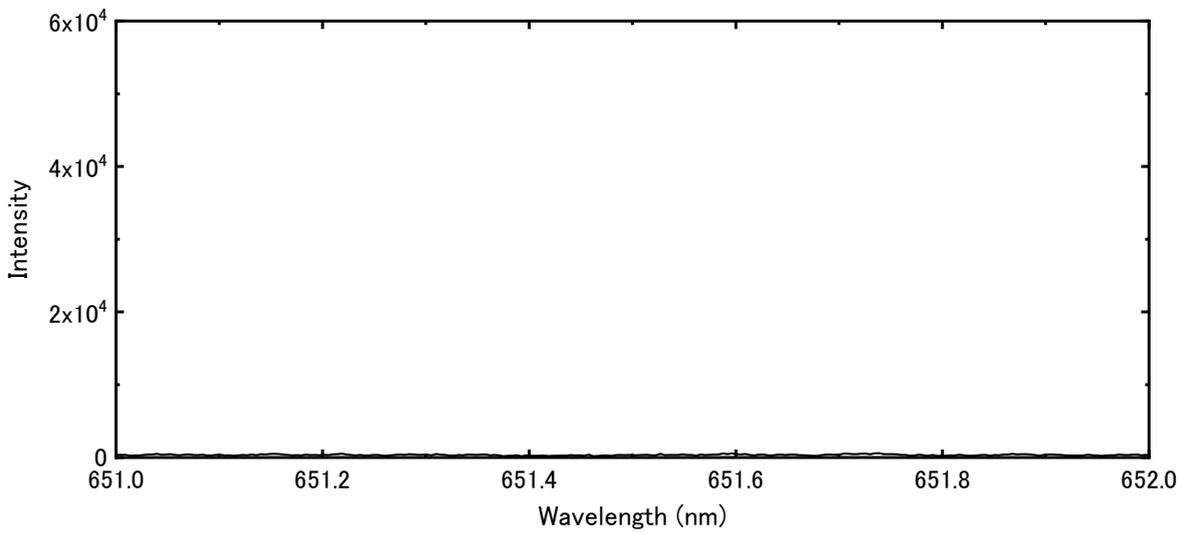
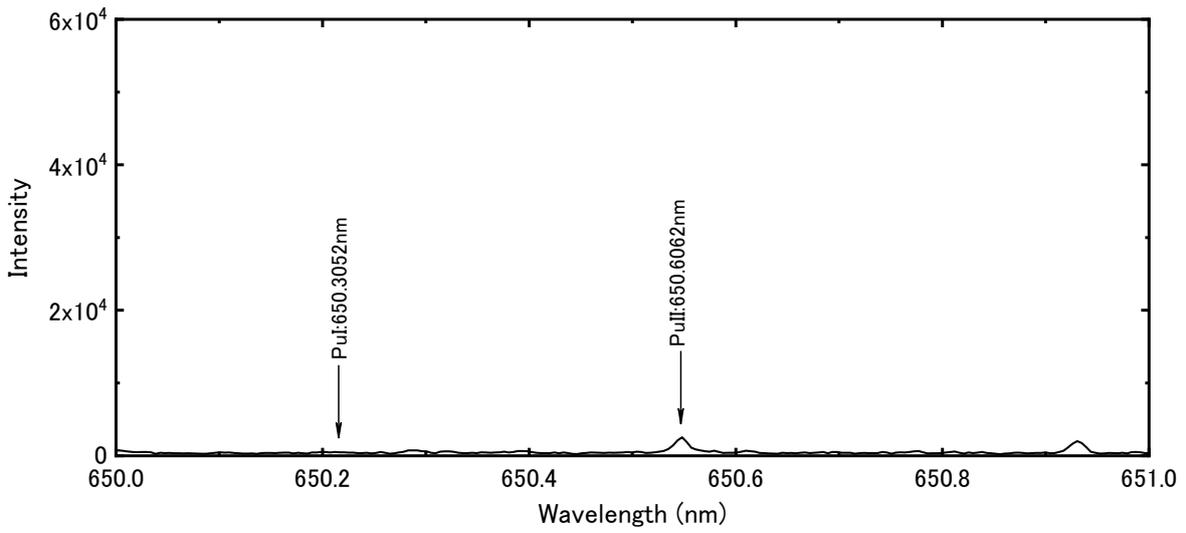


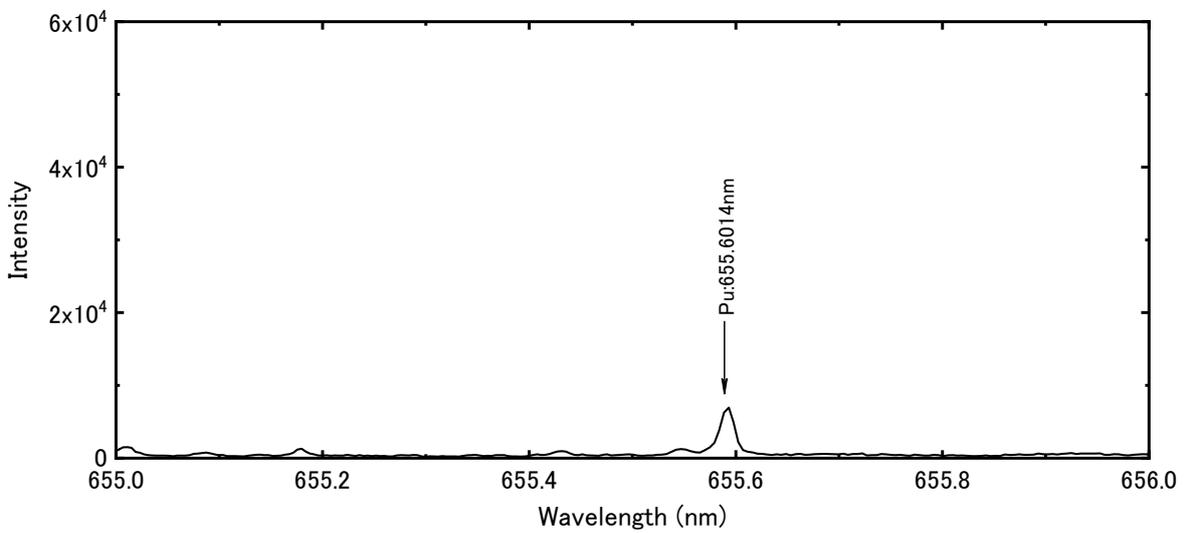
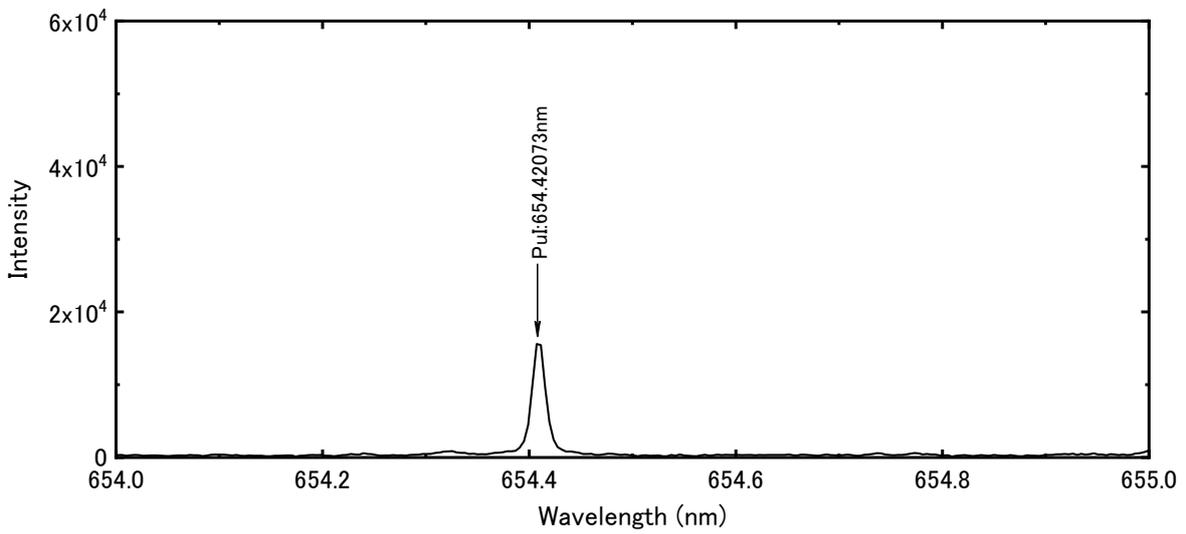
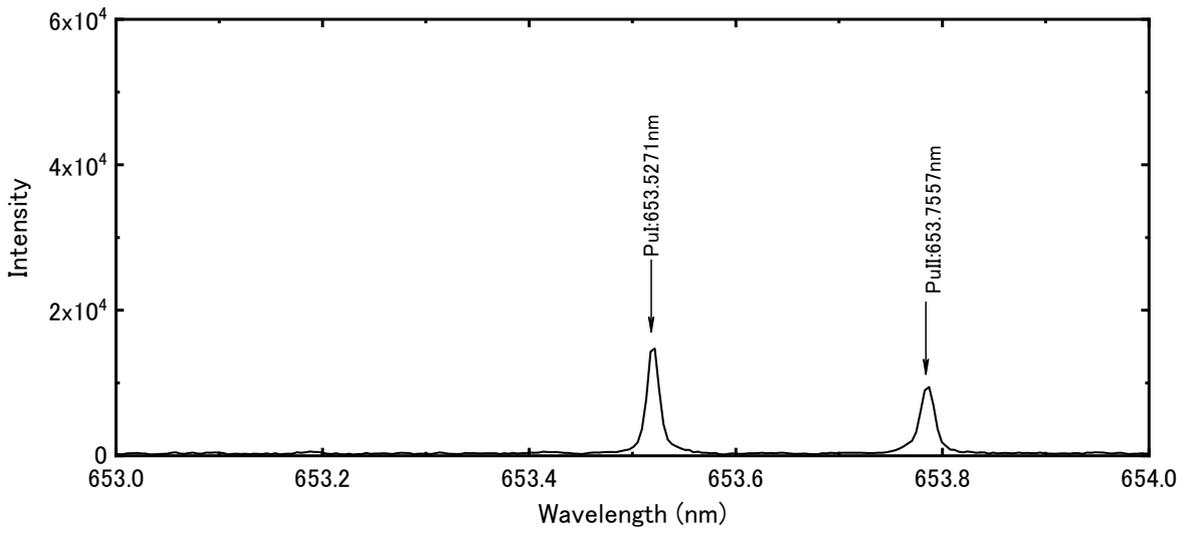


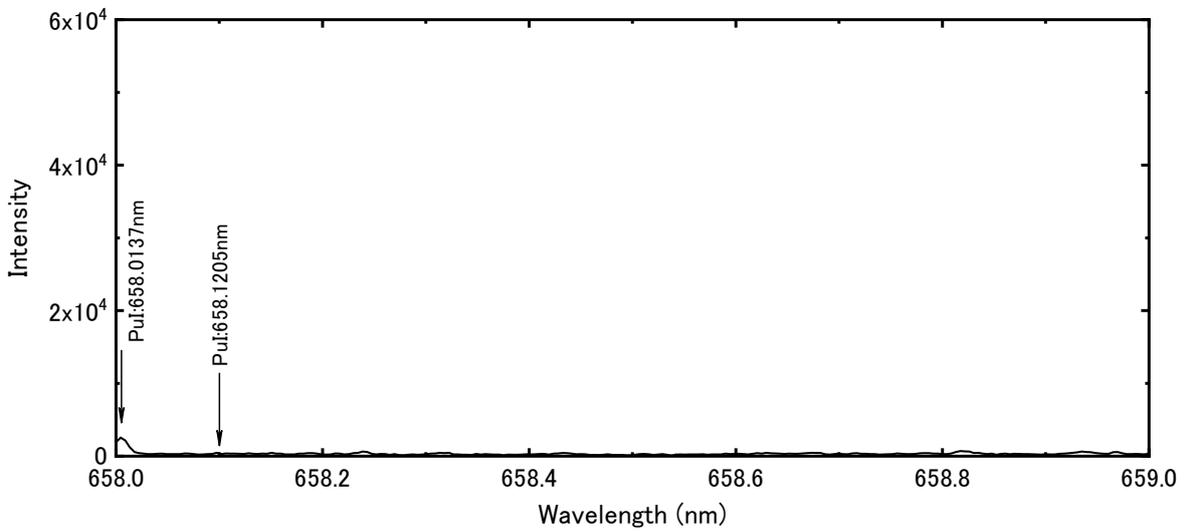
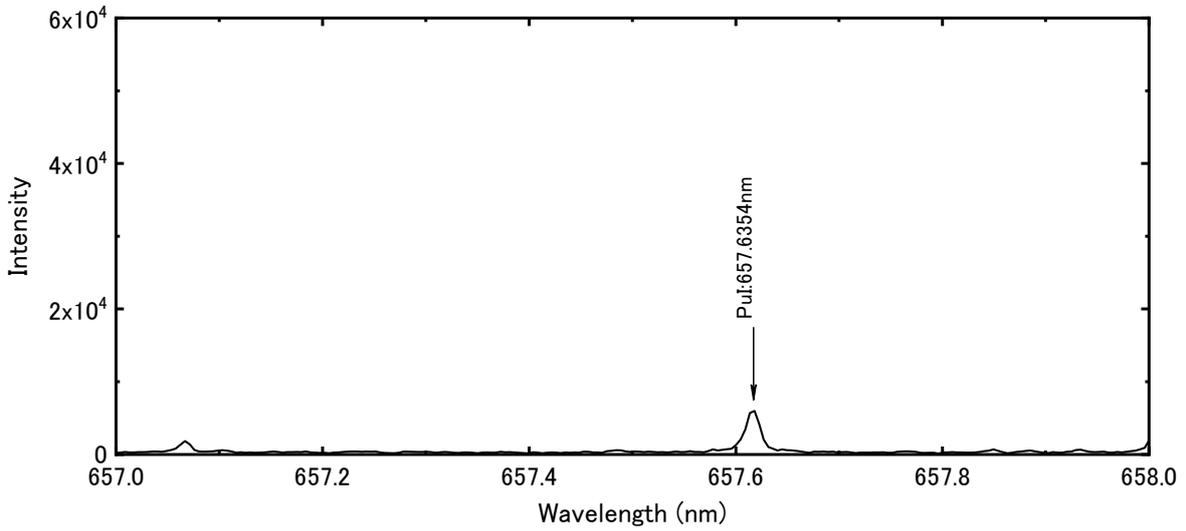
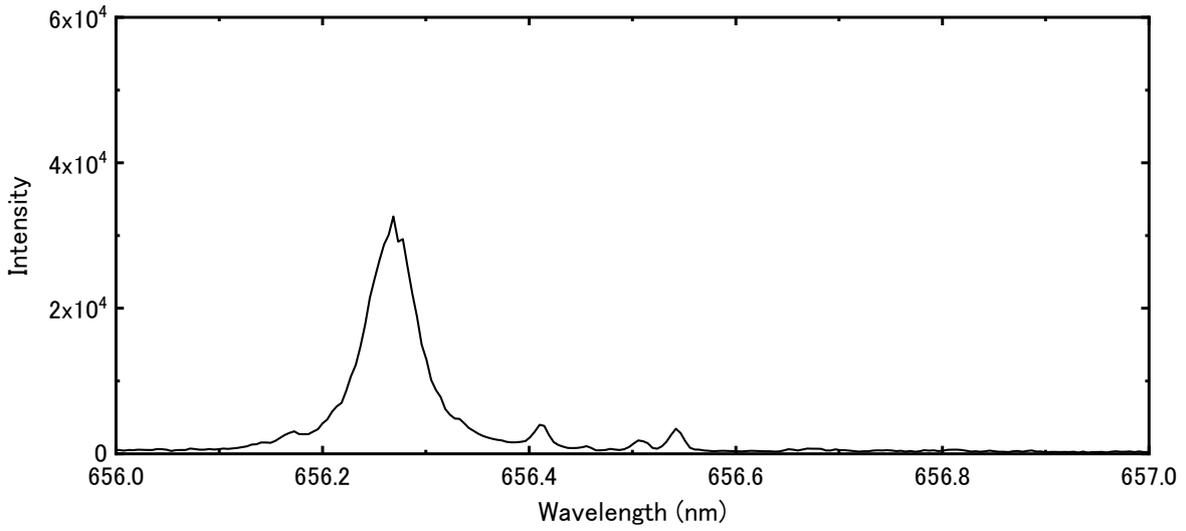


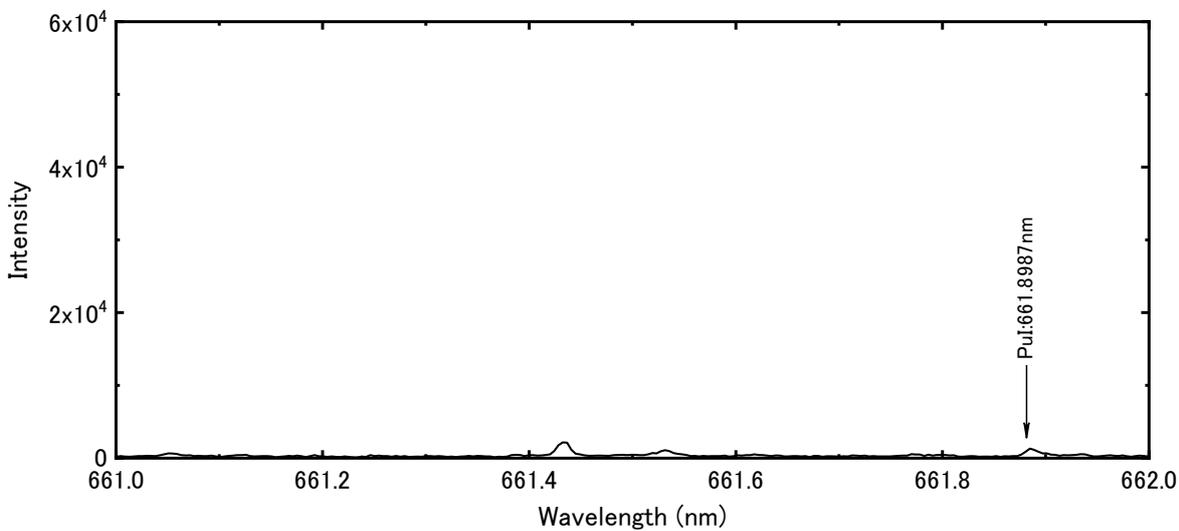
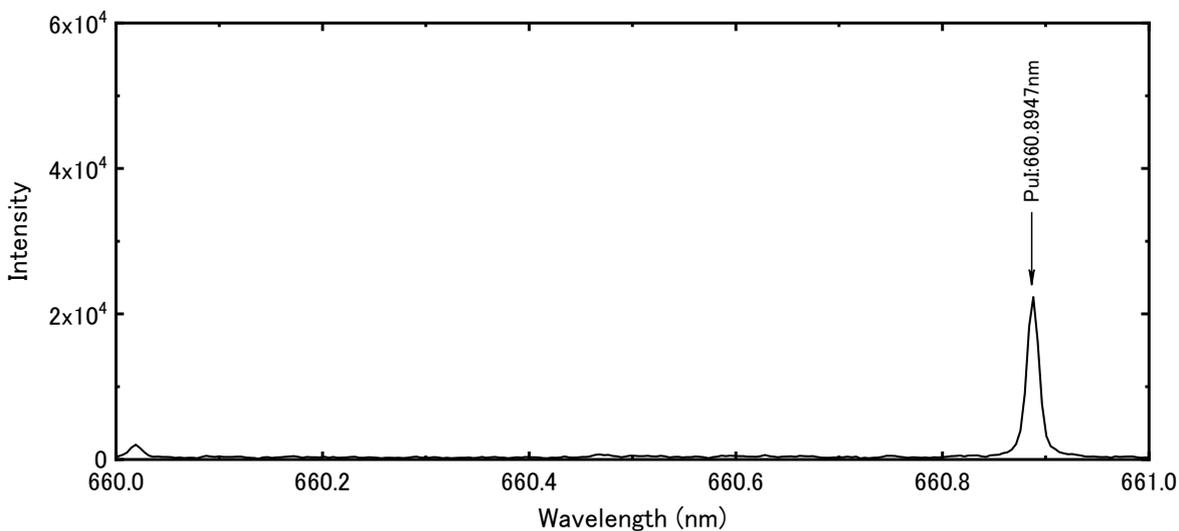
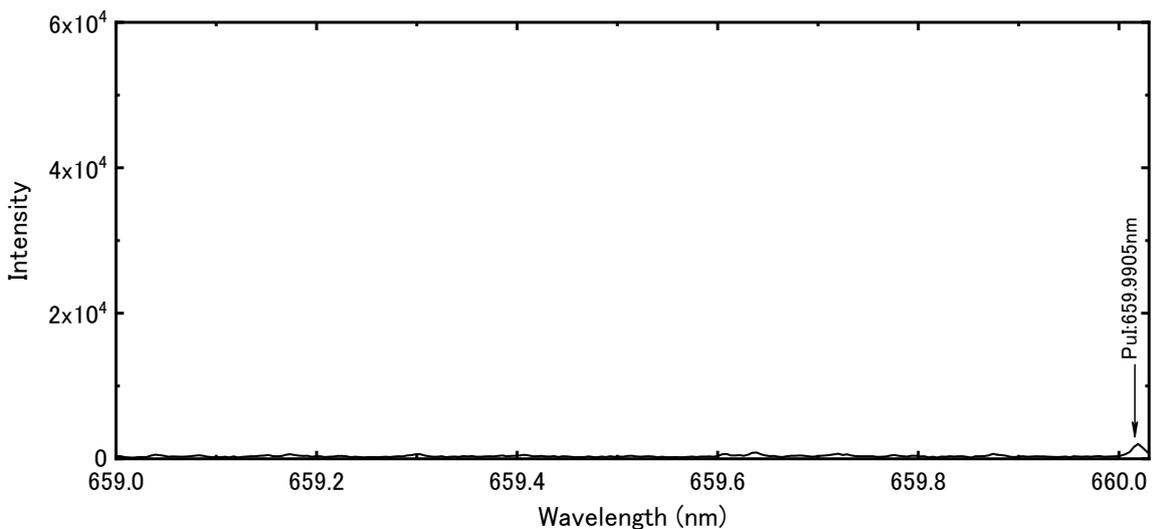


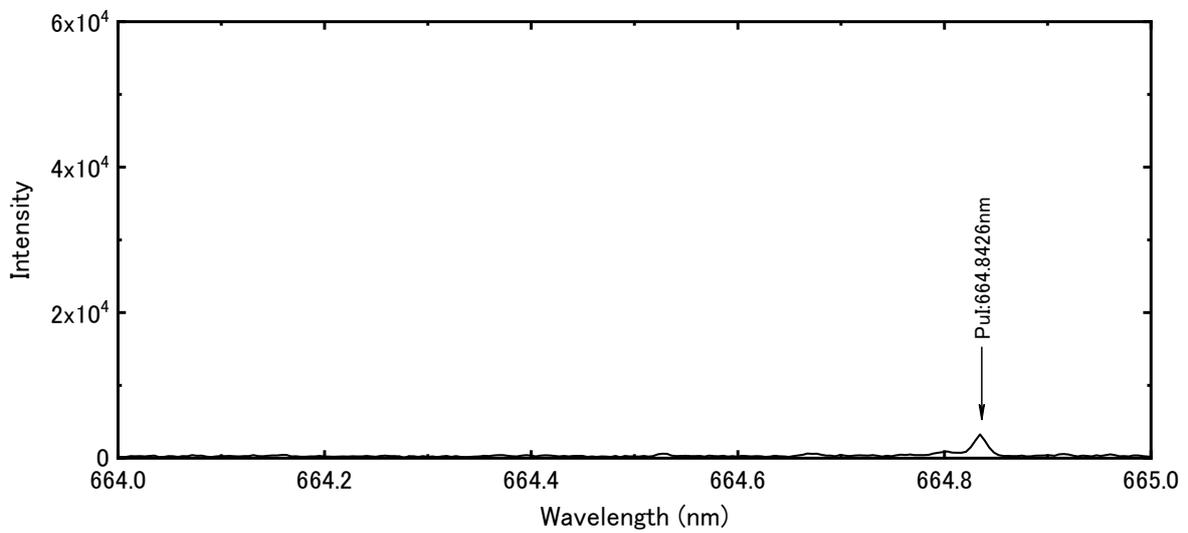
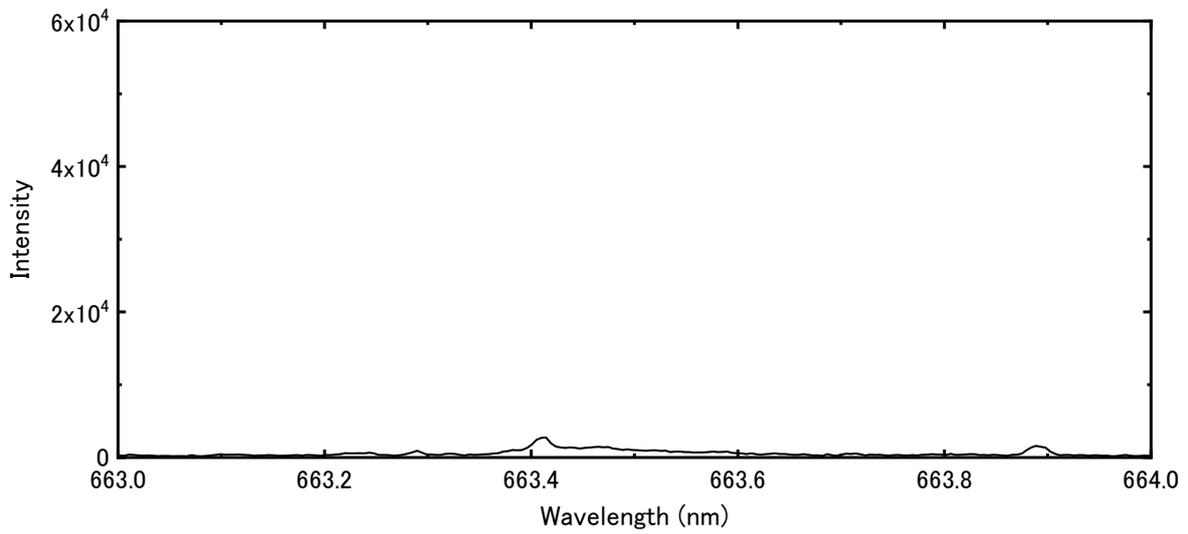
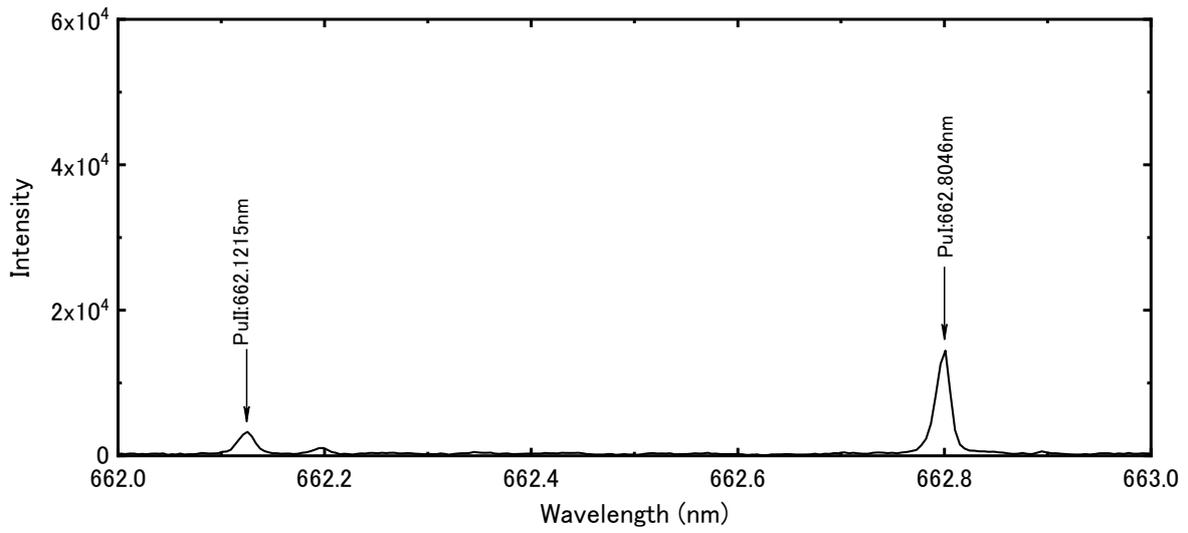


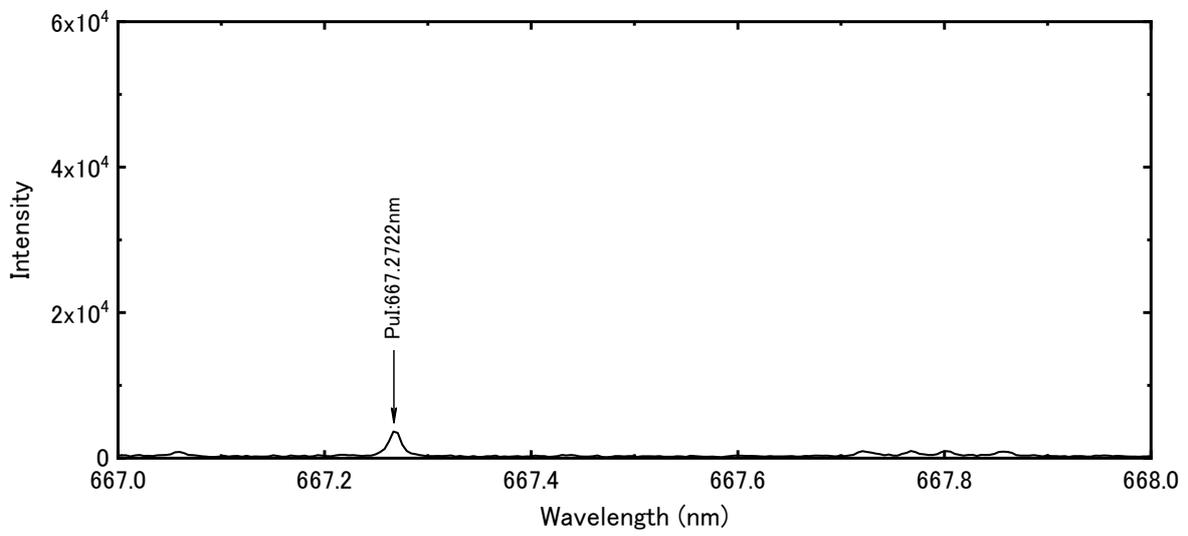
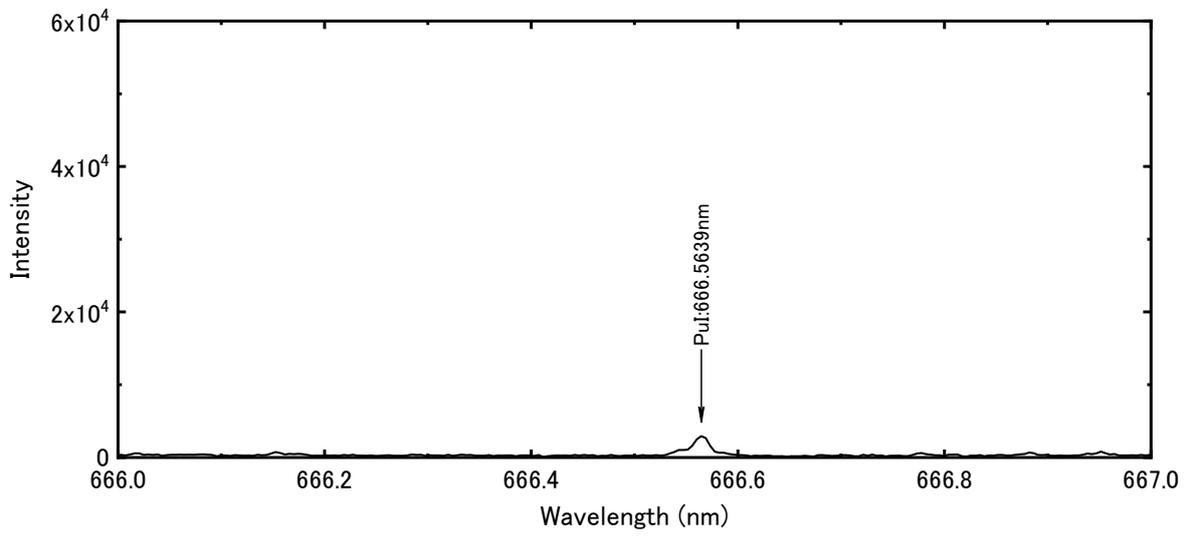
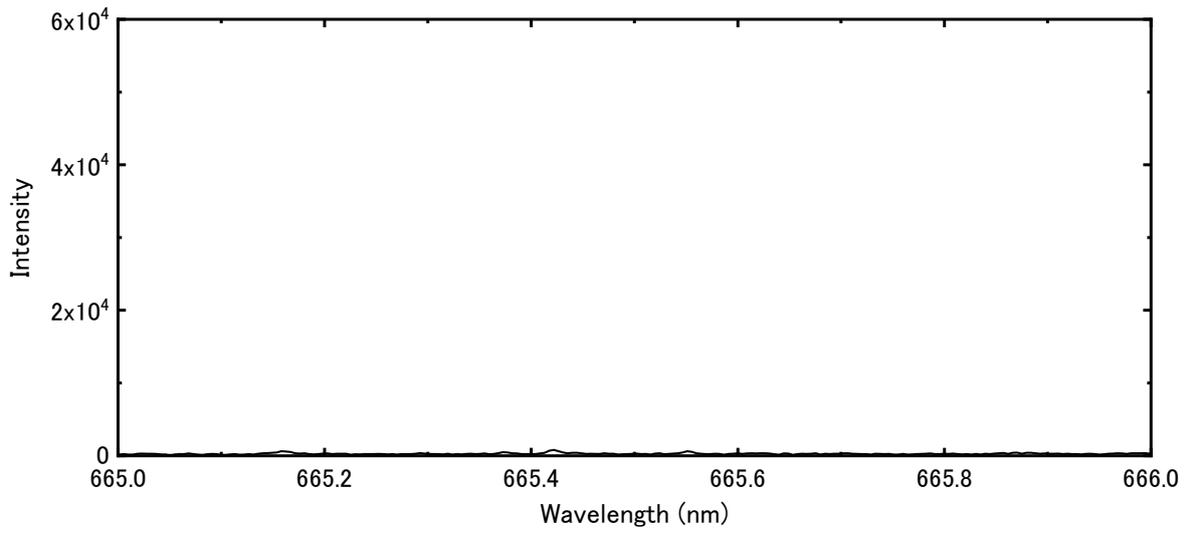


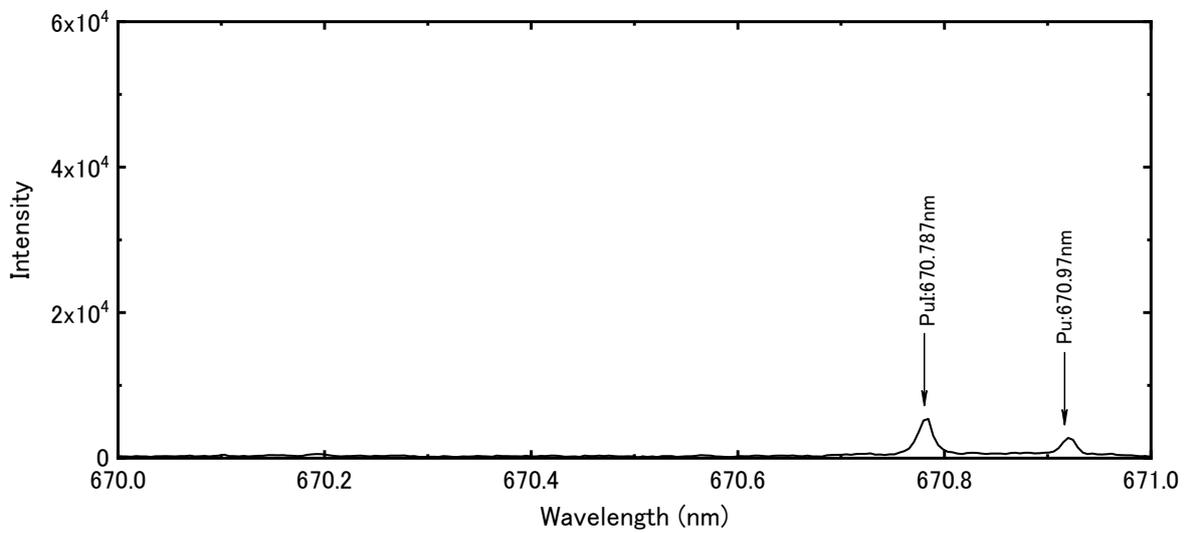
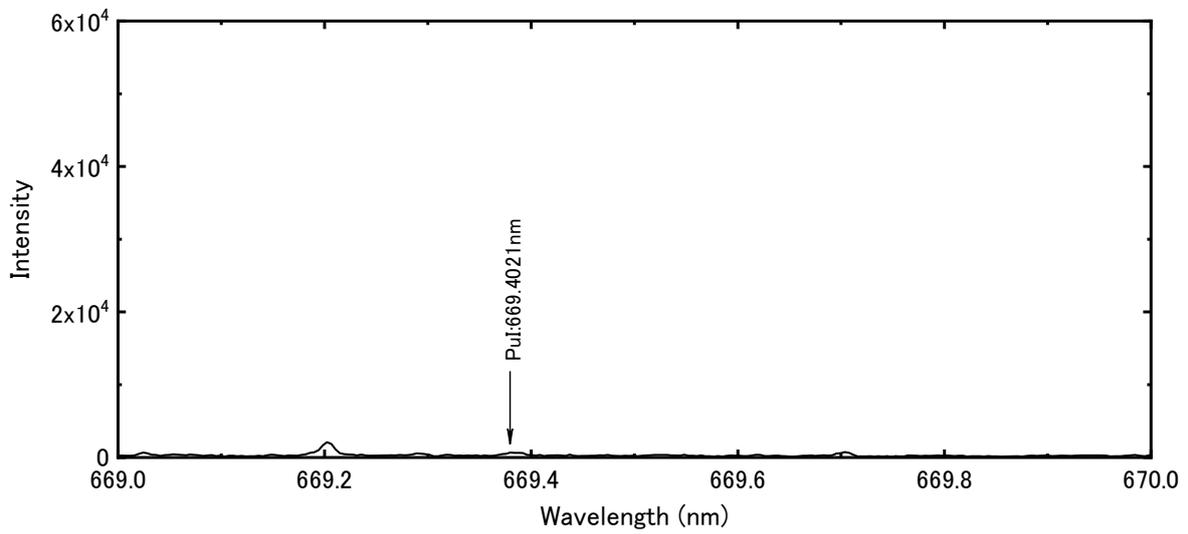
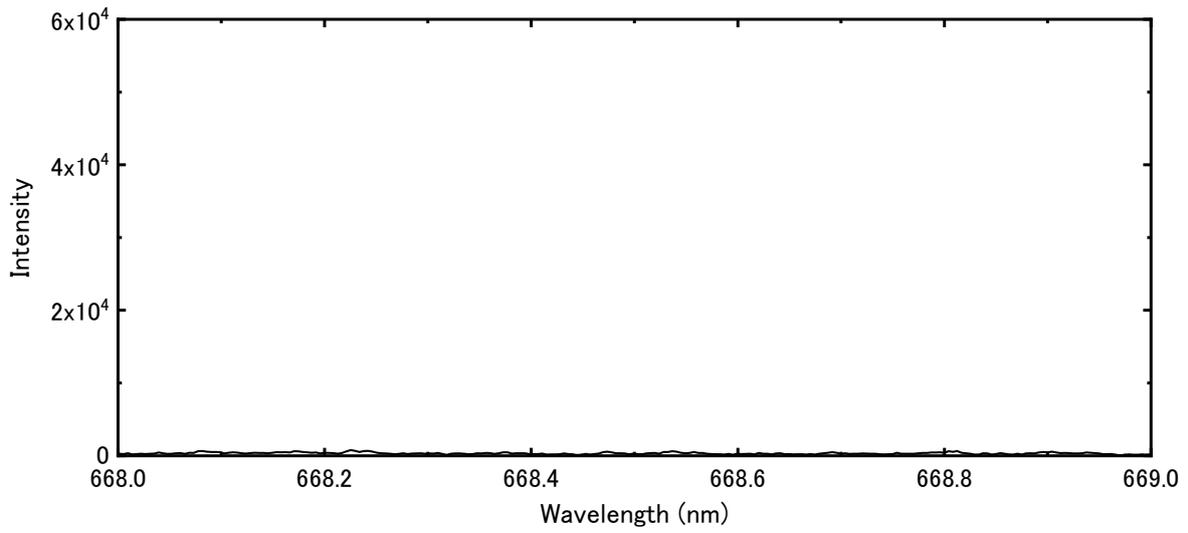


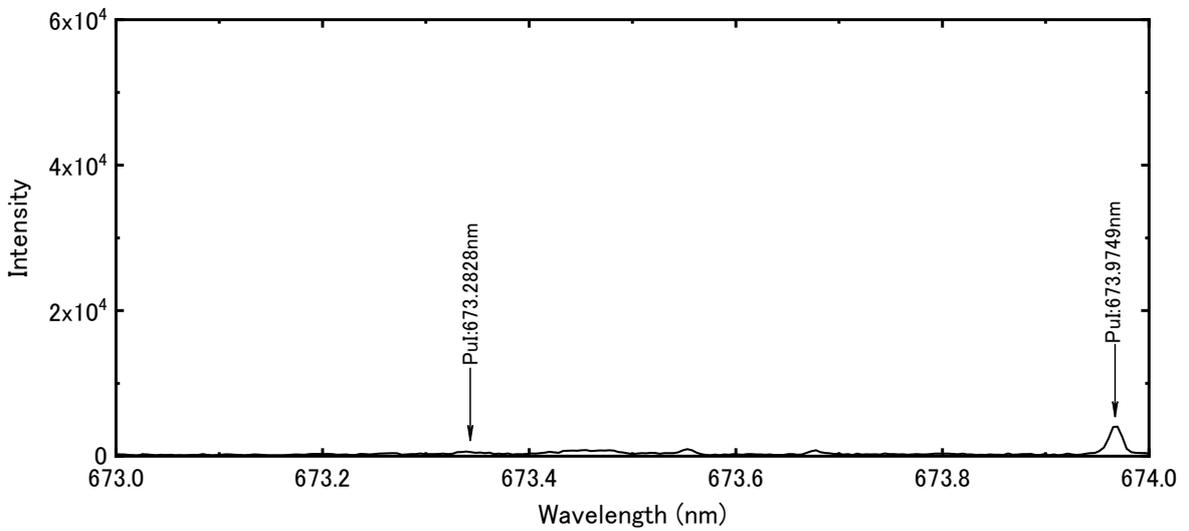
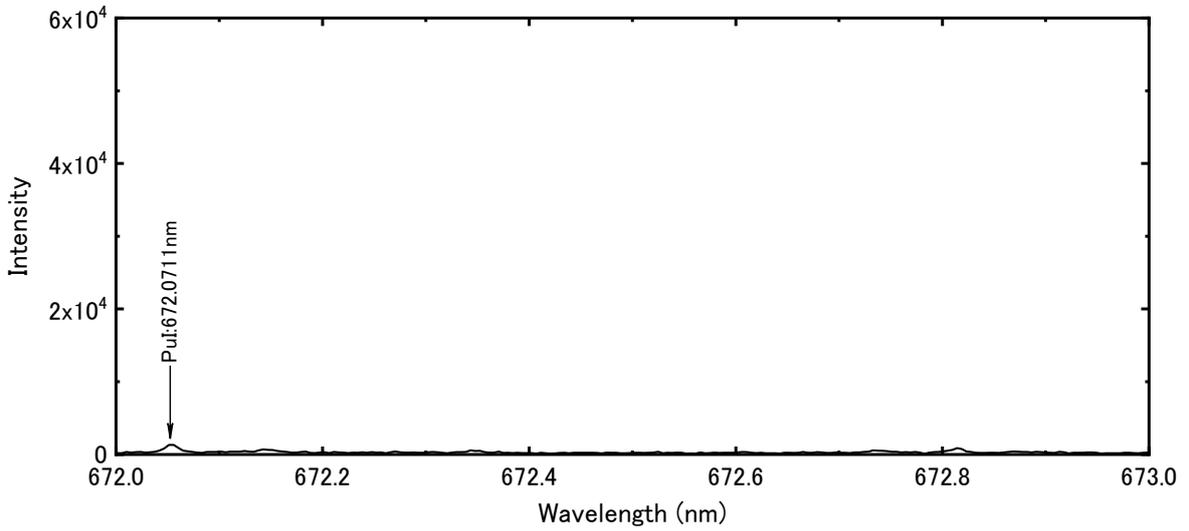
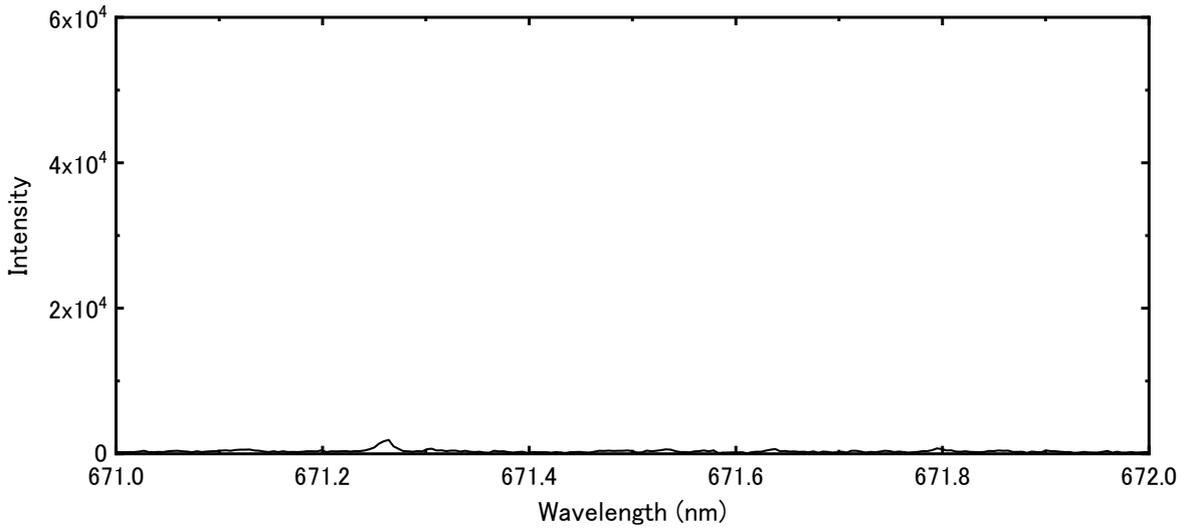


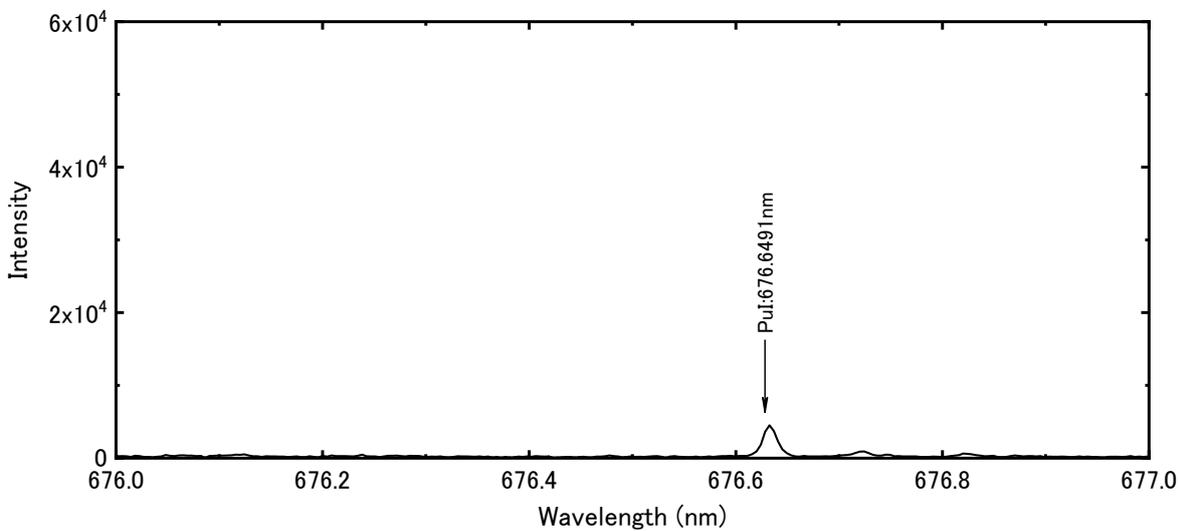
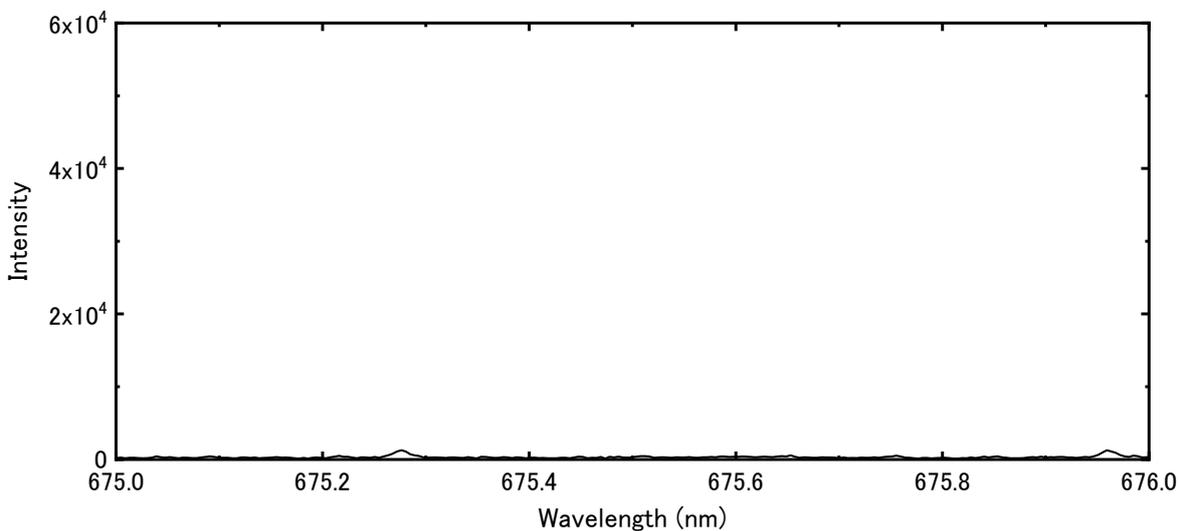
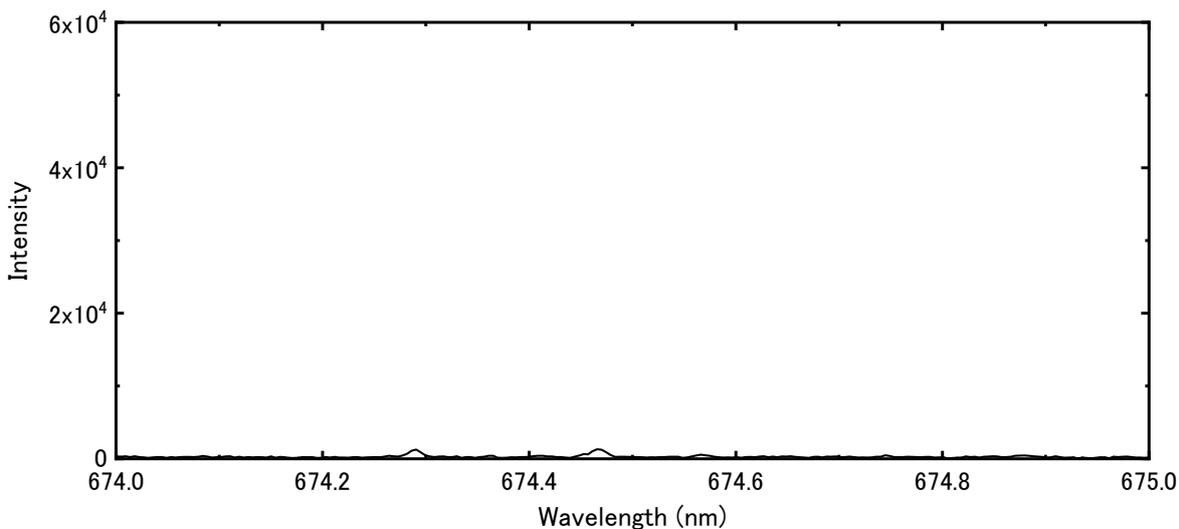


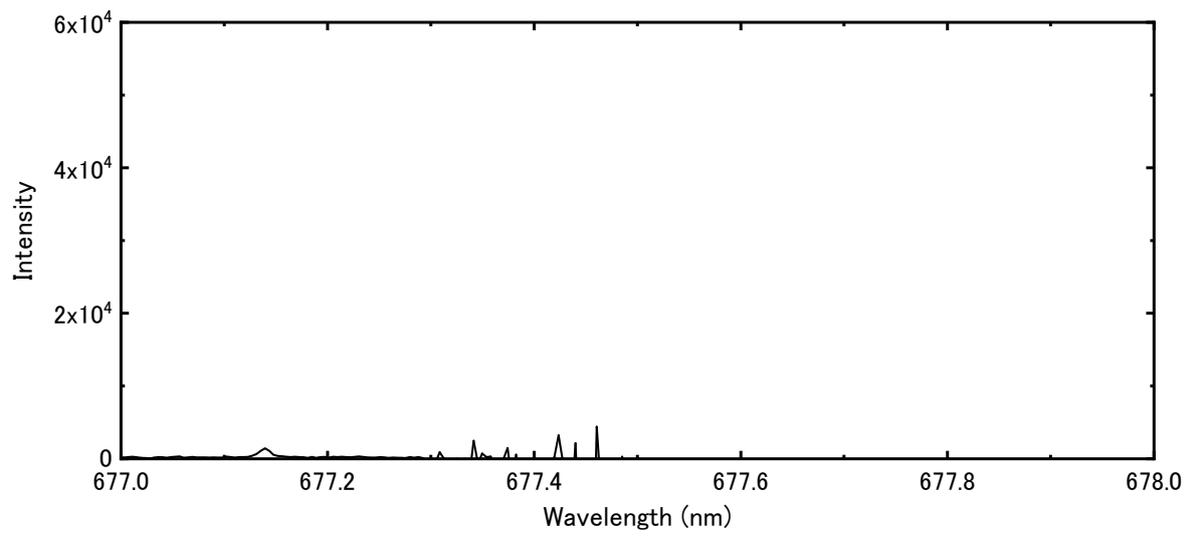












Appendix 3 Identified spectra data of plutonium (343-472nm)

Measurement		ANL-80-93											
Wave length nm	Int.	Wave length nm	Int.	Ion	Lower Energy level				Upper Energy level				
					l/cm	ev	J	g	l/cm	ev	J	g	
343.5423	2.2	343.5386	7	1	9724.351	1.20566	3	0.466	38824.820	4.81366	3	0.836	
344.4209	1.1	344.4058	5	2	8638.233	1.071	5.5	1.517	37665.440	4.66991	4.5	1.097	
344.9191	0.9	344.9067	8	2	2014.966	0.24982	1.5	1.89	31000.010	3.84351	1.5	1.669	
345.5331	2.0	345.5247	8	2	5717.976	0.70894	3.5	1.596	34651.175	4.29619	3.5	1.052	
345.6162	1.8	345.6083	7	1	9724.351	1.20566	3	0.433	38650.550	4.79205	2	0.776	
346.2793	2.5	346.2624	5	2	3969.846	0.4922	2.5	1.65	32841.375	4.07181	1.5	1.214	
346.3392	1.7	346.3557	6	2	11504.095	1.42632	3.5	0.79	40367.875	5.00497	4.5	1.1	
346.5262	3.5	346.5100	9	2	3969.846	0.4922	2.5	1.668	32820.775	4.06925	2.5	1.313	
346.9317	1.6	346.9164	8	2	8709.640	1.07986	3.5	0.307	37526.775	4.65272	4.5	0.59	
347.3702	6.1	347.3645	9	2	2014.966	0.24982	1.5	1.88	30794.930	3.81808	1.5	1.086	
347.6621	2.6	347.6495	7	1	6313.866	0.78282	4	0.496	35070.230	4.34815	5	0.878	
347.8513	1.3	347.8391	6	1	6313.866	0.78282	4	0.503	35054.565	4.34621	3	1.014	
347.8766	1.8	347.8598	6	1	0.000	0	0	0	28738.988	3.56317	1	1.896	
348.3394	3.2	348.3203	9	2	3969.846	0.4922	2.5	1.668	32670.835	4.05066	2.5	1.363	
349.1246	1.1	349.1225	6	2	5717.976	0.70894	3.5	1.568	34353.025	4.25923	3.5	1.171	
349.1728	1.7	349.1692	7	1	4299.659	0.53309	2	1.471	32930.874	4.0829	3	1.21	
349.6540	3.2	349.6406	7	1	6313.866	0.78282	4	0.49	34906.470	4.32784	5	0.928	
349.7376	2.5	349.7232	7	2	3969.846	0.4922	2.5	1.661	32555.705	4.03639	1.5	1.26	
349.8805	3.1	349.8643	7	1	6313.866	0.78282	4	0.487	34888.198	4.32558	5	1.07	
349.9781	1.3	349.9591	6	1	2203.606	0.27321	1	1.504	30770.199	3.81501	2	1.222	
351.3953	0.3	351.3952	5	1	4299.659	0.53309	2	1.474	32749.507	4.06041	2	1.159	
351.4542	1.5	351.4425	8	1	0.000	0	0	0	28446.024	3.52685	1	0.745	
351.6819	2.2	351.6615	7	2	3969.846	0.4922	2.5	0	32398.160	4.01685	2.5	0	
351.7616	1.4	351.7464	7	1	6313.866	0.78282	4	0.489	34735.314	4.30662	3	0.901	
352.6858	1.3	352.6672	6	1	6313.866	0.78282	4	0.478	34661.105	4.29742	4	1.091	
353.1484	0.9	353.1368	7	1	9386.801	1.16381	5	0.801	37696.345	4.67374	6	1.066	
353.3130	2.9	353.3063	8	2	5717.976	0.70894	3.5	1.59	34013.940	4.21718	3.5	1.119	
353.3438	2.2	353.3341	7	2	8638.233	1.071	5.5	1.512	36931.980	4.57897	5.5	1.209	
353.5131	1.3	353.4997	5	1	6313.866	0.78282	4	0.488	34594.350	4.28915	3	1.199	
353.6681	2.6	353.6525	7	1	0.000	0	0	0	28268.265	3.50481	1	1.274	
353.9408	2.0	353.9182	7	2	7278.862	0.90246	4.5	1.543	35525.910	4.40464	4.5	1.176	
354.0224	1.4	353.9996	8	2	3969.846	0.4922	2.5	1.671	32210.400	3.99357	2.5	1.337	
354.0931	1.8	354.0705	7	2	9707.980	1.20363	6.5	1.51	37942.885	4.70431	6.5	1.122	
354.1060	2.2	354.0850	7	1	6144.515	0.76182	3	1.452	34378.267	4.26236	4	1.258	
354.1934	1.2	354.1745	5	1	6313.866	0.78282	4	0.481	34540.469	4.28247	3	0.882	
355.0465	1.4	355.0256	7	2	5717.976	0.70894	3.5	1.555	33876.910	4.20019	3.5	1.004	
355.0547	1.4	355.0348	6	1	2203.606	0.27321	1	1.503	30361.813	3.76438	2	1.061	
355.5805	1.6	355.5677	5	1	6313.866	0.78282	4	0.489	34429.910	4.26876	3	0.909	
355.9522	1.0	355.9303	7	2	11799.241	1.46292	0	0	39886.605	4.9453	0	0	
357.1354	1.4	357.1147	5	1	12351.522	1.53139	6	0.995	40345.740	5.00223	7	1.07	
358.6136	6.7	358.5867	9	2	0.000	0	0.5	3.154	27879.305	3.45659	0.5	0.809	
360.0965	1.2	360.0729	7	2	3235.770	0.40118	0.5	0.281	31000.010	3.84351	1.5	1.661	
360.2961	2.1	360.2680	8	2	7278.862	0.90246	4.5	1.561	35028.065	4.34292	4.5	1.159	
360.4247	1.7	360.3996	8	2	5717.976	0.70894	3.5	1.593	33457.050	4.14814	3.5	1.004	
360.5655	2.4	360.5413	6	1	6313.866	0.78282	4	0.474	34042.040	4.22067	4	0.794	
360.8148	1.7	360.7865	6	1	9179.262	1.13808	5	1.454	36888.610	4.5736	4	1.148	
360.9066	1.9	360.8798	7	2	0.000	0	0.5	3.144	27702.165	3.43463	1.5	1.13	

Measurement		ANL-80-93										
Wave length nm	Int.	Wave length nm	Int.	Ion	Lower Energy level				Upper Energy level			
					l/cm	ev	J	g	l/cm	ev	J	g
360.9576	1.2	360.9313	6	1	7774.653	0.96393	4	1.44	35472.852	4.39807	5	1.178
361.0064	1.4	360.9762	7	2	8638.233	1.071	5.5	0	36333.015	4.50471	5.5	0
361.0953	2.5	361.0703	7	2	5502.060	0.68217	1.5	0	33189.610	4.11498	2.5	1.07
361.1165	1.5	361.0910	6	2	7278.862	0.90246	4.5	1.542	34964.825	4.33508	4.5	1.119
361.4578	1.2	361.4409	7	1	9179.262	1.13808	5	1.452	36838.415	4.56737	6	1.318
361.5139	1.3	361.5023	6	1	9724.351	1.20566	3	0.448	37378.815	4.63437	2	0.964
361.5532	0.6	361.5351	5	1	9179.262	1.13808	5	0	36831.210	4.56648	5	0
361.5925	1.0	361.5705	7	2	3969.846	0.4922	2.5	1.69	31619.095	3.92026	1.5	1.61
361.9323	1.7	361.9131	6	1	4299.659	0.53309	2	1.482	31922.720	3.95791	1	1.277
362.1222	1.9	362.0996	6	1	7774.653	0.96393	4	1.461	35383.505	4.38699	3	1.03
362.1577	1.1	362.1326	7	2	2014.966	0.24982	1.5	1.884	29621.300	3.67257	1.5	1.057
362.7269	3.4	362.6990	8	1	0.000	0	0	0	27563.217	3.4174	1	0.745
362.7811	2.7	362.7524	8	2	3235.770	0.40118	0.5	0.292	30794.930	3.81808	1.5	1.082
362.9000	1.3	362.8702	5	2	10726.322	1.32989	4.5	1.374	38276.535	4.74568	5.5	1.186
362.9969	1.2	362.9608	4	2	8709.640	1.07986	0	0	36252.985	4.49479	0	0
363.0076	1.0	362.9841	3	2	2014.966	0.24982	0	0	29556.550	3.66454	0	0
363.1360	1.0	363.1035	4	2	9242.356	1.1459	3.5	0	36774.865	4.55949	3.5	0
363.1595	1.3	363.1337	7	1	4299.659	0.53309	2	1.489	31829.899	3.9464	3	1.235
363.2319	1.4	363.2047	4	1	15074.958	1.86905	0	0	42599.780	5.28169	0	0
363.2468	4.5	363.2210	9	1	8768.139	1.08711	2	0	36291.840	4.49961	3	0
363.2787	1.1	363.2430	3	2	12992.644	1.61088	0	0	40514.565	5.02316	0	0
363.5109	0.9	363.4874	6	2	9707.980	1.20363	6.5	0	37211.420	4.61362	6.5	0
363.5255	0.7	363.5095	4	0	0.000	0	0	1.17	0.000	0	0	1.17
363.6114	1.0	363.5878	7	0	0.000	0	0	0.945	0.000	0	0	0.945
363.6678	1.7	363.6431	8	2	3235.770	0.40118	0.5	0.297	30727.440	3.80971	1.5	1.207
363.7863	1.9	363.7643	6	1	6144.515	0.76182	3	1.473	33627.017	4.16921	2	1.302
363.8940	0.9	363.8757	8	1	10238.473	1.26941	6	1.433	37712.550	4.67575	5	1.166
363.9976	2.3	363.9787	7	2	0.000	0	0.5	3.155	27466.315	3.40538	1.5	1.797
364.3553	2.3	364.3294	6	1	6144.515	0.76182	3	1.469	33584.384	4.16393	3	1.057
364.3687	1.2	364.3325	4	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0
364.4043	1.4	364.3781	5	1	8768.139	1.08711	2	0.378	36204.345	4.48876	3	1.218
364.4822	1.4	364.4536	6	1	6144.515	0.76182	3	1.479	33575.046	4.16277	3	1.067
364.5533	1.6	364.5244	6	1	4299.659	0.53309	2	1.478	31724.867	3.93338	2	1.01
364.6196	0.9	364.5909	5	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0
364.6991	0.8	364.6725	5	1	6144.515	0.76182	3	1.443	33558.579	4.16073	4	1.032
364.8331	2.1	364.8121	6	1	7774.653	0.96393	4	1.474	35178.224	4.36154	3	1.086
364.8813	1.2	364.8517	6	2	9242.356	1.1459	3.5	1.36	36642.955	4.54314	3.5	1.36
364.9315	1.2	364.8984	6	2	7498.364	0.92968	2.5	1.304	34895.470	4.32648	3.5	1.145
364.9577	1.7	364.9254	7	2	8638.233	1.071	5.5	1.529	36033.315	4.46755	4.5	1.14
365.1704	3.9	365.1413	8	2	2014.966	0.24982	1.5	1.88	29393.835	3.64437	0.5	-0.515
365.1898	2.2	365.1605	6	1	10238.473	1.26941	6	1.446	37615.923	4.66377	5	1.117
365.2609	1.1	365.2290	6	2	7278.862	0.90246	4.5	1.529	34651.175	4.29619	3.5	1.027
365.3190	1.5	365.2905	4	1	2203.606	0.27321	1	1.49	29571.327	3.66637	1	1.132
365.3769	1.3	365.3489	6	1	6144.515	0.76182	3	1.473	33507.825	4.15443	2	1.112
365.4560	0.9	365.4352	5	1	4299.659	0.53309	2	1.48	31656.500	3.9249	1	0.899
365.4944	1.0	365.4772	5	2	8198.666	1.0165	2.5	0.406	35552.385	4.40793	3.5	0.895
365.9688	2.4	365.9454	7	2	5502.060	0.68217	1.5	1.158	32820.775	4.06925	2.5	1.308
366.0576	1.4	366.0378	7	1	6144.515	0.76182	3	1.46	33456.315	4.14805	4	1.197
366.0851	1.9	366.0698	5	2	14295.565	1.77242	3.5	0.78	41605.005	5.15835	2.5	0.935

Measurement		ANL-80-93										
Wave length nm	Int.	Wave length nm	Int.	Ion	Lower Energy level				Upper Energy level			
					l/cm	ev	J	g	l/cm	ev	J	g
366.2788	2.2	366.2658	5	2	8198.666	1.0165	2.5	0.419	35493.485	4.40062	3.5	0.936
366.4079	1.8	366.3827	7	2	3969.846	0.4922	2.5	1.667	31255.945	3.87524	1.5	0.916
366.6374	1.5	366.6105	4	2	9707.980	1.20363	6.5	1.485	36977.120	4.58457	5.5	1.125
366.7446	1.4	366.7242	7	1	6144.515	0.76182	3	1.472	33405.200	4.14171	2	1.273
366.7536	2.5	366.7402	5	2	7498.364	0.92968	2.5	1.271	34757.860	4.30942	3.5	1.153
366.8470	1.4	366.8273	4	1	8768.139	1.08711	2	0.36	36021.165	4.46605	3	1.05
367.0945	1.3	367.0631	6	1	9179.262	1.13808	5	1.45	36414.798	4.51485	4	1.11
367.1604	1.5	367.1265	5	2	10726.322	1.32989	4.5	0	37957.130	4.70608	4.5	0
367.1932	1.2	367.1620	6	1	0.000	0	0	0	27228.191	3.37586	1	1.767
367.5216	1.4	367.4886	7	2	10436.770	1.29399	4.5	0.714	37640.775	4.66685	5.5	0.7
367.7174	1.8	367.6800	5	1	7774.653	0.96393	4	0	34964.470	4.33503	4	0
367.7794	1.6	367.7562	7	1	6313.866	0.78282	4	0.476	33498.071	4.15322	3	0.766
367.9920	1.2	367.9650	7	2	5502.060	0.68217	1.5	1.168	32670.835	4.05066	2.5	1.363
368.0765	0.8	368.0522	7	2	0.000	0	0.5	3.143	27162.335	3.36769	1.5	1.049
368.3988	1.2	368.3800	8	1	2203.606	0.27321	1	1.496	29341.761	3.63791	2	1.188
368.6873	1.5	368.6792	5	1	6144.515	0.76182	3	1.471	33260.650	4.12379	3	1.013
368.7643	1.3	368.7351	6	1	4299.659	0.53309	2	1.483	31411.690	3.89455	2	1.29
368.8456	1.2	368.8100	6	2	10726.322	1.32989	4.5	1.31	37832.845	4.69067	4.5	1.31
368.8613	1.3	368.8337	6	1	6313.866	0.78282	4	0.48	33418.637	4.14338	5	0.864
368.8794	1.3	368.8461	1	2	11799.241	1.46292	0	0	38903.090	4.82336	0	0
368.8906	1.3	368.8593	5	2	9242.356	1.1459	3.5	0	36345.225	4.50623	3.5	0
368.9984	1.4	368.9663	5	1	10238.473	1.26941	6	1.45	37333.515	4.62876	5	1.09
369.0521	1.4	369.0262	4	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0
369.0677	1.9	369.0350	7	2	10436.770	1.29399	4.5	0.767	37526.775	4.65272	4.5	0.63
369.1637	1.8	369.1334	6	2	7278.862	0.90246	0	0	34361.635	4.26029	0	0
369.2614	1.8	369.2347	3	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0
369.5502	4.5	369.5196	8	1	7774.653	0.96393	4	1.49	34829.137	4.31826	3	1.152
369.5633	3.2	369.5308	7	2	5502.060	0.68217	1.5	0	32555.705	4.03639	1.5	1.19
369.5896	2.1	369.5532	2	1	14025.007	1.73888	0	0	41077.010	5.09289	0	0
369.6071	0.9	369.5782	4	2	8638.233	1.071	0	0	35688.405	4.42479	0	0
369.8853	1.3	369.8575	5	1	6144.515	0.76182	3	1.487	33174.265	4.11308	2	0.882
369.9047	1.4	369.8750	2	2	19317.370	2.39504	0	0	46345.820	5.74614	0	0
369.9263	1.3	369.8895	1	2	19277.180	2.39006	0	0	46304.585	5.74103	0	0
369.9500	3.5	369.9199	9	1	7774.653	0.96393	4	0	34799.810	4.31462	4	0
369.9672	1.1	369.9436	6H	2	13013.685	1.61349	0	0	40037.110	4.96396	0	0
370.1345	3.0	370.1079	8	2	2014.966	0.24982	1.5	1.889	29026.425	3.59881	2.5	1.156
370.3642	1.8	370.3409	2	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0
370.3769	2.0	370.3514	2	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0
370.4445	1.6	370.4217	2	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0
370.5996	3.7	370.5800	6	1	7774.653	0.96393	4	1.466	34751.714	4.30866	4	1.149
370.6158	4.2	370.5963	7	1	6144.515	0.76182	3	1.463	33120.375	4.1064	3	1.105
370.6642	1.8	370.6419	6	1	4299.659	0.53309	2	0	31272.205	3.87725	2	0
370.9418	4.4	370.9127	8	2	5717.976	0.70894	3.5	1.604	32670.835	4.05066	2.5	1.361
370.9577	1.9	370.9333	2	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0
371.2006	1.4	371.1683	6	1	7774.653	0.96393	4	1.476	34708.947	4.30335	4	1.056
371.3133	1.5	371.2814	7	1	6144.515	0.76182	3	1.477	33070.573	4.10022	2	0.68
371.3918	1.0	371.3891	7	1	7774.653	0.96393	4	1.462	34692.946	4.30137	3	1.19
371.4232	1.8	371.4257	7	1	10238.473	1.26941	6	1.439	37154.100	4.60651	5	1.131
371.5193	3.3	371.4724	7	1	4299.659	0.53309	2	1.461	31211.905	3.86978	1	1.212

Measurement		ANL-80-93										
Wave length nm	Int.	Wave length nm	Int.	Ion	Lower Energy level				Upper Energy level			
					l/cm	ev	J	g	l/cm	ev	J	g
371.7369	1.6	371.7030	6	2	3969.846	0.4922	2.5	1.646	30865.395	3.82682	3.5	1.304
371.7789	2.5	371.7534	4	1	10486.922	1.30021	1	0	37378.815	4.63437	2	0
371.8252	1.5	371.7914	6	2	5717.976	0.70894	3.5	1.539	32607.135	4.04276	4.5	0.986
371.8472	2.9	371.8120	8	2	8638.233	1.071	5.5	0	35525.910	4.40464	4.5	0
371.8912	2.1	371.8578	6	1	6144.515	0.76182	3	1.478	33028.868	4.09505	2	0.995
371.9197	1.3	371.8994	7	1	7774.653	0.96393	4	1.458	34656.014	4.29679	3	1.11
372.0554	4.6	372.0243	9	2	2014.966	0.24982	1.5	1.886	28887.310	3.58156	0.5	0.156
372.0902	3.8	372.0587	9R	1	2203.606	0.27321	1	1.489	29073.454	3.60464	1	1.353
372.1642	1.7	372.1337	9R	1	2203.606	0.27321	1	1.504	29068.029	3.60397	2	1.294
372.1880	1.9	372.1573	8	2	10436.770	1.29399	4.5	0.713	37299.525	4.62454	5.5	0.912
372.2011	1.3	372.1739	6	1	10238.473	1.26941	6	0	37100.000	4.59981	6	0
372.2227	1.7	372.1969	1	1	12322.613	1.52781	0	0	39182.490	4.858	0	0
372.3092	1.5	372.2793	7	1	7774.653	0.96393	4	1.47	34628.584	4.29339	4	1.151
372.3222	1.1	372.3031	6	1	4299.659	0.53309	2	1.485	31151.870	3.86233	2	1.633
372.3308	1.1	372.3080	4	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0
372.4427	1.1	372.4155	6	1	6144.515	0.76182	3	1.472	32988.621	4.09006	3	1.174
372.6243	4.5	372.5982	9R	1	4299.659	0.53309	2	1.492	31130.605	3.8597	1	2.355
372.6349	2.2	372.6110	9	2	0.000	0	0.5	3.152	26830.020	3.32649	0.5	-0.095
372.7029	3.3	372.6796	9	2	3969.846	0.4922	2.5	1.67	30794.930	3.81808	1.5	1.083
372.8750	3.1	372.8533	6	1	10238.473	1.26941	6	1.43	37051.050	4.59374	5	1.191
372.8913	2.6	372.8737	5	1	9772.532	1.21164	0	0	36583.653	4.53579	1	1.1
372.9052	5.0	372.8835	7R	1	6144.515	0.76182	3	1.474	32954.929	4.08588	3	1.106
373.0280	1.7	373.0043	4B	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0
373.0812	2.6	373.0620	4	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0
373.2376	4.4	373.2037	9	2	2014.966	0.24982	1.5	1.88	28802.375	3.57103	0.5	0.818
373.2468	3.5	373.2184	7R	1	6144.515	0.76182	3	1.474	32930.874	4.0829	3	1.219
373.4023	1.6	373.3735	5	1	6313.866	0.78282	4	0.493	33089.092	4.10252	5	1.075
373.6292	2.4	373.5963	7	1	6144.515	0.76182	3	1.48	32903.777	4.07954	4	1.13
373.9703	1.6	373.9341	7	2	7278.862	0.90246	4.5	1.543	34013.940	4.21718	3.5	1.116
374.1058	3.2	374.0711	8R	1	4299.659	0.53309	2	1.482	31024.953	3.8466	3	1.335
374.3418	2.7	374.3085	7	2	5502.060	0.68217	1.5	1.168	32210.400	3.99357	2.5	1.336
374.3988	1.6	374.3681	7	1	9179.262	1.13808	5	1.459	35883.360	4.44896	5	1.166
374.5102	3.2	374.4790	9R	1	4299.659	0.53309	2	1.465	30995.841	3.84299	2	1.465
374.6081	1.4	374.5800	7	1	9179.262	1.13808	5	1.46	35868.246	4.44709	6	1.168
374.7466	1.8	374.7576	7	2	3969.846	0.4922	2.5	1.668	30646.175	3.79964	3.5	1.27
374.9077	2.5	374.8804	7R	1	9179.262	1.13808	5	1.461	35846.861	4.44444	5	1.162
375.0870	2.1	375.0856	3	2	5502.060	0.68217	0	0	32155.060	3.98671	0	0
375.1316	2.4	375.1124	6	1	10238.473	1.26941	6	1.437	36889.583	4.57372	6	1.159
375.3905	9.7	375.3628	9R	1	0.000	0	0	0	26633.286	3.3021	1	1.124
375.4114	2.5	375.3816	6	1	10238.473	1.26941	6	1.431	36870.455	4.57135	5	1.126
375.4392	5.3	375.4113	9R	1	4299.659	0.53309	2	1.504	30929.516	3.83477	1	2.282
375.5410	2.9	375.5105	7	1	7774.653	0.96393	4	1.459	34397.513	4.26474	3	1.151
375.5594	1.7	375.5276	7	2	9242.356	1.1459	0	0	35863.985	4.44656	0	0
375.5940	1.9	375.5577	4	2	9242.356	1.1459	0	0	35861.855	4.4463	0	0
375.6239	5.2	375.5940	9R	1	2203.606	0.27321	1	1.506	28820.548	3.57329	0	0
375.6699	2.0	375.6219	4	2	5717.976	0.70894	0	0	32332.915	4.00876	0	0
375.7982	2.1	375.7626	7	1	6144.515	0.76182	3	1.497	32749.507	4.06041	2	1.193
375.8165	4.5	375.7816	9R	1	7774.653	0.96393	4	1.467	34378.267	4.26236	4	1.275
375.8416	1.2	375.8338	9	1	10238.473	1.26941	6	1.414	36838.415	4.56737	6	0.298

Measurement		ANL-80-93										
Wave length nm	Int.	Wave length nm	Int.	Ion	Lower Energy level				Upper Energy level			
					l/cm	ev	J	g	l/cm	ev	J	g
375.8667	5.1	375.8607	6	2	7278.862	0.90246	4.5	1.519	33876.910	4.20019	3.5	1.017
375.9258	3.3	375.8903	7R	0	0.000	0	3	1.278	0.000	0	3	1.278
376.3587	1.6	376.3219	5	2	5717.976	0.70894	3.5	1.595	32283.420	4.00263	2.5	1.051
376.4257	2.2	376.3884	7	1	9179.262	1.13808	5	1.454	35740.015	4.43119	4	1.105
376.4969	1.8	376.4653	6	1	6313.866	0.78282	4	0.521	32869.165	4.07525	5	0.952
376.5812	1.9	376.5234	3	2	14476.135	1.79481	0	0	41027.335	5.08673	0	0
376.6277	5.3	376.5930	7R	1	2203.606	0.27321	1	1.49	28749.920	3.56453	2	1.49
376.7820	2.3	376.7478	7R	1	2203.606	0.27321	1	1.498	28738.988	3.56317	1	1.898
376.8543	1.8	376.8209	8R	1	6144.515	0.76182	3	1.473	32674.758	4.05115	3	1.192
376.9068	2.7	376.8570	4	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0
377.0614	1.9	377.0296	7	2	7498.364	0.92968	2.5	1.318	34013.940	4.21718	3.5	1.118
377.3889	1.5	377.3593	8	2	5717.976	0.70894	3.5	1.589	32210.400	3.99357	2.5	1.338
377.4637	2.6	377.4384	9R	1	2203.606	0.27321	1	1.497	28690.482	3.55716	1	1.201
377.5849	1.7	377.5648	8	2	7278.862	0.90246	4.5	1.544	33756.860	4.18531	3.5	1.271
377.6125	1.8	377.5745	3	2	11799.241	1.46292	0	0	38276.535	4.74568	0	0
377.6928	2.3	377.6712	9R	1	4299.659	0.53309	2	1.493	30770.199	3.81501	2	1.233
377.7012	1.6	377.6802	7	1	9179.262	1.13808	5	1.468	35649.165	4.41993	5	1.2
377.8860	1.1	377.8714	1	2	20121.145	2.4947	0	0	46577.625	5.77488	0	0
377.9362	1.0	377.9154	4	1	7774.653	0.96393	4	1.46	34228.090	4.24374	4	1.05
377.9945	1.9	377.9737	7	1	10238.473	1.26941	6	1.438	36687.810	4.5487	6	1.147
378.2653	2.0	378.2465	4H	2	16362.000	2.02863	0	1.55	42792.230	5.30555	0	1.55
378.4153	1.0	378.3846	2	2	21670.405	2.68678	0	0	48091.025	5.96252	0	0
378.4652	1.3	378.4314	6	1	8768.139	1.08711	2	0.369	35185.490	4.36244	1	0.914
378.4925	1.9	378.4564	6	0	0.000	0	0	0.97	0.000	0	0	0.97
378.5830	1.5	378.5679	4	1	6144.515	0.76182	3	1.486	32552.325	4.03597	2	0.998
378.7227	1.8	378.6857	6	1	9179.262	1.13808	5	1.448	35578.900	4.41121	5	1.187
378.7654	2.9	378.7266	7	1	10238.473	1.26941	6	1.4	36635.245	4.54218	7	1.09
378.9241	1.9	378.8880	7	2	3235.770	0.40118	0.5	0.338	29621.300	3.67257	1.5	1.074
379.0241	1.7	378.9880	6	2	7498.364	0.92968	2.5	1.331	33876.910	4.20019	3.5	1.051
379.0441	0.9	379.0088	5	1	9179.262	1.13808	0	0	35556.380	4.40842	0	0
379.0641	1.3	379.0260	5	1	7774.653	0.96393	4	0	34150.575	4.23412	4	0
379.0796	1.2	379.0455	6	1	6144.515	0.76182	3	1.479	32519.048	4.03184	2	0.889
379.1547	1.6	379.0909	4	1	4299.659	0.53309	2	1.471	30671.063	3.80272	1	0.76
379.1657	2.1	379.1430	1W	2	19317.370	2.39504	0	0	45685.090	5.66422	0	0
379.2538	2.6	379.2220	9R	1	2203.606	0.27321	1	1.493	28565.887	3.54171	2	0.912
379.5052	1.7	379.4532	6	1	4299.659	0.53309	2	1.492	30645.856	3.7996	2	1.551
379.9305	2.8	379.9056	6	1	6144.515	0.76182	3	1.478	32459.347	4.02444	3	1.121
379.9636	6.3	379.9368	9R	1	4299.659	0.53309	2	0	30612.323	3.79544	3	0
380.1377	3.8	380.1046	7	1	6144.515	0.76182	3	1.476	32445.590	4.02273	4	1.13
380.1658	1.8	380.1345	5	1	9386.801	1.16381	0	0	35685.835	4.42447	0	0
380.2150	1.3	380.1844	2	2	11799.241	1.46292	0	0	38094.785	4.72314	0	0
380.2454	2.4	380.2125	7R	1	9179.262	1.13808	5	1.454	35472.852	4.39807	5	1.2
380.2921	2.5	380.2595	5	1	10238.473	1.26941	6	1.434	36528.843	4.52899	7	1.133
380.3828	1.9	380.3463	5	1	10238.473	1.26941	6	1.402	36522.818	4.52825	5	1.078
380.3968	3.9	380.3577	6	2	9242.356	1.1459	3.5	1.37	35525.910	4.40464	4.5	1.178
380.6027	1.8	380.5655	3	2	8638.233	1.071	0	0	34907.455	4.32797	0	0
380.6281	5.0	380.5923	9R	1	2203.606	0.27321	1	1.484	28470.960	3.52994	2	1.092
380.7864	1.8	380.7472	5	2	5502.060	0.68217	0	0	31758.755	3.93758	0	0
380.8801	2.6	380.8425	7R	1	0.000	0	0	0	26250.080	3.25459	1	1.29

Measurement		ANL-80-93										
Wave length nm	Int.	Wave length nm	Int.	Ion	Lower Energy level				Upper Energy level			
					l/cm	ev	J	g	l/cm	ev	J	g
380.9506	2.6	380.9161	7	2	2014.966	0.24982	1.5	1.889	28259.990	3.50379	1.5	1.271
380.9915	3.1	380.9538	8R	1	2203.606	0.27321	1	1.497	28446.024	3.52685	1	0.75
381.0573	5.9	381.0188	8	2	2014.966	0.24982	1.5	1.874	28252.945	3.50291	0.5	0.904
381.1769	4.0	381.1397	9R	1	7774.653	0.96393	4	1.466	34004.281	4.21599	5	1.243
381.2130	1.9	381.1751	6	2	13809.910	1.71221	4.5	0	40037.110	4.96396	5.5	0
381.2242	1.9	381.1988	3	2	11504.095	1.42632	0	0	37729.665	4.67787	0	0
381.2669	3.5	381.2301	9	2	3969.846	0.4922	2.5	1.673	30193.265	3.74348	1.5	1.368
381.3319	1.8	381.3046	3	2	9242.356	1.1459	3.5	1.369	35460.660	4.39655	3.5	1.14
381.3945	2.3	381.3585	7R	1	6144.515	0.76182	3	1.482	32359.115	4.01201	3	1.332
381.5259	3.1	381.4883	7	2	10726.322	1.32989	0	0	36931.980	4.57897	0	0
381.5370	2.1	381.5043	7R	1	7774.653	0.96393	4	1.462	33979.215	4.21288	4	1.113
381.6676	3.0	381.6334	8R	1	9179.262	1.13808	5	1.462	35375.000	4.38593	6	1.189
381.8348	2.7	381.8160	2	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0
381.8742	1.6	381.8487	7R	1	9179.262	1.13808	5	1.449	35360.215	4.3841	6	1.231
381.9135	1.0	381.8886	4	2	7278.862	0.90246	0	0	33457.050	4.14814	0	0
381.9659	2.1	381.9369	6R	1	6144.515	0.76182	3	1.473	32319.412	4.00709	4	1.215
382.1180	1.3	382.0951	7	1	6144.515	0.76182	3	1.478	32308.557	4.00574	2	1.335
382.1396	1.8	382.1111	8	1	4299.659	0.53309	2	1.483	30462.625	3.77688	1	1.251
382.4105	2.2	382.3894	6	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0
382.4191	1.5	382.3933	6	2	11799.241	1.46292	5.5	1.377	37942.885	4.70431	6.5	1.098
382.6100	1.6	382.5793	6	2	7498.364	0.92968	2.5	1.377	33629.300	4.1695	2.5	1.243
382.7087	2.8	382.6769	2	2	20689.110	2.56512	0	0	46813.360	5.80411	0	0
382.7251	1.7	382.6927	1	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0
382.7930	8.4	382.7572	9B	1	6144.515	0.76182	3	1.474	32263.305	4.00013	4	1.162
382.9445	2.5	382.9058	7	1	6144.515	0.76182	3	1.487	32253.195	3.99888	3	1.132
383.0002	3.5	382.9617	7	1	9179.262	1.13808	5	1.461	35284.096	4.37466	6	1.15
383.5417	3.1	383.5023	7	1	6144.515	0.76182	3	1.47	32212.561	3.99384	2	1.4
383.5893	6.3	383.5521	9R	1	2203.606	0.27321	1	1.485	28268.265	3.50481	1	1.245
383.6255	4.5	383.5888	8	1	4299.659	0.53309	2	1.48	30361.813	3.76438	2	1.042
383.6436	2.5	383.6054	6	2	10726.322	1.32989	0	0	36787.360	4.56104	0	0
383.7316	5.5	383.6957	9R	1	7774.653	0.96393	4	1.49	33829.570	4.19433	5	1.202
383.9268	3.4	383.8915	9R	1	6144.515	0.76182	3	1.482	32186.115	3.99056	4	1.224
384.1824	1.2	384.1525	6	2	3235.770	0.40118	0.5	0.298	29259.700	3.62773	1.5	1.254
384.2398	3.5	384.2093	9R	1	4299.659	0.53309	2	1.487	30319.724	3.75916	3	1.015
384.7329	1.3	384.7112	7	1	6144.515	0.76182	3	1.477	32130.660	3.98369	3	1.194
385.1370	5.0	385.1007	9R	1	0.000	0	0	0	25959.849	3.21861	1	1.037
385.1512	2.9	385.1178	7	2	7498.364	0.92968	2.5	1.312	33457.050	4.14814	3.5	0.993
385.2100	3.3	385.1710	7	1	7774.653	0.96393	4	1.463	33729.775	4.18195	5	1.123
385.2218	6.4	385.1849	9	1	10238.473	1.26941	6	1.441	36192.641	4.48731	7	1.244
385.2523	1.8	385.2152	6	1	10238.473	1.26941	6	1.431	36190.615	4.48706	5	1.121
385.3040	3.0	385.2632	7	2	11799.241	1.46292	5.5	1.373	37748.140	4.68017	6.5	1.133
385.4349	3.2	385.4020	3	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0
385.6486	2.7	385.6104	7	1	4299.659	0.53309	2	1.486	30225.210	3.74744	2	1.303
385.7225	2.2	385.6848	6	2	12048.548	1.49383	1.5	-0.054	37969.065	4.70756	2.5	0.832
385.9362	2.0	385.9137	5	1	4299.659	0.53309	2	1.48	30204.810	3.74491	3	1.215
385.9613	1.5	385.9266	4	1	9179.262	1.13808	5	1.45	35083.570	4.3498	5	1.17
386.2702	3.4	386.2325	8	1	9179.262	1.13808	5	1.462	35063.037	4.34726	6	1.196
386.4792	1.5	386.4458	7	1	10238.473	1.26941	6	1.428	36107.991	4.47681	7	1.132
386.5082	1.2	386.4757	5	2	8709.640	1.07986	3.5	0	34577.135	4.28701	4.5	0

Measurement		ANL-80-93										
Wave length nm	Int.	Wave length nm	Int.	Ion	Lower Energy level				Upper Energy level			
					l/cm	ev	J	g	l/cm	ev	J	g
386.5172	1.4	386.4797	5	2	10726.322	1.32989	0	0	36593.540	4.53701	0	0
386.5395	1.4	386.5065	7	2	7498.364	0.92968	2.5	1.321	33363.790	4.13658	3.5	1.072
386.5663	1.0	386.5228	5	2	2014.966	0.24982	1.5	1.878	27879.305	3.45659	0.5	0.796
386.9970	2.5	386.9704	8	1	7774.653	0.96393	4	1.463	33609.070	4.16699	5	1.057
387.0342	2.4	387.0105	8	1	4299.659	0.53309	2	1.484	30131.388	3.73581	3	1.234
387.1497	1.8	387.1397	4	1	10238.473	1.26941	6	1.402	36061.589	4.47106	5	1.138
387.4434	1.9	387.4197	7	2	3235.770	0.40118	0.5	0.307	29040.245	3.60053	1.5	1.451
387.4648	1.6	387.4400	5	1	6144.515	0.76182	3	0	31947.617	3.96099	3	0
387.6271	1.7	387.6011	6	1	10238.473	1.26941	6	1.43	36030.884	4.46725	7	1.05
387.6611	2.0	387.6395	5	1	6313.866	0.78282	4	0	32103.687	3.98034	4	0
387.7429	2.8	387.7014	6	2	9242.356	1.1459	3.5	1.361	35028.065	4.34292	4.5	1.128
387.8935	8.0	387.8540	9R	1	2203.606	0.27321	1	1.496	27979.161	3.46897	2	1.19
388.1667	1.5	388.1229	6	1	9179.262	1.13808	5	1.46	34936.994	4.33163	6	1.233
388.2084	1.7	388.1699	6	1	6144.515	0.76182	3	1.473	31899.095	3.95498	4	1.379
388.2664	2.9	388.2293	5	1	6144.515	0.76182	3	1.48	31895.185	3.95449	2	1.08
388.3218	2.3	388.2808	7	2	3969.846	0.4922	2.5	1.681	29717.090	3.68444	2.5	1.025
388.6498	0.9	388.6072	5	1	4299.659	0.53309	2	1.492	30025.300	3.72266	2	0.133
388.6658	1.6	388.6330	2	2	8638.233	1.071	0	0	34362.170	4.26036	0	0
388.6772	1.9	388.6406	6	2	8638.233	1.071	5.5	0	34361.635	4.26029	5.5	0
388.6931	2.1	388.6547	6	2	9242.356	1.1459	3.5	1.349	34964.825	4.33508	4.5	1.104
388.7771	1.5	388.7378	6	2	7278.862	0.90246	4.5	1.544	32995.835	4.09096	4.5	1.163
388.7952	1.7	388.7920	0W	2	13990.952	1.73465	0	0	39704.305	4.9227	0	0
389.0319	1.4	388.9953	6	1	2203.606	0.27321	1	1.468	27903.565	3.4596	2	1.301
389.2196	1.3	389.1884	6	2	2014.966	0.24982	1.5	1.87	27702.165	3.43463	1.5	1.122
389.2752	1.5	389.2158	6	1	6144.515	0.76182	3	0	31829.899	3.9464	3	0
389.4014	1.8	389.3656	4	1	10238.473	1.26941	6	1.431	35913.980	4.45276	7	1.089
389.6146	3.5	389.5888	9R	1	0.000	0	0	0	25660.792	3.18153	1	1.146
390.1963	2.3	390.1581	5	1	6144.515	0.76182	3	1.498	31767.869	3.93871	4	1.217
390.3220	3.7	390.2813	7	1	4299.659	0.53309	2	1.484	29914.927	3.70897	3	1.196
390.4260	1.2	390.3859	5	1	10238.473	1.26941	6	1.36	35846.861	4.44444	5	1.076
390.4543	2.2	390.4120	7	2	10726.322	1.32989	4.5	1.394	36333.015	4.50471	5.5	1.087
390.6537	1.7	390.6114	6	2	5502.060	0.68217	0	0	31095.675	3.85537	0	1.19
390.7587	5.3	390.7215	8	2	8709.640	1.07986	3.5	0.308	34296.050	4.25216	4.5	0.768
390.8331	1.4	390.7941	5	1	4299.659	0.53309	2	0	29881.327	3.70481	2	0
390.8563	1.4	390.8138	5	1	6144.515	0.76182	3	1.474	31724.867	3.93338	2	1.023
390.8841	1.1	390.8206	3	2	14433.351	1.7895	0	0	40013.240	4.961	0	0
390.9489	1.4	390.9121	4	2	0.000	0	0.5	3.193	25573.915	3.17076	1.5	1.64
391.0665	1.9	391.0273	6	2	5717.976	0.70894	3.5	1.604	31284.370	3.87876	3.5	1.122
391.1629	1.9	391.1222	7	1	0.000	0	0	0	25560.208	3.16906	1	1.5
391.2018	1.7	391.1627	6	1	6144.515	0.76182	3	1.477	31702.058	3.93055	3	1.098
391.2909	1.8	391.2565	7	2	8709.640	1.07986	3.5	0.304	34261.065	4.24782	4.5	0.916
391.3773	1.8	391.3480	7	2	11504.095	1.42632	3.5	0.859	37049.535	4.59355	2.5	0.73
391.4567	2.2	391.4254	4	2	14295.565	1.77242	3.5	0.798	39835.970	4.93902	3.5	0.858
391.6552	1.6	391.6314	5	1	7774.653	0.96393	4	1.466	33301.630	4.12887	5	1.224
391.8786	1.2	391.8508	6	1	6144.515	0.76182	3	0	31657.182	3.92498	2	0
391.8986	2.4	391.8713	7	1	4299.659	0.53309	2	1.483	29810.974	3.69608	3	1.184
392.5277	1.5	392.4905	4	2	10188.463	1.26321	0.5	2.4	35659.575	4.42122	0.5	0.46
392.5558	1.4	392.5308	4	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0
392.5967	1.3	392.5704	6	1	4299.659	0.53309	2	1.467	29765.568	3.69045	3	1.147

Measurement		ANL-80-93										
Wave length nm	Int.	Wave length nm	Int.	Ion	Lower Energy level				Upper Energy level			
					l/cm	ev	J	g	l/cm	ev	J	g
392.7470	1.0	392.7233	5	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0
392.7962	1.2	392.7731	6	1	9179.262	1.13808	5	1.482	34632.045	4.29382	6	1.109
392.8218	1.7	392.7950	6	2	2014.966	0.24982	1.5	1.825	27466.315	3.40538	1.5	1.739
392.8814	2.5	392.8529	9R	1	2203.606	0.27321	1	1.49	27651.193	3.42831	2	1.57
393.6737	1.5	393.6320	6	1	0.000	0	0	0	25397.206	3.14885	1	0.776
395.1644	1.5	395.1243	4	1	7774.653	0.96393	4	0	33075.985	4.10089	3	0
395.3427	3.2	395.3032	8	2	3969.846	0.4922	2.5	1.66	29259.700	3.62773	1.5	1.236
396.0866	1.7	396.0441	6	1	4299.659	0.53309	2	1.488	29542.214	3.66276	2	1.306
396.1914	2.7	396.1456	2	1	13677.903	1.69584	0	0	38914.005	4.82471	0	0
396.3144	2.1	396.2739	7	2	3969.846	0.4922	2.5	1.669	29197.755	3.62005	2.5	0.988
396.3953	1.5	396.3586	6	2	7278.862	0.90246	4.5	1.547	32501.390	4.02965	4.5	1.193
396.5310	1.6	396.4951	6	1	6144.515	0.76182	3	1.472	31358.339	3.88793	4	1.157
396.7594	1.9	396.7284	6	1	9179.262	1.13808	5	1.453	34378.267	4.26236	4	1.27
397.0441	1.4	397.0235	6	1	7774.653	0.96393	4	1.482	32954.929	4.08588	3	1.128
397.1873	1.0	397.1611	5	2	8638.233	1.071	5.5	0	33809.795	4.19187	5.5	0
397.2431	2.9	397.2203	8	2	8198.666	1.0165	2.5	0.413	33366.475	4.13691	1.5	0.128
397.5637	4.3	397.5425	9	2	5717.976	0.70894	3.5	1.59	30865.395	3.82682	3.5	1.325
397.6207	1.9	397.5976	5	2	11799.241	1.46292	5.5	1.379	36943.155	4.58036	6.5	1.103
397.7147	1.5	397.6918	5	1	6313.866	0.78282	4	0.467	31451.814	3.89952	4	1.06
397.7386	1.6	397.7146	5	1	10238.473	1.26941	6	0	35375.000	4.38593	6	0
397.9879	2.2	397.9795	6	2	9242.356	1.1459	3.5	1.311	34362.170	4.26036	4.5	1.141
398.0843	2.1	398.0459	6	2	10436.770	1.29399	4.5	0.71	35552.385	4.40793	3.5	0.86
398.1155	1.4	398.0766	6	1	9386.801	1.16381	5	0.825	34500.445	4.2775	6	1.054
398.3450	2.8	398.3033	5	1	6313.866	0.78282	4	0.499	31413.230	3.89474	3	0.754
398.4472	1.0	398.4103	5	1	9386.801	1.16381	0	0	34479.473	4.2749	0	0
398.4780	1.9	398.4435	3	1	15074.958	1.86905	0	0	40165.495	4.97988	0	0
398.5867	5.2	398.5530	7	2	8709.640	1.07986	3.5	0.303	33793.295	4.18983	4.5	0.796
398.8869	1.5	398.8502	7	2	0.000	0	0.5	0.149	25064.960	3.10765	1.5	0.582
398.9125	1.7	398.8760	6	1	6313.866	0.78282	4	0.476	31377.193	3.89027	4	0.962
399.0171	3.1	398.9715	5	2	7598.364	0.94208	0	0	32655.705	4.04878	0	0
399.0611	1.4	399.0207	7	1	2203.606	0.27321	1	1.489	27257.860	3.37954	2	1.185
399.5289	1.2	399.4996	4	2	3235.770	0.40118	0.5	0.29	28259.990	3.50379	1.5	1.26
399.5470	1.4	399.5197	2	2	13809.910	1.71221	0	0	38832.875	4.81466	0	0
399.6399	1.4	399.6124	6	2	3235.770	0.40118	0.5	0.284	28252.945	3.50291	0.5	0.907
399.7234	1.5	399.6845	1W	2	20044.005	2.48514	0	0	45056.650	5.5863	0	0
401.1027	2.3	401.0625	6	1	9386.801	1.16381	5	0.8	34313.475	4.25432	6	1.03
401.1883	1.9	401.1493	6	1	2203.606	0.27321	1	1.495	27124.898	3.36305	2	1.197
401.6265	2.0	401.5872	6	2	8638.233	1.071	5.5	0	33532.385	4.15748	5.5	0
402.1763	2.4	402.1542	8	2	8198.666	1.0165	2.5	0.411	33057.710	4.09863	3.5	0.854
402.7426	1.6	402.7126	4	1	10238.473	1.26941	6	0	35063.037	4.34726	6	0
403.3412	2.2	403.2967	5	1	4299.659	0.53309	2	0	29088.272	3.60648	3	0
403.5935	3.2	403.5527	7	1	6313.866	0.78282	4	0.492	31086.744	3.85426	5	0.8
403.6080	1.7	403.5740	5	2	9242.356	1.1459	3.5	0	34013.940	4.21718	3.5	0
403.6682	2.3	403.6263	5	1	4299.659	0.53309	2	1.483	29068.029	3.60397	2	1.288
403.9437	2.7	403.9024	6	1	0.000	0	0	0	24751.439	3.06878	1	0.647
403.9770	1.9	403.9443	5	2	11504.095	1.42632	3.5	0.88	36252.985	4.49479	3.5	1.025
404.1667	1.7	404.1303	4	1	4299.659	0.53309	2	1.488	29037.158	3.60014	3	0.992
405.5067	1.2	405.4828	5	2	2014.966	0.24982	1.5	1.888	26669.945	3.30665	1.5	1.357
405.5380	2.1	405.5095	5	1	0.000	0	0	0	24653.345	3.05662	1	0.855

Measurement		ANL-80-93										
Wave length nm	Int.	Wave length nm	Int.	Ion	Lower Energy level				Upper Energy level			
					l/cm	ev	J	g	l/cm	ev	J	g
405.5848	2.3	405.5653	4	1	12351.522	1.53139	6	0.99	37001.490	4.58759	6	1.04
405.6981	2.5	405.6710	5	2	3235.770	0.40118	0.5	0.303	27879.305	3.45659	0.5	0.815
406.5121	2.0	406.4769	7	2	11504.095	1.42632	3.5	0.858	36098.770	4.47567	4.5	1.028
407.3887	1.6	407.3654	4	0	0.000	0	2.5	1.11	0.000	0	2.5	1.11
407.4840	2.8	407.4364	3	2	13192.903	1.63571	2.5	0.37	37729.665	4.67787	2.5	1.05
407.8797	1.5	407.8668	4	1	9179.262	1.13808	0	0	33690.140	4.17704	0	0
408.2599	1.6	408.2372	6	1	7774.653	0.96393	4	1.463	32263.305	4.00013	4	1.161
408.6224	2.3	408.5849	8	1	6144.515	0.76182	0	4.466	30612.323	3.79544	0	1.404
408.9186	1.4	408.8825	5	2	5502.060	0.68217	0	1.19	29952.065	3.71358	0	1.19
409.2601	1.7	409.2223	7B	1	2203.606	0.27321	0	0	26633.286	3.3021	0	0
409.5614	1.3	409.5279	8	1	7774.653	0.96393	4	1.46	32186.115	3.99056	4	1.21
409.6069	1.0	409.5601	6	1	6144.515	0.76182	3	0	30554.070	3.78822	4	0
409.7477	1.6	409.7113	9	1	6313.866	0.78282	4	0.488	30714.385	3.80809	4	1.155
409.7952	0.9	409.7696	7	0	0.000	0	0	1.31	0.000	0	0	1.31
410.2215	2.1	410.1958	9	1	9386.801	1.16381	5	0.8	33758.523	4.18552	5	0.83
410.6152	1.1	410.5944	9	2	8709.640	1.07986	3.5	0.3	33057.710	4.09863	3.5	0.85
410.6794	0.9	410.6575	4	1	7774.653	0.96393	0	0	32118.980	3.98224	0	0
411.1287	2.0	411.1070	9	1	9724.351	1.20566	3	0.45	34042.040	4.22067	4	0.82
411.2564	1.1	411.2323	6	2	13013.685	1.61349	5.5	0.955	37323.995	4.62758	5.5	0.94
411.3367	1.9	411.3090	8	2	2014.966	0.24982	0	0	26320.735	3.26335	0	0
411.5306	1.4	411.4913	9	1	2203.606	0.27321	1	1.5	26498.599	3.2854	0	0
412.1231	0.9	412.0842	3C	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0
412.1474	1.0	412.1113	6	1	12351.522	1.53139	6	0.98	36609.983	4.53905	7	1.17
412.1959	1.7	412.1535	8	2	3969.846	0.4922	2.5	1.67	28225.815	3.49955	3.5	1.21
412.3386	1.0	412.3194	3	2	13192.903	1.63571	0	0	37439.105	4.64185	0	0
412.3796	1.7	412.3501	6	2	8198.666	1.0165	2.5	0.405	32443.065	4.02242	1.5	0.74
412.7644	1.4	412.7276	3	1	13528.246	1.67729	1	-0.56	37750.470	4.68045	2	0.97
412.8402	1.0	412.8115	9	1	6144.515	0.76182	3	1.45	30361.813	3.76438	2	1.03
412.8803	0.9	412.8504	7	2	5502.060	0.68217	1.5	1.16	29717.090	3.68444	2.5	1
412.9553	1.2	412.9293	7	1	12159.465	1.50758	4	0.84	36369.870	4.50928	5	1.065
413.0215	1.3	412.9923	9	2	0.000	0	0	0	24206.690	3.00124	0	0
413.3226	0.9	413.3005	9	1	0.000	0	0	0	24188.639	2.999	1	0.66
413.5465	1.2	413.5148										
413.6176	1.0	413.5970										
414.0411	2.2	414.0040										
414.1596	1.9	414.1137										
415.1461	2.1	415.1090										
415.1801	3.7	415.1450										
415.5724	1.7	415.5460										
415.9657	0.9	415.9390										
416.0150	1.3	415.9907										
416.7861	1.5	416.7770										
416.7974	1.3	416.7770										
417.1303	1.9	417.0850										
417.8671	2.5	417.8276										
419.0174	1.3	418.9932										
419.0268	2.2	419.0060										
419.1205	0.8	419.0917										
419.5384	1.2	419.5027										

Measurement		ANL-80-93											
Wave length nm	Int.	Wave length nm	Int.	Ion	Lower Energy level				Upper Energy level				
					l/cm	ev	J	g	l/cm	ev	J	g	
419.6543	3.7	419.6242											
420.5925	1.0	420.5606											
420.6844	6.7	420.6480											
420.8597	2.8	420.8230											
420.9114	1.7	420.8782											
421.6552	1.1	421.6328											
421.9211	1.5	421.8990											
422.2076	1.6	422.1870											
422.4399	1.4	422.4200											
423.0153	2.3	422.9770											
424.9907	1.1	424.9773											
425.0072	1.0	424.9945											
425.4961	1.9	425.4760											
425.6322	1.0	425.6006											
425.6919	0.8	425.6583											
425.8186	1.1	425.7737											
426.2260	2.2	426.1880											
427.0048	0.9	426.9770											
427.3596	1.8	427.3336											
427.8499	1.1	427.8332											
427.8954	1.3	427.8734											
428.0382	1.4	428.0340											
428.1330	1.1	428.1170											
428.9412	1.5	428.9080											
432.2135	2.1	432.1765											
433.7321	2.2	433.7180											
435.3024	1.4	435.2708	9	2	8709.640	1.07986	3.5	0.303	31677.390	3.92749	2.5	0.67	
435.8413	2.0	435.8067	8	2	11799.241	1.46292	5.5	1.38	34738.755	4.30705	6.5	1.27	
436.1688	1.4	436.1327	4	2	15641.100	1.93925	0	0	38563.445	4.78125	0	1.04	
436.2771	2.0	436.2664	4	1	6313.866	0.78282	4	0.49	29229.190	3.62395	4	1.48	
436.5173	2.1	436.5318	3	1	16532.104	2.04972	3	0.31	39433.510	4.88912	4	0.95	
436.7553	2.0	436.7367	6W	2	17163.470	2.128	0	0	40054.100	4.96607	0	0	
437.1763	0.7	437.1507	6	2	8638.233	1.071	5.5	1.53	31507.220	3.90639	4.5	1.14	
437.2732	1.3	437.2038	5	1	16520.962	2.04833	5	0.725	39387.160	4.88338	6	1.018	
437.3553	3.6	437.3110	5	1	12351.522	1.53139	6	0.99	35212.127	4.36574	6	1.125	
437.5473	1.9	437.4592	5	1	9724.351	1.20566	3	0.45	32577.204	4.03905	4	0.98	
438.0265	2.1	437.9904	9	2	2014.966	0.24982	1.5	1.88	24840.100	3.07977	1.5	1.02	
438.1485	1.2	438.1231	6	2	10436.770	1.29399	4.5	0.725	33254.995	4.12309	3.5	0.975	
438.5690	2.0	438.5347	9	2	3969.846	0.4922	2.5	1.68	26766.650	3.31864	2.5	1.06	
439.2368	0.9	439.2085	7	1	6144.515	0.76182	3	1.47	28906.355	3.58393	3	0.22	
439.4146	1.2	439.3923	9	2	7278.862	0.90246	4.5	1.54	30031.180	3.72339	3.5	1.25	
439.6590	1.8	439.6446	9	2	8709.640	1.07986	3.5	0.304	31448.910	3.89916	2.5	0.795	
440.5005	2.6	440.4894	9R	1	6313.866	0.78282	4	0.48	29009.483	3.59671	4	0.7	
440.6939	1.5	440.6779	9	2	2014.966	0.24982	1.5	1.88	24700.905	3.06252	0.5	2.04	
440.7300	1.1	440.7111	3	1	8768.139	1.08711	2	0.36	31452.362	3.89959	1	0.85	
440.9883	2.4	440.9510	5	1	0.000	0	0	0	22671.890	2.81095	1	0.6	
441.5109	1.4	441.4726	6	1	8768.139	1.08711	2	0.36	31413.230	3.89474	3	0.75	
441.6273	1.3	441.6215	2	2	10726.322	1.32989	0	0	33363.790	4.13658	0	0	
441.9735	1.1	441.9441	8	2	10436.770	1.29399	4.5	0.708	33057.710	4.09863	3.5	0.845	

Measurement		ANL-80-93										
Wave length nm	Int.	Wave length nm	Int.	Ion	Lower Energy level				Upper Energy level			
					l/cm	ev	J	g	l/cm	ev	J	g
442.0594	1.0	442.0311	5	2	7278.862	0.90246	4.5	1.54	29895.355	3.70655	4.5	1.15
442.4594	1.9	442.5045	6	1	6313.866	0.78282	4	0.49	28906.150	3.5839	5	1.1
443.3911	0.8	443.3771	8	1	2203.606	0.27321	1	1.495	24751.439	3.06878	1	0.65
443.6300	1.7	443.6212	4	1	10238.473	1.26941	6	1.43	32773.905	4.06344	5	1.14
444.0479	3.8	444.0336	7	2	8638.233	1.071	5.5	1.55	31152.740	3.86244	5.5	1.27
444.1776	1.3	444.1650	9	2	5717.976	0.70894	3.5	1.59	28225.815	3.49955	3.5	1.2
444.7429	0.8	444.7160	6	1	6313.866	0.78282	4	0.49	28793.800	3.56997	3	1.1
444.8281	1.0	444.8266	7	2	7278.862	0.90246	4.5	1.547	29753.225	3.68892	3.5	1.105
445.3422	1.9	445.3144	8	1	2203.606	0.27321	1	1.5	24653.345	3.05662	1	0.85
446.1101	2.7	446.1238	6	1	12351.522	1.53139	6	0.98	34760.532	4.30975	6	1.15
446.6907	1.9	446.6707	3	2	7498.364	0.92968	2.5	0	29879.945	3.70464	2.5	0
446.8715	0.7	446.8539	9	2	2014.966	0.24982	1.5	0	24387.360	3.02364	1.5	0.945
447.2937	5.0	447.2788	9	2	2014.966	0.24982	1.5	1.88	24366.120	3.02101	0.5	2.42
447.3651	1.4	447.3585										
447.4418	1.1	447.4174										
447.4665	1.3	447.4587	3C	1	9724.351	1.20566	0	0	32066.452	3.97573	0	0
447.6274	1.3	447.6296	3	1	4299.659	0.53309	2	1.48	26633.286	3.3021	1	1.12
447.7605	1.4	447.7427	5	2	5502.060	0.68217	0	0	27830.060	3.45048	0	1.25
447.8902	1.1	447.8677	7	1	10238.473	1.26941	6	1.43	32560.225	4.03695	5	1.23
448.0945	0.9	448.0727	5	2	7498.364	0.92968	2.5	0	29809.915	3.69595	3.5	0
448.8092	2.1	448.7821	4	1	14853.317	1.84157	4	0.81	37129.590	4.60348	5	1.03
449.0875	1.5	449.0261	4	2	5717.976	0.70894	3.5	1.59	27982.155	3.46934	2.5	0.52
449.3886	2.3	449.3782	9	2	8709.640	1.07986	3.5	0.318	30956.365	3.83809	2.5	0.656
450.2845	7.8	450.2656	5B	1	12159.465	1.50758	4	0.84	34362.360	4.26038	5	1.12
450.4963	2.7	450.4917	9	2	2014.966	0.24982	1.5	1.885	24206.690	3.00124	1.5	0.885
450.6799	2.4	450.6673	8	1	6313.866	0.78282	4	0.49	28496.950	3.53317	4	0.81
450.7820	2.1	450.7621	6	2	5502.060	0.68217	1.5	1.16	27680.460	3.43193	2.5	1.32
451.0808	0.9	451.0566	7	2	8638.233	1.071	5.5	1.55	30802.205	3.81898	4.5	1.18
452.1344	1.5	452.1153	7	2	5717.976	0.70894	3.5	1.6	27830.060	3.45048	2.5	1.22
453.6155	3.3	453.6146	9	2	0.000	0	0.5	3.152	22038.950	2.73248	0.5	0.346
457.2681	1.6	457.2635	1W	1	9179.262	1.13808	0	0	31042.369	3.84876	0	0
457.8708	3.9	457.8592	3	1	6144.515	0.76182	0	0	27979.161	3.46897	0	0
457.9896	1.2	457.9736	8	2	3235.770	0.40118	0.5	0.3	25064.960	3.10765	1.5	0.59
459.0117	1.6	458.8589										
459.1181	1.2	459.0912	3	1	8768.139	1.08711	2	0.36	30544.187	3.78699	3	0.96
459.4638	1.0	459.4500	4	1	6144.515	0.76182	3	1.47	27903.565	3.4596	2	1.3
460.4423	1.3	460.4130	2	2	12007.503	1.48874	1.5	-0.01	33721.040	4.18087	1.5	1.26
462.2196	1.2	462.2134	3	1	14341.947	1.77817	2	0.86	35970.903	4.45982	1	1.01
462.4866	1.4	462.4817	8	1	4299.659	0.53309	2	1.48	25916.069	3.21318	3	1.35
462.7538	1.8	462.7405	7	2	3235.770	0.40118	0.5	0.3	24840.100	3.07977	1.5	1.015
464.0980	1.7	464.0822	2	2	7498.364	0.92968	2.5	1.31	29040.245	3.60053	1.5	1.45
465.0130	1.2	465.0036	7	1	6144.515	0.76182	3	1.47	27643.693	3.42738	4	1.3
465.7534	1.7	465.7412	7	2	3235.770	0.40118	0.5	0	24700.905	3.06252	0.5	0
466.4252	1.6	466.4220	8	2	3969.846	0.4922	2.5	1.672	25403.645	3.14965	2.5	1.029
466.5449	1.9	466.5453	0	1	9386.801	1.16381	0	0	30814.939	3.82056	0	0
467.6407	2.1	467.6517	7	1	9386.801	1.16381	5	0.81	30764.244	3.81427	6	0.98
467.7044	1.1	467.7094	6	1	9179.262	1.13808	5	1.445	30554.070	3.78822	4	1.25
468.9652	1.3	468.9122	6	1	9179.262	1.13808	5	1.45	30499.250	3.78142	4	1.14
469.4101	1.3	469.4040	7	2	2014.966	0.24982	1.5	1.88	23312.615	2.89039	1.5	0.67

Measurement		ANL-80-93										
Wave length nm	Int.	Wave length nm	Int.	Ion	Lower Energy level				Upper Energy level			
					l/cm	ev	J	g	l/cm	ev	J	g
469.5251	0.9	469.5244	6	1	4299.659	0.53309	2	1.48	25591.845	3.17298	3	0.99
469.8970	3.0	469.8859	6	2	7498.364	0.92968	2.5	1.32	28774.175	3.56754	3.5	1.14
470.1307	2.2	470.1336	8	2	5502.060	0.68217	1.5	1.16	26766.650	3.31864	2.5	1.04
471.2654	1.1	471.2759	6	1	2203.606	0.27321	1	1.5	23416.666	2.90329	2	1.31
471.5663	0.8	471.5724	6	2	7278.862	0.90246	4.5	1.545	28478.585	3.53089	3.5	1.175
471.6472	0.9	471.6558	6	1	9179.262	1.13808	5	1.45	30375.227	3.76604	6	1.32

Appendix 4 Identified spectra data of plutonium (469-678nm)

Measurement		ANL-80-93											
Wave length nm	Int.	Wave length nm	Int.	Ion	Lower Energy level				Upper Energy level				
					l/cm	ev	J	g	l/cm	ev	J	g	
465.7337	4.2	465.7412	7	2	3235.770	0.40118	0.5	0	24700.905	3.06252	0.5	0	
466.4127	9.7	466.4220	8	2	3969.846	0.4922	2.5	1.672	25403.645	3.14965	2.5	1.029	
467.1034	2.3	467.1131	5	2	12048.548	1.49383	1.5	-0.06	33450.655	4.14735	2.5	0.94	
467.3346	2.6	467.3397	6	1	6144.515	0.76182	3	1.48	27536.236	3.41405	3	1.37	
467.6355	8.3	467.6517	7	1	9386.801	1.16381	5	0.81	30764.244	3.81427	6	0.98	
467.7037	3.5	467.7094	6	1	9179.262	1.13808	5	1.445	30554.070	3.78822	4	1.25	
468.3167	4.0	468.3256	6	1	6144.515	0.76182	3	1.46	27491.196	3.40847	2	1.34	
468.8982	2.6	468.9122	6	1	9179.262	1.13808	5	1.45	30499.250	3.78142	4	1.14	
468.9477	6.5	468.9588	8R	1	4299.659	0.53309	2	1.48	25617.477	3.17616	2	1.36	
469.0877	2.0	469.0969	5	2	7498.364	0.92968	2.5	1.32	28809.965	3.57197	2.5	1.24	
469.2018	2.5	469.2146	5	2	10726.322	1.32989	4.5	1.39	32032.585	3.97153	4.5	1.325	
469.4006	1.8	469.4040	7	2	2014.966	0.24982	1.5	1.88	23312.615	2.89039	1.5	0.67	
469.5138	1.9	469.5244	6	1	4299.659	0.53309	2	1.48	25591.845	3.17298	3	0.99	
469.8762	3.1	469.8859	6	2	7498.364	0.92968	2.5	1.32	28774.175	3.56754	3.5	1.14	
470.1271	9.2	470.1336	8	2	5502.060	0.68217	1.5	1.16	26766.650	3.31864	2.5	1.04	
470.8847	2.3	470.8991	4	2	16499.640	2.04569	3.5	0.78	37729.665	4.67787	2.5	1.04	
471.1707	2.3	471.1814	4	1	6144.515	0.76182	3	1.475	27361.817	3.39243	3	1.31	
471.2694	4.0	471.2759	6	1	2203.606	0.27321	1	1.5	23416.666	2.90329	2	1.31	
471.5670	4.3	471.5724	6	2	7278.862	0.90246	4.5	1.545	28478.585	3.53089	3.5	1.175	
471.6469	4.7	471.6558	6	1	9179.262	1.13808	5	1.45	30375.227	3.76604	6	1.32	
472.0638	5.1	472.0736	7	1	7774.653	0.96393	4	1.46	28951.847	3.58957	5	1.28	
472.2731	4.7	472.2814	6	2	5502.060	0.68217	1.5	1.175	26669.945	3.30665	1.5	1.355	
472.5185	3.4	472.5294	6	1	6144.515	0.76182	3	1.47	27301.288	3.38492	4	0.985	
472.6401	2.1	472.6451	5	2	3235.770	0.40118	0.5	0.3	24387.360	3.02364	1.5	0.94	
473.0772	2.0	473.0902	5	1	7774.653	0.96393	4	1.46	28906.355	3.58393	3	1.23	
473.1089	4.4	473.1206	8	2	3235.770	0.40118	0.5	0.3	24366.120	3.02101	0.5	2.42	
473.3868	1.6	473.4096	3	2	8198.666	1.0165	2.5	0.41	29316.115	3.63473	2.5	1.135	
473.5313	7.9	473.5404	9	1	2203.606	0.27321	1	1.495	23315.209	2.89071	2	1.335	
474.1683	3.3	474.1788	6	1	9179.262	1.13808	5	1.45	30262.453	3.75206	6	1.28	
474.2175	2.2	474.2261	3	2	11799.241	1.46292	5.5	0	32880.320	4.07663	5.5	0	
474.7941	3.7	474.8083	4W	1	9724.351	1.20566	3	0.445	30779.585	3.81618	3	0.865	
474.8787	2.7	474.8841	4	1	6144.515	0.76182	3	1.47	27196.404	3.37192	3	1.28	
475.3434	4.0	475.3504	6	1	6144.515	0.76182	3	1.47	27175.729	3.36936	4	1.02	
475.3820	3.2	475.3949	7	1	4299.659	0.53309	2	1.48	25328.907	3.14038	3	1.34	
476.7061	8.4	476.7170	8	2	3235.770	0.40118	0.5	0.3	24206.690	3.00124	1.5	0.88	
478.0937	2.4	478.0986	5	1	6144.515	0.76182	3	1.47	27054.840	3.35437	4	1.225	
479.8951	5.0	479.9099	7	1	12351.522	1.53139	6	0.995	33182.933	4.11415	6	1.055	
480.1942	2.7	480.2034	5	2	5502.060	0.68217	1.5	1.17	26320.735	3.26335	2.5	1.035	
480.3987	1.3	480.4106	4	1	7774.653	0.96393	4	1.46	28584.353	3.544	4	0.92	
480.4666	1.3	480.8934	6	2	9242.356	1.1459	3.5	1.365	30031.180	3.72339	3.5	1.25	
481.4117	1.1	481.3882	4	1	18856.461	2.3379	5	1.325	39623.901	4.91273	6	1.14	
481.4338	3.3	481.4448	8	1	4299.659	0.53309	2	1.48	25064.653	3.10762	3	0.98	
481.5377	1.8	481.5446	5	2	5717.976	0.70894	3.5	1.595	26478.685	3.28293	3.5	1.045	
481.7757	2.6	481.7883	6	1	6144.515	0.76182	3	1.47	26894.711	3.33451	3	1.46	
482.3087	10.0	482.3172	8	2	7498.364	0.92968	2.5	1.32	28225.815	3.49955	3.5	1.19	
482.9607	1.7	482.9662	5	2	5502.060	0.68217	1.5	1.17	26201.645	3.24858	2.5	1.035	
483.0300	1.7	483.0428	6	1	9386.801	1.16381	5	0.8	30083.102	3.72982	5	1.15	

Measurement		ANL-80-93										
Wave length nm	Int.	Wave length nm	Int.	Ion	Lower Energy level				Upper Energy level			
					l/cm	ev	J	g	l/cm	ev	J	g
483.6712	1.1	483.6775	6	1	15745.648	1.95221	3	1.14	36414.798	4.51485	4	1.11
484.0487	1.5	484.0559	5	2	9242.356	1.1459	3.5	1.35	29895.355	3.70655	4.5	1.13
484.2221	2.7	484.2289	7	2	3969.846	0.4922	2.5	1.665	24615.450	3.05192	1.5	1.005
484.2711	1.5	484.2738	3	2	17163.470	2.128	4.5	1.2	37807.135	4.68748	3.5	1.09
485.0077	2.1	485.0215	6	2	15641.100	1.93925	3.5	1.04	36252.985	4.49479	3.5	1.02
485.1929	2.5	485.2015	7	1	4299.659	0.53309	2	1.48	24903.894	3.08768	3	0.915
485.2279	2.7	485.2360	6	2	5717.976	0.70894	3.5	1.595	26320.735	3.26335	2.5	1.05
485.3802	1.9	485.3952										
486.0147	2.5	486.0274	8	1	15074.958	1.86905	0	1.09	35644.180	4.41931	0	1.07
486.1360	1.8	486.1441	6	1	6144.515	0.76182	3	1.47	26708.790	3.31146	3	0.85
486.4756	1.8	486.4845	3	2	16499.640	2.04569	3.5	0.79	37049.535	4.59355	2.5	0.745
486.4971	2.3	486.5026	5	2	7278.862	0.90246	4.5	0	27828.005	3.45023	4.5	0
486.9880	1.7	486.9958	5	2	7498.364	0.92968	0	1.32	28026.690	3.47486	0	1.32
487.1962	1.3	487.2021	3	2	7278.862	0.90246	4.5	1.52	27798.480	3.44657	3.5	1.02
487.2503	1.6	487.2634	5	1	15074.958	1.86905	7	1.097	35591.995	4.41284	8	1.102
487.4031	1.6	487.4103	4	2	9242.356	1.1459	3.5	1.36	29753.225	3.68892	3.5	1.09
487.4629	1.1	487.4836										
487.9785	0.9	487.9986	4	2	13809.910	1.71221	4.5	0.64	34296.050	4.25216	4.5	0.78
488.0446	1.7	488.0572	6	2	5717.976	0.70894	3.5	1.59	26201.645	3.24858	2.5	1.04
488.4123	2.2	488.4235	6	2	9242.356	1.1459	3.5	1.37	29710.665	3.68365	3.5	1.1
488.8091	1.9	488.8183	4	1	4299.659	0.53309	2	1.495	24751.439	3.06878	1	0.66
488.8220	1.6	488.8334	3	2	13809.910	1.71221	4.5	0	34261.065	4.24782	4.5	0
489.1889	1.5	489.1982	4	2	8638.233	1.071	5.5	0	29074.145	3.60473	5.5	0
489.3168	1.9	489.3241	7	1	14341.947	1.77817	2	0.845	34772.583	4.31124	3	0.99
489.4156	3.9	489.4253	7	2	10726.322	1.32989	4.5	0	31152.740	3.86244	5.5	0
489.7263	1.3	489.7386	6	1	12159.465	1.50758	4	0.845	32572.811	4.03851	5	1.01
489.8618	1.1	489.8684	5	2	13192.903	1.63571	2.5	0.37	33600.850	4.16597	2.5	1.255
489.9685	1.2	489.9738	4	2	9707.980	1.20363	6.5	1.485	30111.540	3.73335	5.5	1.095
490.6824	2.8	490.6890	6	2	12992.644	1.61088	2.5	0.64	33366.475	4.13691	1.5	0.13
490.8204	1.6	490.8290	4	2	3969.846	0.4922	2.5	1.665	24337.845	3.0175	2.5	0.9
491.0765	1.2	491.0859	5	2	2014.966	0.24982	1.5	1.88	22372.325	2.77381	2.5	1.33
491.1644	2.0	491.1741	6	1	4299.659	0.53309	2	1.48	24653.345	3.05662	1	0.855
491.2249	0.9	491.2390	3	1	14341.947	1.77817	2	0.86	34692.946	4.30137	3	1.205
491.6917	1.8	491.7019	6	1	7774.653	0.96393	4	0	28106.505	3.48476	3	0
491.8122	2.1	491.8184	6	2	2014.966	0.24982	1.5	1.88	22341.990	2.77005	0.5	1.35
492.1085	0.9	492.1166	5	1	2203.606	0.27321	1	1.49	22518.312	2.79191	2	1.345
492.1218	0.9	492.1321	5	1	14341.947	1.77817	2	0.86	34656.014	4.29679	3	1.11
492.2807	1.1	492.2957	3	1	16276.332	2.018	2	1.88	36583.653	4.53579	1	1.14
492.3170	1.4	492.3323										
492.4587	1.6	492.4701	3	2	7498.364	0.92968	2.5	1.315	27798.480	3.44657	3.5	1.055
492.6686	2.0	492.6747	5	2	0.000	0	0.5	3.14	20291.680	2.51584	1.5	1.39
493.3590	1.3	493.3729	5	1	11840.715	1.46806	3	0.82	32103.687	3.98034	4	1.05
494.5381	2.2	494.5452	5	2	9242.356	1.1459	3.5	1.36	29457.315	3.65224	4.5	1.22
495.5490	1.8	495.5597	5	2	13192.903	1.63571	2.5	0.37	33366.475	4.13691	1.5	0.115
495.7454	2.3	495.7566	5	2	11799.241	1.46292	5.5	1.375	31964.795	3.96312	6.5	1.185
495.7960	0.8	495.8269										
495.9072	1.4	495.9223	4	2	13192.903	1.63571	2.5	0.38	33351.730	4.13508	2.5	0.82
495.9979	1.2	496.0094	5	1	14341.947	1.77817	2	0.87	34497.235	4.27711	3	1.07
496.4751	1.3	496.4932	6	1	6313.866	0.78282	4	0.47	26449.501	3.27931	3	0.91

Measurement		ANL-80-93										
Wave length nm	Int.	Wave length nm	Int.	Ion	Lower Energy level				Upper Energy level			
					l/cm	ev	J	g	l/cm	ev	J	g
496.9335	1.8	496.9472	7	1	6313.866	0.78282	4	0.52	26431.101	3.27703	3	0.86
496.9663	1.3	496.9766	7	1	9179.262	1.13808	5	1.45	29295.313	3.63215	4	1.27
497.0285	0.9	497.0349	2	2	9707.980	1.20363	6.5	0	29821.685	3.69741	5.5	0
497.8279	1.1	497.8398	5	1	12351.522	1.53139	6	0.98	32432.680	4.02113	7	1.13
497.9429	1.5	497.9469	5	2	3235.770	0.40118	0.5	0.3	23312.615	2.89039	1.5	0.7
498.0609	3.2	498.0704	6	2	5502.060	0.68217	1.5	1.16	25573.915	3.17076	1.5	1.62
498.2512	2.7	498.2530	6	2	10726.322	1.32989	4.5	1.39	30790.830	3.81757	5.5	1.175
498.4438	4.3	498.4462	7	2	0.000	0	0.5	3.14	20056.725	2.48671	0.5	0.04
498.6697	9.0	498.6848	8	1	6313.866	0.78282	4	0.485	26360.997	3.26834	5	0.795
498.9221	3.4	498.9342	9	1	6313.866	0.78282	4	0.485	26350.982	3.2671	4	0.8
500.2590	2.4	500.2762	5	2	13809.910	1.71221	4.5	0.64	33793.295	4.18983	4.5	0.795
500.4305	2.6	500.4499	7	1	6313.866	0.78282	4	0.485	26290.302	3.25958	5	1.125
502.2537	0.8	502.2823	3	1	9386.801	1.16381	0	0	29290.355	3.63154	0	0
502.2857	1.8	502.2963	3	2	11799.241	1.46292	0	0	31702.260	3.93057	0	0
502.3273	5.6	502.3320	8	2	5502.060	0.68217	1.5	1.16	25403.645	3.14965	2.5	1.02
503.7946	2.6	503.7967	4	2	15488.530	1.92033	0	0	35332.255	4.38063	0	0
504.4241	1.5	504.4583	5	1	14853.317	1.84157	0	0	34670.995	4.29865	0	0
504.4479	4.2	504.4632	7	1	9386.801	1.16381	5	0.8	29204.308	3.62087	5	0.895
504.7019	2.6	504.7096	6	2	7498.364	0.92968	2.5	1.315	27306.210	3.38553	2.5	1.055
505.1118	1.4	505.1260	6	1	4299.659	0.53309	2	1.48	24091.173	2.98692	3	1.245
505.7055	1.9	505.7119	5	2	7498.364	0.92968	2.5	1.315	27266.960	3.38067	3.5	1.155
505.8828	2.6	505.8910	7	1	7774.653	0.96393	4	1.46	27536.236	3.41405	3	1.355
506.5195	1.5	506.5273	5	2	16362.000	2.02863	0	1.05	36098.770	4.47567	0	0
507.4196	1.8	507.4246	6	2	3969.846	0.4922	2.5	1.66	23671.715	2.93491	3.5	1.38
507.8596	2.4	507.8704	5	2	8638.233	1.071	5.5	1.514	28322.800	3.51157	6.5	1.443
507.8875	1.8	507.8977	6	1	6144.515	0.76182	3	1.46	25828.024	3.20226	4	1.3
508.6147	2.3	508.6231	6	2	2014.966	0.24982	1.5	1.88	21670.405	2.68678	1.5	2.315
509.0041	2.0	509.0102	6	2	5717.976	0.70894	3.5	1.593	25358.470	3.14404	4.5	1.44
510.5901	1.2	510.5981	5	1	10238.473	1.26941	6	1.43	29817.890	3.69694	5	1.11
510.8698	2.0	510.8746	5	2	3969.846	0.4922	2.5	1.66	23538.650	2.91842	3.5	1.46
511.5565	1.9	511.5669	8	1	13528.246	1.67729	1	0.59	33070.573	4.10022	2	0.655
511.8886	1.9	511.9011	4	1	16520.962	2.04833	5	0.75	36050.540	4.46969	6	0.84
513.2866	2.3	513.2942	6	2	7278.862	0.90246	4.5	1.545	26755.425	3.31724	4.5	1.195
513.8081	1.9	513.8133	7	1	13528.246	1.67729	0	-0.56	32985.135	4.08963	0	0.78
514.2058	1.3	514.2121	7	1	7774.653	0.96393	4	1.44	27216.458	3.37441	5	1.16
514.6559	1.4	514.6588	4	2	23914.960	2.96507	8.5	1.387	43339.890	5.37345	7.5	1.213
514.8905	1.5	514.9001	7	1	9179.262	1.13808	5	1.42	28595.088	3.54533	6	1.16
515.3911	1.2	515.3980	5	2	0.000	0	0.5	3.16	19397.055	2.40492	0.5	3.34
516.2104	1.7	516.2211	3	2	9707.980	1.20363	6.5	1.49	29074.145	3.60473	5.5	0.95
516.2581	1.7	516.2627	5	2	7278.862	0.90246	4.5	1.545	26643.435	3.30336	5.5	1.435
517.8873	1.7	517.8982	6	1	9179.262	1.13808	0	0	28482.680	3.5314	0	0
517.9114	1.4	517.9207	5	2	3969.846	0.4922	2.5	1.665	23272.420	2.88541	2.5	0.935
517.9630	1.4	517.9645	3	2	5717.976	0.70894	0	0	25018.940	3.10195	0	0
517.9801	1.2	517.9860										
518.1925	1.3	518.2089	6	1	6313.866	0.78282	4	0.47	25605.707	3.1747	4	1.14
518.3766	2.0	518.3891	8	1	9724.351	1.20566	3	0.48	29009.483	3.59671	4	0.73
518.5970	1.0	518.6051	6	1	12351.522	1.53139	6	0.98	31628.619	3.92144	6	0.11
519.3175	1.1	519.3310	2	2	13192.903	1.63571	0	0	32443.065	4.02242	0	0
519.3640	1.3	519.3725	7	1	9724.351	1.20566	3	0.445	28972.971	3.59218	2	0.805

Measurement		ANL-80-93										
Wave length nm	Int.	Wave length nm	Int.	Ion	Lower Energy level				Upper Energy level			
					l/cm	ev	J	g	l/cm	ev	J	g
519.3806	1.4	519.3770	3	2	12007.503	1.48874	1.5	-0.02	31255.945	3.87524	1.5	0.92
520.9569	2.4	520.9657	7	2	8638.233	1.071	5.5	1.52	27828.005	3.45023	4.5	1.43
522.1810	1.2	522.1902	3	2	14221.716	1.76327	0.5	-0.13	33366.475	4.13691	1.5	0.13
522.9102	0.8	522.9123	7	1	10238.473	1.26941	6	1.45	29356.804	3.63977	5	1.21
522.9410	1.1	522.9486	5	1	4299.659	0.53309	2	1.49	23416.666	2.90329	2	1.31
523.5657	1.5	523.5661	5	2	13726.318	1.70184	2.5	0.78	32820.775	4.06925	2.5	1.31
525.9084	1.6	525.9251	7	1	9724.351	1.20566	3	0.43	28733.159	3.56245	4	1.03
526.3185	1.4	526.3399	4	2	16499.640	2.04569	3.5	0.802	35493.485	4.40062	3.5	0.96
526.9773	2.4	526.9859	9	1	10238.473	1.26941	0	1.4	29209.020	3.62145	0	1.36
527.7117	1.1	527.7102	5	2	13726.318	1.70184	2.5	0.73	32670.835	4.05066	2.5	1.36
527.8488	1.3	527.8675	3	1	11840.715	1.46806	0	0	30779.585	3.81618	0	0
528.8451	1.5	528.8437	4	2	18761.580	2.32614	5.5	1.28	37665.440	4.66991	4.5	1.11
529.9453	2.2	529.9608	5	2	5502.060	0.68217	1.5	1.18	24366.120	3.02101	0.5	2.4
530.3945	1.1	530.4095	2	2	16499.640	2.04569	3.5	0	35347.740	4.38255	3.5	0
530.4307	1.1	530.4410	7	1	6313.866	0.78282	4	0	25160.827	3.11954	3	0
530.7016	1.1	530.7158	7	1	9724.351	1.20566	3	0.45	28561.548	3.54117	2	0.78
530.8526	1.0	530.8695	6	1	7774.653	0.96393	4	1.45	26606.405	3.29877	5	1.11
531.0209	1.5	531.0328	7	1	6144.515	0.76182	3	1.475	24970.474	3.09594	4	1.46
531.6207	1.0	531.6343	3	1	17554.704	2.1765	8	1.17	36359.387	4.50798	8	1.185
531.6630	3.0	531.6765	6	2	3235.770	0.40118	0	0.3	22038.950	2.73248	0	0.32
531.6946	1.2	531.7050	0	1	8768.139	1.08711	0	0	27570.322	3.41828	0	0
531.7157	0.8	531.7129	0	2	26916.090	3.33716	0	0	45718.025	5.6683	0	0
532.0484	1.9	532.0583	7	1	20828.475	2.5824	4	0.35	39618.160	4.91202	3	0.27
532.1251	2.0	532.1225	5	2	12007.503	1.48874	1.5	0.03	30794.930	3.81808	1.5	1.12
532.1842	1.0	532.1957	6	1	14025.007	1.73888	4	0.97	32809.844	4.0679	4	0.89
532.5269	1.0	532.5427	5	1	9724.351	1.20566	3	0.47	28496.950	3.53317	4	0.825
532.8325	3.6	532.8399	7	2	14295.565	1.77242	3.5	0.81	33057.710	4.09863	3.5	0.87
534.1768	2.3	534.1851	8	2	5717.976	0.70894	3.5	1.61	24432.860	3.02928	3.5	1.13
534.5249	1.0	534.5166	3	2	7498.364	0.92968	2.5	1.31	26201.645	3.24858	2.5	1.04
534.6359	1.0	534.6435	2	2	10188.463	1.26321	0.5	2.4	28887.310	3.58156	0.5	0.17
536.3959	1.9	536.4102	8	1	6313.866	0.78282	4	0.49	24951.118	3.09354	3	0.84
537.0265	1.5	537.0422	4	1	6313.866	0.78282	4	0.485	24929.184	3.09082	4	1.08
537.4265	1.7	537.4335	7	1	9179.262	1.13808	5	1.43	27781.032	3.4444	6	1.22
537.8978	1.3	537.8998	5	2	9242.356	1.1459	0	1.365	27828.005	3.45023	0	1.415
538.0923	4.0	538.1013	9	1	0.000	0	0	0	18578.669	2.30346	1	1.93
538.4782	1.0	538.4886	3	1	14853.317	1.84157	4	0.81	33418.637	4.14338	5	0.88
539.1227	0.8	539.1343	5	1	7774.653	0.96393	4	1.46	26317.729	3.26298	4	1.18
539.2944	0.8	539.2987	5	1	4299.659	0.53309	2	1.49	22837.092	2.83143	3	1.11
540.8324	1.4	540.8438	5	2	13192.903	1.63571	2.5	0.38	31677.390	3.92749	3.5	0.675
540.8541	0.8	540.8573	5	1	7774.653	0.96393	4	1.47	26258.661	3.25565	3	0.97
541.8138	1.1	541.8217	7	1	2203.606	0.27321	1	1.49	20654.712	2.56085	1	0.21
541.8350	0.9	541.8398	4	2	9707.980	1.20363	6.5	0	28158.490	3.4912	5.5	0
542.1406	0.8	542.1535	6	1	6313.866	0.78282	4	0.47	24753.684	3.06906	4	0.96
542.3013	1.3	542.3060	7	2	3235.770	0.40118	0.5	0.29	21670.405	2.68678	1.5	2.32
544.5977	1.3	544.6109	7	1	10238.473	1.26941	6	1.42	28595.088	3.54533	6	1.19
547.5992	1.6	547.6130	6	2	13192.903	1.63571	2.5	0.378	31448.910	3.89916	2.5	0.805
547.6619	1.1	547.6695	7	1	2203.606	0.27321	1	1.49	20457.704	2.53643	0	0
547.7798	1.1	547.7733	3	2	18761.580	2.32614	5.5	1.27	37012.210	4.58892	4.5	1.16
548.2105	1.0	548.2060	8	1	9179.262	1.13808	5	1.45	27415.500	3.39908	5	1.36

Measurement		ANL-80-93										
Wave length nm	Int.	Wave length nm	Int.	Ion	Lower Energy level				Upper Energy level			
					l/cm	ev	J	g	l/cm	ev	J	g
549.8374	3.3	549.8497	9	1	2203.606	0.27321	1	1.49	20385.328	2.52745	2	1.91
551.0601	2.5	551.0715	9	1	7774.653	0.96393	4	1.46	25916.069	3.21318	3	1.35
552.3586	1.2	552.3658	3	2	16745.720	2.0762	2.5	1.67	34844.620	4.32018	1.5	1.53
553.7463	2.5	553.7585	9	1	7774.653	0.96393	4	1.46	25828.024	3.20226	4	1.31
553.7974	2.4	553.8180	7	1	6313.866	0.78282	4	0.495	24365.295	3.02091	3	1.483
554.9493	4.0	554.9623	9	1	6144.515	0.76182	3	1.47	24158.741	2.9953	2	1.24
555.2914	1.2	555.3048	6	1	10238.473	1.26941	6	1.44	28241.585	3.5015	5	1.19
555.9199	1.2	555.9252	7	2	9707.980	1.20363	6.5	1.47	27691.000	3.43324	6.5	1.15
556.1923	6.6	556.2059	9	1	6313.866	0.78282	4	0.49	24287.814	3.0113	3	0.6
556.2583	1.4	556.2980	2	1	13726.661	1.70189	0	0	31697.633	3.93	0	0
557.0425	5.8	557.0513	9	1	6144.515	0.76182	3	1.49	24091.173	2.98692	3	1.26
557.7203	1.4	557.7289	6	1	9386.801	1.16381	5	0.78	27311.658	3.38621	5	1.02
559.0387	6.1	559.0544	9	1	4299.659	0.53309	2	1.48	22182.030	2.75022	2	1.28
559.2195	3.3	559.2328	9	1	4299.659	0.53309	2	1.48	22176.323	2.74951	1	1.2
562.7874	1.7	562.7971	6	2	13192.903	1.63571	2.5	0.38	30956.365	3.83809	2.5	0.65
562.8446	2.0	562.8508	8	1	12351.522	1.53139	6	0.96	30113.280	3.73356	6	1.04
562.9410	1.5	562.9343	3	2	13726.318	1.70184	2.5	0.76	31485.455	3.90369	1.5	1.27
563.0406	6.8	563.0509	9	1	2203.606	0.27321	1	1.5	19959.027	2.4746	1	0.76
563.5706	2.1	563.5634	5	2	17163.470	2.128	0	1.21	34902.775	4.32739	0	1.16
564.7604	1.2	564.7966	4	2	3969.846	0.4922	2.5	1.67	21670.405	2.68678	1.5	2.32
565.8941	1.4	565.9373	4	1	9179.262	1.13808	5	1.45	26844.163	3.32825	4	1.015
565.9813	1.0	565.9991	6	1	8768.139	1.08711	2	0.36	26431.101	3.27703	3	0.81
566.3173	1.1	566.3315	6	1	6313.866	0.78282	4	0.485	23966.450	2.97146	3	0.76
566.4225	0.7	566.4469	2	1	10486.922	1.30021	1	0.35	28135.924	3.4884	2	1.1
566.7441	2.0	566.7579	8	1	8768.139	1.08711	2	0.36	26407.449	3.2741	2	0.97
570.1467	0.8	570.1615	4	1	13677.903	1.69584	1	1.44	31211.905	3.86978	1	1.235
570.3032	2.0	570.3042	7	2	13726.318	1.70184	2.5	0.78	31255.945	3.87524	1.5	0.93
570.9438	1.6	570.9620	7	1	11840.715	1.46806	3	0.81	29350.139	3.63895	3	0.91
571.2283	2.3	571.2382	9	1	0.000	0	0	0	17500.977	2.16984	1	2.26
573.3063	5.0	573.3190	9	1	8768.139	1.08711	2	0.352	26205.589	3.24907	3	0.678
574.9992	3.2	575.0042	8	2	12007.503	1.48874	1.5	-0.02	29393.835	3.64437	0.5	-0.51
576.7916	1.9	576.7989	7	2	15488.530	1.92033	3.5	1.08	32820.775	4.06925	2.5	1.34
577.0110	2.7	577.0258	9	1	8768.139	1.08711	2	0.365	26093.563	3.23518	1	-0.09
580.7045	0.9	580.7115	8	1	4299.659	0.53309	2	1.47	21515.136	2.66753	1	1.16
580.8413	1.0	580.8527	3	1	8768.139	1.08711	2	0.36	25979.424	3.22103	1	1.26
581.8279	1.9	581.8323	6	2	15488.530	1.92033	3.5	1.06	32670.835	4.05066	2.5	1.36
582.8947	0.7	582.9130	7	1	10486.922	1.30021	1	0.355	27637.377	3.42659	1	1.28
583.5861	1.9	583.5974	8	1	6144.515	0.76182	3	1.47	23274.858	2.88571	4	1.6
583.8958	2.6	583.9048	9	1	4299.659	0.53309	2	1.49	21420.983	2.65586	3	1.67
585.3749	1.5	585.3751	7	1	2203.606	0.27321	1	1.5	19281.917	2.39065	2	1.82
585.7078	2.5	585.7078	7	2	13726.318	1.70184	2.5	0.78	30794.930	3.81808	1.5	1.09
586.0449	1.3	586.0698	1	1	15424.387	1.91238	3	1.1	32482.465	4.02731	4	1.325
586.4799	2.4	586.4924	9	1	0.000	0	0	0	17045.776	2.1134	1	1.46
588.0727	0.8	588.0781	7	1	2203.606	0.27321	1	1.5	19203.415	2.38092	2	1.02
588.0923	1.6	588.1012	6	2	17296.905	2.14454	4.5	0.5	34296.050	4.25216	4.5	0.77
588.9865	2.1	588.9657	6	1	9386.801	1.16381	0	0.8	26360.997	3.26834	0	0.8
589.3010	3.7	589.3134	9	1	9386.801	1.16381	0	0.8	26350.982	3.2671	0	0.795
598.3148	5.1	598.3348	9	1	6313.866	0.78282	4	0.484	23022.274	2.85439	5	0.814
600.1984	0.5	600.2090	5	1	11840.715	1.46806	0	0.81	28496.950	3.53317	0	0.81

Measurement		ANL-80-93										
Wave length nm	Int.	Wave length nm	Int.	Ion	Lower Energy level				Upper Energy level			
					l/cm	ev	J	g	l/cm	ev	J	g
600.2380	0.8	600.2404	3	2	13726.318	1.70184	2.5	0.78	30381.705	3.76685	3.5	1.11
600.7383	0.9	600.7466	7	2	2014.966	0.24982	0	0	18656.277	2.31308	0	0
601.2642	1.0	601.2777	9	1	9724.351	1.20566	3	0.445	26350.982	3.2671	4	0.797
601.3455	0.9	601.3473	2	2	18761.580	2.32614	0	0	35386.270	4.38733	0	0
603.2177	1.3	603.2279	7	1	10238.473	1.26941	6	1.42	26811.368	3.32418	7	1.16
603.9340	1.4	603.9282	7	1	15074.958	1.86905	0	1.09	31628.619	3.92144	0	1.11
609.2117	1.8	609.2228	7	1	4299.659	0.53309	2	1.483	20709.458	2.56764	3	1.241
610.0377	2.0	610.0524	7	1	9386.801	1.16381	5	0.802	25774.288	3.1956	6	0.916
610.5179	1.4	610.5286	6	1	7774.653	0.96393	4	1.469	24149.361	2.99413	5	1.268
611.1514	0.5	611.1659	5	1	8768.139	1.08711	0	0.36	25125.763	3.11519	0	0.31
611.8995	0.7	611.9190	7	1	12159.465	1.50758	0	0	28496.950	3.53317	0	0
611.9362	1.0	611.9426	9	1	10238.473	1.26941	6	1.43	26575.338	3.29492	7	1.17
612.6886	0.6	612.7059	6	1	7774.653	0.96393	4	1.46	24091.173	2.98692	3	1.25
612.7808	0.9	612.7956	6	1	17554.704	2.1765	8	1.17	33868.834	4.19919	9	1.165
613.8653	0.8	613.8739	8	1	6144.515	0.76182	3	1.474	22429.984	2.78096	4	1.28
614.3361	1.1	614.3641	4	1	6144.515	0.76182	3	1.48	22416.990	2.77935	2	1.68
617.5997	1.1	617.6227	7	1	12351.522	1.53139	6	0.98	28538.138	3.53827	7	1.05
618.5897	1.4	618.5907	8	2	3235.770	0.40118	0.5	0.296	19397.055	2.40492	0.5	3.34
619.2749	5.8	619.2798	9R	1	2203.606	0.27321	0	1.5	18346.917	2.27472	0	1.52
619.5598	0.7	619.5738	3	1	14025.007	1.73888	0	0	30160.664	3.73944	0	0
619.5958	1.5	619.6020	8	1	7774.653	0.96393	4	1.45	23909.585	2.96441	5	1.23
627.9348	0.5	627.9461	7	1	10486.922	1.30021	1	0.35	26407.449	3.2741	2	0.972
629.8743	1.6	629.8737	6	2	12007.503	1.48874	0	-0.01	27879.305	3.45659	0	0.8
630.4603	2.9	630.4661	9	1	0.000	0	0	0	15856.888	1.966	1	1.11
632.1376	0.9	632.1660	4	2	7498.364	0.92968	2.5	1.31	23312.615	2.89039	1.5	0.67
632.2567	0.7	632.2532	5	2	9707.980	1.20363	6.5	1.48	25520.005	3.16407	7.5	1.33
637.5366	1.6	637.5259										
637.8510	0.6	637.8651	5	1	12159.465	1.50758	4	0	27832.430	3.45078	4	0
638.0453	1.0	638.0286	4	2	14433.351	1.7895	0	0	30102.315	3.73221	0	0
638.0623	0.7	638.0606	5	1	6144.515	0.76182	3	1.48	21812.682	2.70442	4	1.05
638.1550	0.5	638.1821	4	1	18672.411	2.31508	6	1.2	34337.597	4.25731	7	1.35
638.1718	0.7	638.2359	4	1	13677.903	1.69584	1	1.45	29341.761	3.63791	2	1.19
640.5485	0.7	640.5552	2	2	15488.530	1.92033	0	0	31095.675	3.85537	0	0
641.7640	1.2	641.7711	4	1	18578.669	2.30346	1	1.93	34156.245	4.23483	1	1.306
643.2299	0.8	643.2504	2	1	14853.317	1.84157	0	0	30395.062	3.7685	0	0
644.1453	0.8	644.1654	6	1	8768.139	1.08711	2	0.36	24287.814	3.0113	3	0.587
644.2574	0.5	644.2412	2	1	16776.530	2.08002	0	0	32294.378	4.00399	0	0
644.3135	0.9	644.3139	8	2	12007.503	1.48874	1.5	-0.01	27523.600	3.41249	0.5	0.96
644.6783	1.0	644.6890	4	1	7774.653	0.96393	4	1.46	23281.721	2.88656	5	1.23
644.9641	0.8	644.9744	9	1	7774.653	0.96393	4	1.458	23274.858	2.88571	4	1.616
646.5704	1.4	646.5225	2	1	8768.139	1.08711	0	0	24231.226	3.00428	0	0
647.3577	0.6	647.3608	9	1	10238.473	1.26941	6	1.431	25681.552	3.1841	7	1.039
647.4506	1.2	647.4688	1	1	19059.958	2.36313	0	0	34500.445	4.2775	0	0
648.6682	3.3	648.6707	9R	1	2203.606	0.27321	1	1.5	17615.482	2.18404	2	1.46
648.8823	5.0	648.8853	9R	1	0.000	0	0	0	15406.760	1.91019	1	0.892
650.0118	0.9	649.9851	4	1	12177.963	1.50987	1	0.52	27558.688	3.41684	0	0
650.3891	0.4	650.3052	4	1	18672.411	2.31508	6	1.19	34045.560	4.2211	7	1.16
650.5657	1.4	650.6062	1	2	20322.349	2.51965	0	0	35688.405	4.42479	0	0
652.0483	1.4	652.0939	4	2	12007.503	1.48874	1.5	-0.02	27338.500	3.38954	1.5	0.88

Measurement		ANL-80-93										
Wave length nm	Int.	Wave length nm	Int.	Ion	Lower Energy level				Upper Energy level			
					l/cm	ev	J	g	l/cm	ev	J	g
652.9149	0.7	652.9674	2	2	14295.565	1.77242	0	0	29606.060	3.67068	0	0
653.5217	2.0	653.5271	9	1	2203.606	0.27321	1	1.493	17500.977	2.16984	1	2.259
653.7830	1.7	653.7557	2	2	21919.400	2.71765	0	0	37211.420	4.61362	0	0
654.4073	2.0	654.4207	9H	1	6144.515	0.76182	3	1.473	21420.983	2.65586	3	1.663
655.5932	1.1	655.6014										
657.6182	1.1	657.6354	9	1	9179.262	1.13808	0	1.46	24381.050	3.02286	0	1.46
658.0047	0.7	658.0137	8	1	6144.515	0.76182	3	1.47	21337.573	2.64552	4	1.137
658.0975	0.4	658.1205	2B	1	17081.874	2.11788	0	0	32272.487	4.00127	0	0
660.0277	0.5	659.9905	2	1	16304.260	2.02147	0	0	31451.814	3.89952	0	0
660.8881	3.7	660.8947	9W	1	4299.659	0.53309	0	1.48	19426.512	2.40858	0	1.44
661.9011	0.6	661.8987	7	1	6313.866	0.78282	4	0.48	21417.765	2.65546	4	0.8
662.1296	1.6	662.1215	7	2	0.000	0	0.5	3.14	15098.815	1.87201	1.5	1.073
662.8010	2.4	662.8046	9W	1	6144.515	0.76182	3	1.466	21227.793	2.63191	4	1.342
664.8300	0.7	664.8426	7	1	9179.262	1.13808	5	1.452	24216.272	3.00243	6	1.003
666.5646	0.8	666.5639	5	1	14292.176	1.772	5	0.895	29290.355	3.63154	6	0.86
667.2667	0.5	667.2722	9	1	4299.659	0.53309	2	1.481	19281.917	2.39065	2	1.822
669.4785	0.6	669.4021	4	1	9724.351	1.20566	3	0	24658.931	3.05731	4	0
670.7845	0.7	670.7870	9	1	4299.659	0.53309	2	1.478	19203.415	2.38092	2	1.018
670.9199	0.5	670.9700										
672.0010	0.1	672.0711	6	1	10238.473	1.26941	6	1.427	25113.744	3.1137	6	1.299
673.3259	0.6	673.2828	4W	1	23909.585	2.96441	0	0	38758.100	4.80538	0	0
673.9696	0.9	673.9749	9	1	9179.262	1.13808	5	1.451	24012.505	2.97717	6	1.245
676.6368	0.7	676.6491	9	1	4299.659	0.53309	2	1.481	19074.292	2.36491	2	1.535

国際単位系 (SI)

表1. SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質량	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	毎メートル	m ⁻¹
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比体積	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の)	1
比透磁率 ^(b)	(数字の)	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(e)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V	m ² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光照射量	ルーメン	lm	cd sr ^(e)	cd
放射線量	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
放射線当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸素活性化	カタール	kat		s ⁻¹ mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
 (b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。
 (c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
 (d) ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
 (e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
 (f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
 (g) 単位シーベルト (PV, 2002, 70, 205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
角加速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角加減	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² =s ⁻²
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² kg s ⁻² K ⁻¹
比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
比エントロピー	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ s A
電表面積	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	m ³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ s A
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射線強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ⁴ m ⁻² kg s ⁻³ =m ² kg s ⁻³
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)	m ² m ⁻² kg s ⁻³ =kg s ⁻³
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ³ s ⁻¹ mol

表5. SI 接頭語

乗数	名称	記号	乗数	名称	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	ヨクト	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI単位による値
分	min	1 min=60 s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10 800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648 000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1 t=10 ³ kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100 kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852m
バイン	b	1 b=100fm ² =(10 ¹² cm ²) ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的關係は、 対数量の定義に依存。
ベレル	B	
デシベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1Pa s
ストークス	St	1 St=1cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1cd cm ⁻² =10 ⁴ cd m ⁻²
フォトル	ph	1 ph=1cd sr cm ⁻² =10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(a)	Oe	1 Oe _e =(10 ³ /4π)A m ⁻¹

(a) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「△」は対応關係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1 メートル系カラット=0.2 g=2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858J (「15°C」カロリ), 4.1868J (「IT」カロリ), 4.184J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ=1μm=10 ⁻⁶ m

