

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3252125号
(P3252125)

(45)発行日 平成14年1月28日(2002.1.28)

(24)登録日 平成13年11月16日(2001.11.16)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

H 0 1 S 3/081
B 0 1 J 19/00
19/12

H 0 1 S 3/081
B 0 1 J 19/00 Z
19/12 B

請求項の数 5 (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平10-319059

(22)出願日 平成10年11月10日(1998.11.10)

(65)公開番号 特開2001-339114(P2001-339114A)

(43)公開日 平成13年12月7日(2001.12.7)

審査請求日 平成11年1月8日(1999.1.8)

(31)優先権主張番号 特願平10-248599

(32)優先日 平成10年9月2日(1998.9.2)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(73)特許権者 000004097
日本原子力研究所
東京都千代田区内幸町2丁目2番2号

(73)特許権者 598144029
鈴木 康夫
茨城県那珂郡東海村白方字白根2番地の
4 日本原子力研究所東海研究所内

(72)発明者 鈴木 康夫
茨城県那珂郡東海村白方字白根2番地の
4 日本原子力研究所東海研究所内

(74)代理人 100089705
弁理士 社本 一夫 (外5名)

審査官 柏崎 康司

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光強度の強い、長い光の柱を形成する多面鏡装置またはそれを使用する方法

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 凹面鏡、凸面鏡及び平面鏡から選択された少なくとも1種の鏡を多数固定配置し、それを2つ向合わせて設けることにより多面鏡システムを構成し、両多面鏡がそれぞれ曲率半径 z の球面上に距離 $2z$ 離して設置され、各多面鏡がそれぞれ径方向に $R \pm r$ カットされて半径 $R - r$ 内は孔(アパ-チャ-)となり、角方向に n 等分されて半径 r の鏡面群A、Bを構成し、両鏡面群がそれぞれ0点を挟んで相対する位置に設けられ、鏡面群Aの鏡 A_i ($i = 1, 2, \dots, n$)の法線を鏡面群Bの鏡 B_{i-1} ($i = 1, 2, \dots, n$)と鏡 B_i との中間に順次向け、鏡面群Bの鏡 B_i ($i = 1, 2, \dots, n$)の法線を鏡面群Aの鏡 A_i ($i = 1, 2, \dots, n$)と鏡 A_{i+1} との中間に順次向けて傾けることにより、この多面鏡システムの鏡面間

2

を往復するレーザー光が、その往復毎に鏡面を代えるように光路をずらして光を多面鏡システムの鏡面間を結ぶ軸と小角度で交叉させつつ往復させ、その往復する光束によりその軸上に光強度の強い、長い光の柱(光柱)を形成し、且つ分割された多数の鏡に光を反射させることにより、一つの鏡当りのレーザー光の熱による歪みを減らし、全体としての冷却を容易にすることを特徴とする多面鏡装置。

【請求項2】 請求項1記載の多面鏡装置において、光柱中の媒質に対して光の往復時間を利用して、短パルスレーザー光の場合には、そのレーザー光の多周期化或いは長パルス化を行い、又長パルスレーザー光の場合には、そのレーザー光の定常波化或いは重ね合せによる強度の増幅化を行うために、前記多面鏡装置をレーザー光の蓄光器として使用する方法。

10

【請求項 3】 請求項 1 記載の多面鏡装置において、レーザー光を適宜選択し、光柱中でレーザー光と原子や分子のガス、液体及び/又は個体を反応させ、光柱中でレーザー光の光反応（光励起、光電離、光解離、光分解、光合成、光生成、光分析）を行うために、前記多面鏡装置を使用する方法。

【請求項 4】 請求項 1 に記載の多面鏡装置において、レーザー光と粒子ビームとを光柱中で相互作用させ、粒子ビームの持つ速度を利用してレーザー光の強度を増大させ、且つ相対論的效果としてのちローレンツ収縮に基づいて光のエネルギー密度を上昇させることにより、光柱中で光反応（光励起、光電離、光解離、光分解、光合成、光生成、光分析）を効果的に行うために、前記多面鏡装置を使用する方法。

【請求項 5】 請求項 1 に記載の多面鏡装置において、レーザー光と粒子ビームとを光柱中で相互作用させ、粒子ビームの持つ速度を利用してレーザー光の波長を変換させる際に、レーザー光の軸と粒子ビームの交叉角によってレーザー光の波長を調整変換してレーザー光の波長の選択をすることにより、光柱中での光反応（光励起、光電離、光解離、光分解、光合成、光生成、光分析）を効果的に行うために、前記多面鏡装置を使用する方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本願発明は、ある特定の波長をもつレーザー光と原子や分子のガス、あるいは液体や固体などの媒質とを相互作用させ、光反応（光励起、光電離、光解離、光分解、光分析、光分離、光生成、光合成など）を用いる産業分野において、その相互作用の時間的期間、空間的領域を拡大し、その反応効率を高める方法に関する。また、本願発明は、加速器による粒子ビームを応用する医療、科学技術、産業分野において、その粒子ビームの速度を利用して、光強度の増大や波長変換をはかり、光反応を効果的にする方法に関する。

【0002】

【従来の技術】ガス、液体、固体、粒子ビームなどはそれらを構成する原子、分子に対応した、ある特定のレーザー波長と極めて強い光反応を起こす。このための従来の技術は、2枚の曲面鏡を向かい合わせた光共振器を使用して光反応を行うのが一般的である。この場合、光強度の強い所は、中心部分の一点に集中する。その部分は極めて狭く短く、そこを通過する原子や分子との光反応できる時間も短い。しかも、光を蓄える能力を確保するために、曲面鏡にあける穴は極力小さくして損失を減らす為、逆に、その反応領域に入れるべき光や原子や分子の入射を困難にしている。また、最近ではレーザー自身の開発も、その強度を高めるために、超短パルス化をねらう傾向にあり、そのため、時間的、空間的にも極小化しており、反応領域は時間的にも、空間的にも短く狭い領域に制限される。

【0003】しかし、光反応をさせるために入射するガス流や粒子ビームは、入射、出射孔として軸上に広い孔（アパーチャーと呼ぶ）を必要とし、しかも密度が低く、反応度が低いものが多い。このようなガス流や粒子ビームが十分にレーザー光との光反応を起こさせるには、時間的、あるいは空間的長さの十分大きな反応領域を必要とする。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本願発明の目的は、このような問題点を解決し、レーザー光を効率よく利用する、新しい光反応器を産業用として提供することにある。そのためには、原子や分子ガス、液体、固体がレーザー光と反応する長い時間と広い空間を確保するばかりでなく、大出力レーザーにも耐えられるように各曲面鏡は固定されて冷却能力をあげたものでなくてはならない。このため、使用するレーザー光に応じた曲面鏡の配置、曲率などを適宜選択して設計し、光の集中する光柱部分の十分な長さ、光の十分な強度、パルス幅を得るようにしなければならない。

【0005】

【課題を解決するための手段】本願発明者は、この目的達成のため鋭意研究の結果、光反応を想定する空間部分の軸と小角度で光を交叉させるように鏡面をある面上に多数配置し、しかも光の反射する鏡面の向きを順次変えつつ往復させることによって、その光路の重なりからなる光の密度の高い部分が細長い柱状（光柱と呼ぶ）となること、しかも、その往復の際の鏡面の反射の際に生ずる損失を減らすことによって、光共振器と同じ蓄光作用があること、また、レーザー光のパルス構造によっては、長パルス化、定常波化する作用があることなどを発見し、この知見に基づいて、本願発明を達成した。すなわち、本願発明は、次の構造からなる多面鏡装置、およびその装置を使用する方法である。

【0006】（1）多数の凹、凸および平面鏡から選択された少なくとも1種類の鏡をある面上に固定配置し、それを2枚向かい合わせて多面鏡システムを構成し、2枚の多面鏡間を往復するレーザー光が、その往復毎に多面鏡を代えるように光路をずらし、光を多面鏡間を結ぶ軸と小角度で交叉させつつ往復させ、その往復する光束によりその軸上に光強度の強い、長い光の柱（光柱）を形成する多面鏡装置。

【0007】（2）多数の凹、凸および平面鏡から選択された少なくとも1種類の鏡をある面上に固定配置し、それを2枚向かい合わせて多面鏡システムを構成し、2枚の多面鏡間を往復するレーザー光が、その往復毎に多面鏡を代えるように光路をずらし、光を多面鏡間を結ぶ軸と小角度で交叉させつつ往復させ、その往復する光束によりその軸上に光強度の強い、長い光柱を作り、その光柱の延長線上には、このシステムのための多面鏡を置かず、外部からの光や粒子が通過できる孔（ア

パーチャー)を設けた多面鏡装置。

【0008】(3) 多数の凹、凸および平面鏡から選択された少なくとも1種類の鏡をある面上に固定配置し、それを2枚向かい合わせて多面鏡システムを構成し、2枚の多面鏡間を往復するレーザー光が、その往復毎に多面鏡を代えるように光路をずらし、光を多面鏡間を結ぶ軸と小角度で交叉させつつ往復させ、その往復する光束によりその軸上に光強度の強い、長い光柱を作り、その面上に固定した多数の多面鏡に光を反射させることにより、一つの多面鏡あたりのレーザー光の熱による歪みを減らして全体としての冷却を容易にする多面鏡装置。

【0009】(4) 前記1、2または3に記載の多面鏡装置において、光柱中の媒質に対して光の往復時間を利用して、短パルスレーザー光の場合には、短パルスレーザー光の多周期化もしくは長パルス化を行い、または長パルスレーザー光の場合には、長パルスレーザー光の定常波化もしくは重ねあわせによる強度の増幅化を行うために前記多面鏡装置をレーザー光の蓄光器として使用する方法。

【0010】(5) 前記1、2または3に記載の多面鏡装置において、レーザー光を適宜選択し、光柱中でレーザー光と原子や分子のガス、液体、固体とを相互作用させ、光柱中でレーザー光の光反応(光励起、光電離、光解離、光分解、光分離、光合成、光生成、光分析など)を行うために前記多面鏡装置を利用する方法。

【0011】(6) 前記1、2または3に記載の多面鏡装置において、(a)レーザー光と粒子ビームとを光柱中で相互作用させ、粒子ビームのもつ速度を利用してレーザー光の強度を増大し、相対論的效果、すなわちローレンツ収縮に基づいて光のエネルギー密度を上昇させることにより、または(b)レーザー光の軸と粒子ビームとの交叉角を調整し、ドップラー効果に基づいてレーザー光の波長を変換することにより、粒子ビームに対するレーザー光の作用を効率的に使用し、またはレーザー光の波長を容易に選択してレーザーの選択範囲を広げて、光柱中でレーザー光との光反応(光励起、光電離、光解離、光分解、光分離、光合成、光生成、光分析など)を行う方法。

【0012】(7) 前記1、2または3に記載の多面鏡装置において、(a)レーザー光を粒子ビームと光柱中で相互作用させ、粒子ビームのもつ速度を利用してレーザー光の強度を増大させ、または(b)レーザー光の軸と粒子ビームとの交叉角を調整してレーザー光の波長を変換することにより、レーザー光の作用を効果的に使用し、またはその波長を選択して光柱中でレーザー光との光反応(光励起、光電離、光解離、光分解、光分離、光合成、光生成、光分析など)を行う方法。

【0013】

【発明の実施の形態】本願発明を光の断面(半径)。

mm、長さLmの光柱を作ること想定して多面鏡システムによる原理を説明する。まず、多面鏡システムの概要は図1のようになる。

【0014】中心点oにたいして対称にA、B多面鏡を配置する(必ずしも対称である必要はない)。図1(a)のA、B両多面鏡はそれぞれ曲率半径zmの球面鏡をベースとし、2zm離れて設置される。A、B両多面鏡は、図1(c)に示されるように、それぞれは径方向には $R \pm r$ にカットされ、半径 $R - r$ 内はアパーチャーとなり、また、それぞれ角度方向にn等分され、それぞれの場所には、図1(b)、(c)にしめされるように、半径rの鏡面群 $A_1, A_2, \dots, A_n; B_1, B_2, \dots, B_n$ がそれぞれo点をはさんで相対する位置に設けられる。

【0015】光の導入法としてスイッチング方式とホールカップリング方式があり、スイッチング方式の場合には、まず外部から直接 A_1 に入れ、順次、鏡面群 $A_1, A_2, \dots, A_n; B_1, B_2, \dots, B_n$ 間を往復の後、 B_n から外に出し、そこで偏向面を90度回転させて反射し逆にもどし、もう一度一巡させる方法である。この場合には光は2n回粒子ビームと相互作用させることができる。2巡した後は捨てられるから、次の光パルスを導入しなければならず、レーザー光の周期や出力には鏡の数が大きな意味を持つ。

【0016】ホールカップリングの場合には、光は B_n に設けられた穴から入射され、 $A_1, B_1, A_2, B_2, \dots, A_n, B_n$ と順次鏡面を移動しながらA、B面の間を往復する。

【0017】このように光軸を回転させるために、それぞれの鏡面は 方向に傾斜をつけなければならない。A面からB面へ進む光線を往路、その逆を復路と名付け、その往路をo点に向けて、往路の光束を光柱に利用する方法を、まず説明する。すなわち、A面の適当な曲率を持つ鏡面群は光束が常に中心点oに向くように光軸を少しずつ回転させる。この場合、鏡面 A_i ($i = 1, 2, \dots, n$)の法線は、 B_{i-1} の中心と A_i の中心を結ぶ線と A_i の中心とo点を結ぶ線の間になければならない。また B_i の法線は、 B_i の中心と A_i の中心および A_{i+1} の中心を結ぶ線の間になければならない。

【0018】上記の鏡面の配置は往路の光のみを光柱として用いる方法である。往復路の光の両者を光柱として用いる場合には、 A_i と B_i の相対的位置を $2/n$ ラジアン 方向に回転させ、 A_i の法線は B_{i-1} と B_i と中間に順次向け、 B_i の法線は A_i の A_{i+1} の中間に順次向ければよい。

【0019】鏡面の曲率について考えると、まず、ここでは、一般的な方法として、対称共焦点の曲率を持った球面鏡をもつ一対の光共振器を考え、その間を光を往復させ光束を形成することとする。それによって鏡面の曲率を決めた後に、それぞれの鏡面に上記の傾斜をもたせ

ればよい。

【0020】それを図2で説明する。ここでは、o点に半径 r_0 の光束を作り、鏡面の中心位置の半径をR、鏡面の半径をrとし、往路の光軸を1とし、光束を3とする。o点からA面、あるいはB面までの距離をzとする。また、A面上の鏡面の数をn、Z軸と鏡面の中心を結ぶ線の角度を θ とする。そして、これらの光束の包絡面の作る光柱の実効的な長さをLとする。対称共焦点の条件から鏡面の曲率半径は2zであり、《1とする幾何学的な条件から、

$$R = nr / \cos \theta, \tan \theta = R / z, 2r_0 = L \cdot \tan \theta, r \sim (z)$$

となる。

【0021】光学の手法により、距離zの地点の鏡面上の光束の半径 $r(z)$ は

【数1】

$$\omega(z) = \sqrt{2} \omega_0$$

である。この鏡面を用いて、それぞれの鏡面が上記の傾斜をもたせれば多面鏡システムが構成される。

【0022】なお、一般的には、対称共焦点のシステムは安定性の境界線上にあり、光共振器のモード安定性を確保するため、その曲率半径を若干長めにする。また、多面鏡の鏡面は大出力レーザーからの熱により歪むので、レーザー光の強度は $10 \text{ kw} / \text{cm}^2$ が限界であるが、鏡面が少しでも歪むとその働きが失われることになる。そこで、レーザー光の1ヶ所への集中を避け、その受ける面積を広げること、あるいは冷却することが必要とされる。そのために、本願発明においては、多面鏡構造とすることにより熱の逃げ場を大きくするとともに、それを固定することによりその冷却をしやすいことができる。

【0023】

【実施例1】具体的な例として、図3のように $L = 5 \text{ m}$, $r_0 = 5 \text{ mm}$ の光柱を作る場合には、上記の幾何学的条件から計算すると $n = 12$, $z = 1.5 \text{ m}$, $r = 7 \text{ mm}$ とし、 $R = 30 \text{ mm}$ が得られる。軸上の両多面鏡のアーチャーは $R - r = 23 \text{ mm}$ を半径とする孔となる。

【0024】さらに、光の波長 λ として、YAG(イットリウム・アルミニウム・ガーネット)レーザーの第2高調波 532 nm を考え、 $r_0 = 5 \text{ mm}$, z として 1.5 m とする。鏡面上の光束の半径 $r(z)$ は 7 mm となり、光束は殆ど円柱状と考えてよい。なお、レーザー光の入射孔は半径 1.4 mm とし、 B_{12} (図1)に作られるとする。小さな入射孔4から光を細めて入れ、鏡面間を一巡した後に、 B_{12} 面の光の径が $r = 7 \text{ mm}$ 内に広がるように鏡面の曲率を補正する。

【0025】この多面鏡システムにおける光の損失は、光の導入法によって異なる。スイッチング方式では鏡面

間を2巡した後に捨てられるが、ホールカップリング方式の場合には次のようになる。中間の媒質による損失を無視すれば、不完全な反射率 (全鏡面共通とする。) による損失 (反射損失) と光が波であるための損失 (回折損失) が考えられる。回折損失については、フレネル数Nによって決まり、 $N = r^2 / 2z$ で考えられる。本願発明の場合 $N = 3$ となり、1より大きく、基本モードのみ考えれば 0.001% 程度になる。つまり、n回の往復を考えてもこの損失は省略できる。前者の (反射損失) については、一往復 (200 ナノ秒) あたりの損失は $-2 \cdot 1n$ () であり、n回の往復では $-2n \cdot 1n$ () となる。したがって、 $\eta = 0.995$, $n = 12$, とし、入射孔 (半径 1.4 mm と想定) からの損失を 0.08 とすれば、n回の往復による全損失Wは、 $W = 0.08 - 2n \cdot 1n$ () = 0.2 となる。光の減衰時間 t_c は $t_c = 4nz / CW = 12 \text{ マイクロ秒}$ (Cは光速) となる。多面鏡システム全体を往復するのに要する時間は $T = 4nz / C = 2.4 \text{ マイクロ秒}$ である。

【0026】もし、レーザー光のパルス幅が1往復の時間 T_1 (この場合 200 ナノ秒) より短い (短パルスの) 場合、例えば、パルス幅 1 ナノ秒 の場合には、光柱には 200 ナノ秒 ごとに光が来ることになり、 5 MHz の繰り返しに相当するものになる。パルス幅 200 ナノ秒 以上であれば、減衰時間 t_c (12 マイクロ秒) で減衰はするけれども、光柱の部分には光は継続的に存在し、長パルス化するとみなせる。さらに、多面鏡システム全体を一巡する時間Tより長い連続波あるいは長パルスの場合には、蓄光作用が発揮され、蓄光作用の無い場合の nt_c / T 倍、つまり、この場合、光柱部分では 60 倍の光エネルギー密度となる。

【0027】光柱に入ってくるのが速度vを持っている粒子ビームの場合には、相対性理論によって、粒子ビームに乗った系では、ローレンツ収縮により光エネルギー密度は、 $(1 - \beta^2)^{-1/2}$ 倍になり、また、ドップラー効果により、光の波長 λ は $(1 - \beta \cos \theta)^{-1}$ 分の1となる。ここで $\beta = v / C$, θ は $(1 - \beta^2)^{-1/2}$, θ は、光束と粒子ビームとの交叉角である。したがって、この粒子ビームの速度、交叉角の選択により、適正なレーザーの実効的な出力をあげ、あるいは適正な光の波長の選択および調整ができる。

【0028】

【実施例2】(原子や分子のガスの光反応を起こす場合) 図4に示されるように、本願発明の多面鏡システムによる光柱中にガスを通過させるとレーザー光と合った光反応 (光励起その他) を起こさせることができる。すなわち、本願発明の多面鏡システムABにレーザー光Pを導入することにより光柱LCをダクトD中に発生させる。

【0029】例えば、適正なレーザー波長を選択して光柱を発生させ、その光柱にダイオキシングス、 NoX ガ

スなどGをあてると効率よくこれらを光分解することができる。あるいは、適正なレーザー波長を選択して光柱を発生させ、その光柱に酸素ガスに当てればオゾンを光合成することができる。すなわち、原子や分子のガスを光柱中のレーザー光と選択的に光反応を起こさせることにより、光分解、光処理、光合成あるいは光分析が行われる。

【0030】

【実施例3】（液体あるいは固体の波長変換素子を利用して波長変換されたレーザー光を発生させる場合）図5に示されるように、光柱に液体或いは固体の波長変換素子を配置し、適正なレーザー光により励起させ、軸上に別途配置した光共振器により、特定の波長のレーザー光を発振させる。

【0031】すなわち、本願発明の多面鏡システムABにレーザー光を導入することにより光柱LCを発生させる。この光柱に液体（又は固体）流入口より液体（又は固体）を流入させて励起し、液体（又は固体）の波長変換素子を発生させる。この波長変換素子に光共振器から特定の波長のレーザー光を導入することにより波長変換された光レーザー光を発生させる。

【0032】

【実施例4】（粒子ビームを荷電変換させる場合）図6に示されるように、光柱に高エネルギーの水素ビームを入れると、効率よく励起し、励起された水素ビームは磁場によって、効率よく荷電変換される。加速器装置の荷電変換部などに利用される。

【0033】すなわち、本願発明の多面鏡システムABにレーザー発生器LAからレーザー光を導入することにより光柱LCを発生させる。この光柱に高エネルギーの中性水素ビームH⁰を導入し、このビームを光柱中で励起し、更に光柱を囲んで配置された荷電変換用磁石Uによって生じる磁場によって電離させる。電離された水素イオン（H⁺）をリング加速器M、Mを経て光柱に循環させることにより、荷電変換装置の一部として利用される。

【0034】

【実施例5】（粒子ビーム：多価イオン源として利用する場合）図7に示されるように、イオン源からのイオンを光柱に入射すると、光電離により電子を多くはぎ取り、荷電数の大きな多価イオンとすることができる（多価イオン源）。

【0035】すなわち、本願発明の多面鏡システムABにレーザー発生器LAからレーザー光を導入することにより光柱LCを発生させる。この光柱にイオン源からイオンビームを導入し、このビームを光柱中で励起して荷電数を増やし、多価イオンビームを発生させ、これを加速部で加速性能を上げる。具体的には、イオン源から一価の酸素イオンを光柱に導入して8価の多価イオンにすることにより、加速部の能力は8倍のエネルギーまで加

速できる。

【0036】

【発明の効果】本願発明は、多数の曲面鏡をある円周上に固定配置し、その2枚を向かい合わせてレーザー光を往復させ、その光路の軸上に光の強い領域を構成する光柱を形成し、その光柱中において、強められた光とガス流、粒子ビームあるいは液体・固体物質との相互作用を行うことにより、光励起、光電離、光解離、光分解、光分析、光分離、光生成、光合成などの光反応の反応効率を高めることができるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本願発明の多面鏡システム、およびA、B両多面鏡の正面図を示す図である（n=12の場合：往復する光線はA₁からA₆の分しか図示していない）。

【図2】 本願発明の多面鏡システムにおける鏡面の曲率を決めるための図である（最小ビームスポットφの光束を座標軸Zと確度で交叉させ、交叉する光束の光密度の高い所を光柱と定義し、その長さをLとする）。

20 【図3】 本願発明の多面鏡システムにおける具体例を示す図である（L=5m、φ=5mm、z=15mの場合、R=30mm、r=7mm、n=12として、鏡面の曲率半径は30mである。

【図4】 本願発明の多面鏡システムにより光反応を起こす方法を示す図である。

【図5】 本願発明の多面鏡システムにより液体、あるいは固体の波長変換素子を利用して波長変換されたレーザー光を得る方法を示す図である。

【図6】 本願発明の多面鏡システムを荷電変換装置の一部として利用する方法を示す図である。

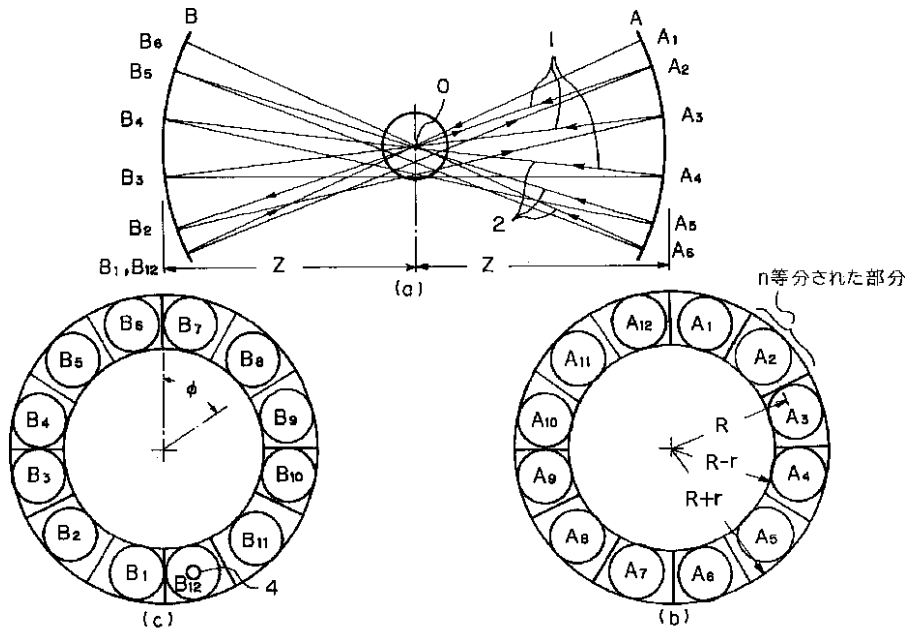
30 【図7】 本願発明の多面鏡システムを多価イオン源として利用する方法を示す図である。

【符号の説明】

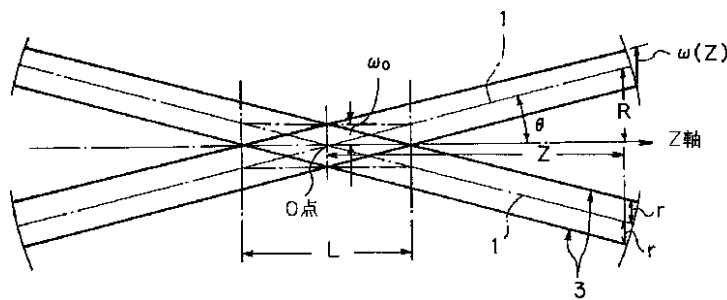
A	A多面鏡
B	B多面鏡
A _i (i = 1, 2 ··· n)	A多面鏡上の鏡面群
B _i (i = 1, 2 ··· n)	B多面鏡上の鏡面群
1	往路の光軸
2	復路の光軸
3	光束（断面を円として表現している）
4	レーザー光の入射孔
5	アパーチャー
o	多面鏡システムの中心
R	鏡面群中心のある位置の半径
径	
r	鏡面の半径
LC	光柱
L	光柱の長さ
50	鏡面を分割する方向の角度
φ	光束の最小スポットサイズ

(半径)	11	* L A	12
(z)	位置 z における光束の波面	P	レーザー
の曲率半径		D	レーザー光
粒子ビーム)との角度	光軸と座標軸 Z (あるいは	M	ダクト
G	ガス	U	リング加速器用電磁石
		*	荷電変換用磁石

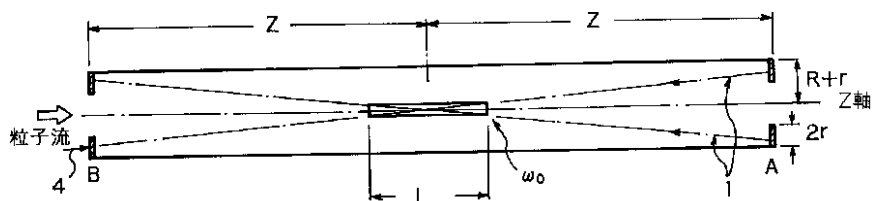
【図 1】



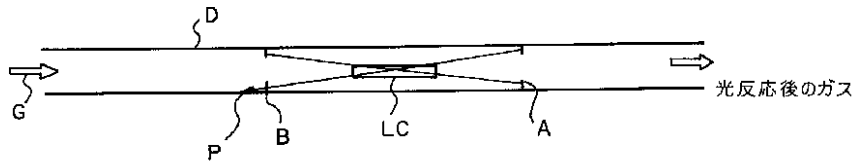
【図 2】



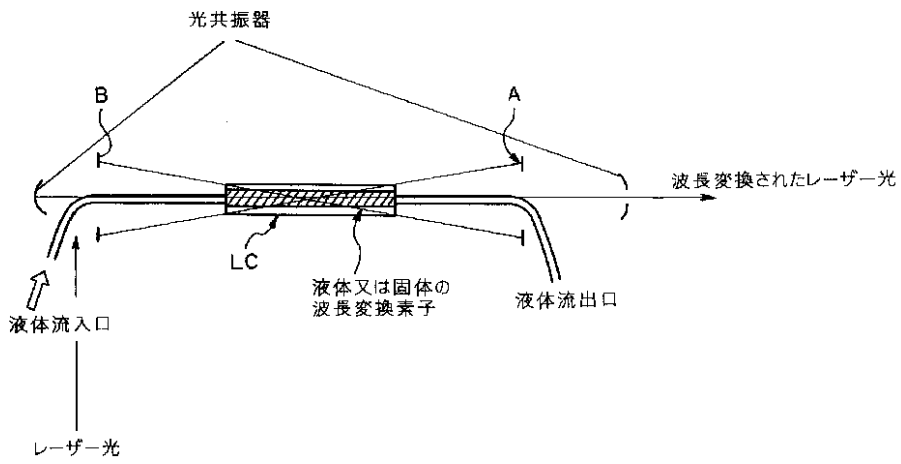
【図 3】



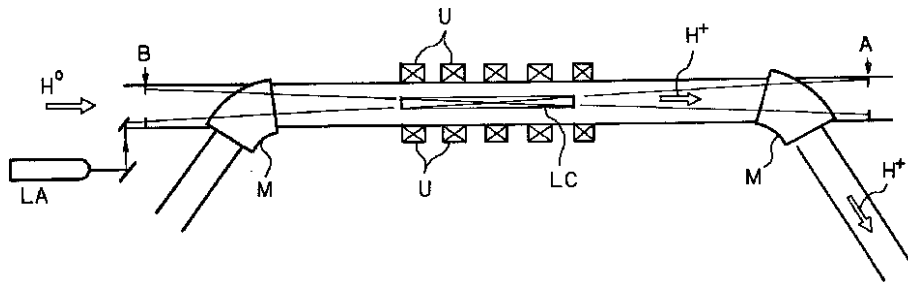
【図4】



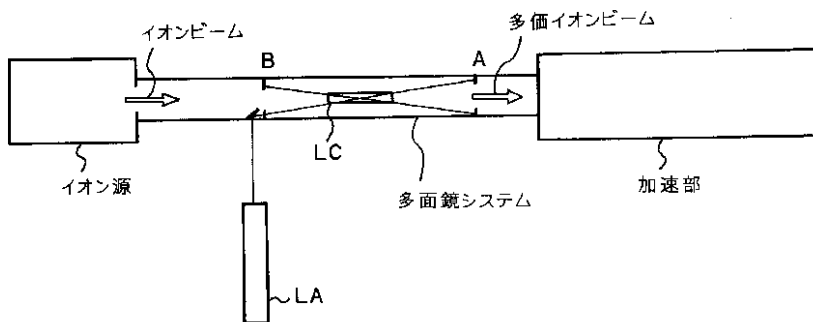
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平 6 - 244481 (J P , A)
特開 平 2 - 49483 (J P , A)
特開 平 4 - 271187 (J P , A)
特開 平 5 - 251798 (J P , A)
特開 平 7 - 249499 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B 名)
H01S 3/081