

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4131998号
(P4131998)

(45) 発行日 平成20年8月13日(2008.8.13)

(24) 登録日 平成20年6月6日(2008.6.6)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 L 31/10 (2006.01) H O 1 L 31/10 A

請求項の数 1 (全 9 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平10-120848 (22) 出願日 平成10年4月30日(1998.4.30) (65) 公開番号 特開平11-312821 (43) 公開日 平成11年11月9日(1999.11.9) 審査請求日 平成17年4月28日(2005.4.28)</p> <p>特許法第30条第1項適用 1997年11月18日~11月21日 社団法人電気学会主催の「International Conference on Optical MEMS and Their Applications MOEMS 97」において文書をもって発表</p>	<p>(73) 特許権者 508063336 佐々木 実 愛知県名古屋市緑区有松南501番地 シンフォニアみなみが丘F棟402号 (74) 代理人 110000121 アイアット国際特許業務法人 (72) 発明者 羽根 一博 宮城県仙台市青葉区中山9丁目21番5号 (72) 発明者 佐々木 実 宮城県仙台市青葉区国見1丁目12番11号 審査官 吉野 三寛</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 透明な半導体受光素子およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体バルクの表面の一部に形成された受光部を含む領域に、半導体バルクの表面から裏面に光が透過する格子状の通路が少なくとも1以上形成され、

前記格子部分に複数個の受光素子を形成し、各受光素子に個別の電極を設けたことを特徴とする半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、レーザ光が透過する半導体受光素子の構造およびその製造方法に関する。レーザ光が透過する半導体受光素子は、精密工作機械や電子顕微鏡のアライメント用センサとして利用することができる。

【0002】

【従来の技術】

精密工作機械では、数メートルにわたり1 μmの精度で複数の部材のアライメントを行うことが必要である。また、レーザ実験装置では光軸のアライメントのために、同程度のアライメントを行う必要がある。このために、光源として発光ダイオードを用い、この発光ダイオードが発生するレーザ光を受光する光センサとして、フォトダイオードなどの半導体受光素子を用いて、これらを組み合わせて使用する技術が知られている。

【0003】

図 1 2 にレーザ光の参照ビームによる部材のアライメントの例を示す。ここでは半導体受光素子としてフォトダイオードを用いた例を示す。図 1 2 に示すように、アライメントを必要とする部材 5 0、5 1、5 2 に沿って、その一端に光源 4 0 を配置し、その光源 4 0 からスポット径の小さいレーザ光を照射し、その部材 5 0、5 1、5 2 に機械的に取付けられたきわめて小さい受光面積を有するフォトダイオードを備えた半導体装置 3 0、3 1、3 2 を用いてこのレーザ光を受光するものである。このような半導体装置 3 0、3 1、3 2 としては、一つの受光面上に複数のフォトダイオードを区分形成しておき、そのいずれにレーザ光が受光されているかを識別することにより、そのアライメント調節を自動的に行う構造のものも知られている。

【 0 0 0 4 】

10

【発明が解決しようとする課題】

このような従来技術では、一つの光軸上に受光センサとしての半導体装置 3 0 が 1 個配置されると、そのレーザ光はその位置で遮断されることになる。すなわち、長い距離に配置された多数の部材 5 0、5 1、5 2 のアライメントを行う必要がある場合には、光源 4 0 に近い位置から順に半導体装置 3 0、3 1、3 2 を有効状態として位置調節を行い、位置調節が完了した半導体装置 3 0、3 1、3 2 は、次の部材のアライメントを行うためにその光軸上から取り除くことが必要である。これはアライメント作業を複雑化するとともに、その作業を繰り返し行うことが必要になり、すべての部材 5 0 ~ 5 2 が正しく調節されたことを全体として確認することはできない。

【 0 0 0 5 】

20

このような問題を解決するためのビームスプリッタを用いたレーザ光の参照ビームによる部材のアライメントの例を図 1 3 に示す。図 1 3 に示す例では、ハーフミラーあるいはプリズムなどによるビームスプリッタ 2 0、2 1、2 2 を部材 5 0、5 1、5 2 にそれぞれ取付け、分岐された光軸を半導体装置 3 0、3 1、3 2 により受光してアライメントを行うものである。図 1 4 はビームスプリッタと半導体装置との関係を示す図である。しかし、図 1 3 の例では、光学系が複雑になるとともに、ビームスプリッタ 2 0 ~ 2 2 で光軸がわずかにそれたり、ビーム波面にノイズが生じ、長い距離を伝搬させるとスポット形状やビームの広がりが歪むこともある。

【 0 0 0 6 】

したがって、受光センサとしての半導体装置が透明であって、一つの半導体装置が部材のアライメントに利用したレーザ光がそのまま透過され、他の半導体装置がそのレーザ光を他の部材のアライメントに利用することができれば、前述したような問題点を解決することができる。

30

【 0 0 0 7 】

本発明は、このような背景に行われたものであって、受光光線の一部のみを吸収し、その大部分をその背面に透過する構造の半導体受光素子を提供することを目的とする。本発明は、光軸上の機械的なアライメント作業を単純化することを目的とする。本発明は、多数の部材のアライメントを行う場合に、その全体のアライメントを確認することができる装置を提供することを目的とする。

【 0 0 0 8 】

40

【課題を解決するための手段】

本発明の第一の観点は半導体受光素子であって、半導体バルクの一部にレーザ光が透過可能な程度の薄膜に形成されたことを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

これにより、一つの半導体受光素子を透過したレーザ光がさらに他の半導体受光素子に到達することができるため、例えば、複数の部材のアライメントをレーザ光の一つの光軸を共通の参照ビームとして調節することができる。このため、アライメント作業が単純化するとともに、多数の部材のアライメントを行う場合に、その全体のアライメントを確認することができる。

【 0 0 1 0 】

50

本発明の第二の観点は半導体装置であって、前記半導体受光素子が一つの半導体バルクに複数個きわめて近接して形成され、この各半導体受光素子に個別の電極が設けられたことを特徴とする。

【0011】

前記複数が2である場合には、例えば、この半導体装置に一つの点となるレーザスポットを照射し、この二つの半導体受光素子が発生する光電流の光電流差を測定することによって、半導体装置上のレーザスポットの照射位置を一次元的に検出することができる。

【0012】

また、前記複数が4である場合には、前記薄膜上にX Y直交軸を想定するとき、その4個の半導体受光素子がこのX Y軸で区分される各象限内に配置されるようにすることができる。このように半導体受光素子を配置することにより、例えば、この半導体装置に一つの点となるレーザスポットを照射し、この四つの半導体受光素子が発生する光電流の光電流差を測定することによって、半導体装置上のレーザスポットの照射位置を二次元的に検出することができる。

10

【0013】

本発明の第三の観点は透明な半導体受光素子の製造方法であって、一導電型のSi基板をその裏面からレーザ光が透過可能な程度の厚さまでエッチングする工程と、この工程によりエッチングされた部分に表面から反対導電型のドーピングを行う工程と、このドーピングを行った部分に電氣的に接続する電極を形成する工程とを含むことを特徴とする。

【0014】

本発明の第四の観点は前記薄膜に形成された半導体受光素子とは異なる半導体受光素子であって、半導体バルクの表面の一部に形成された受光部を含む領域に、半導体バルクの表面から裏面に光の通過可能な格子状構造の通路を設けることによって、等価的に透明な半導体受光素子を形成することができる。

20

【0015】

このように形成された半導体受光素子は前記薄膜に形成された半導体受光素子と同様に用いることができる。すなわち、半導体装置に適用し、前記半導体受光素子が一つの半導体バルクに複数個きわめて近接して形成され、この各半導体受光素子に個別の電極が設けられ、かつ光が通過可能な通路が格子状構造に形成された構成とし、前記複数を2または4とすることができる。

30

【0016】

また、前記複数が4である場合には、前記薄膜上にX Y直交軸を想定するとき、その4個の半導体受光素子がこのX Y軸で区分される各象限内に配置されるようにすることができる。

【0017】

【発明の実施の形態】

発明の実施の形態を図1、図2、図6、図7、図8、図10を参照して説明する。図1は本発明第一実施例の薄膜型フォトダイオードを用いた半導体装置の構成図である。図2は本発明第一実施例の2個の薄膜型フォトダイオードを用いた半導体装置の例を示す図である。図6は本発明第一実施例の4個の薄膜型フォトダイオードを用いた半導体装置の例を示す図である。図7は本発明第二実施例の格子型フォトダイオードを用いた半導体装置の構成図である。図8は本発明第二実施例の格子型フォトダイオードを用いた半導体装置の斜視図である。図10は本発明第二実施例の4個の格子型フォトダイオードを用いた半導体装置の例を示す図である。ここでは、半導体受光素子としてフォトダイオードを用いた例を説明するが、これは本発明の適用範囲をフォトダイオードに限定するものではない。

40

【0018】

本発明第一実施例は、図1に示すように、半導体バルクの一部にレーザ光が透過可能な程度の薄膜に形成されたことを特徴とするフォトダイオード1-1および1-2である。フォトダイオード1-1および1-2にはそれぞれ電極2-1および2-2が設けられている。図2に示すように、フォトダイオード1-1および1-2が一つの半導体バルクに2

50

個きわめて近接して形成され、この各フォトダイオード1 - 1および1 - 2に個別の電極2 - 1および2 - 2が設けられた半導体装置として構成される。図2の破線で囲まれた部分に薄膜領域が形成される。あるいは、図6に示すように、フォトダイオード1 - 1ないし1 - 4が一つの半導体バルクに4個きわめて近接して形成され、この各フォトダイオード1 - 1ないし1 - 4に個別の電極2 - 1ないし2 - 4が設けられた半導体装置として構成される。このとき、前記薄膜上にXY直交軸を想定するとき、その4個のフォトダイオード1 - 1ないし1 - 4がこのXY軸で区分される各象限内に配置される。図6の破線で囲まれた部分に薄膜領域が形成される。

【0019】

また、本発明第二実施例では、図7および図8に示すように、半導体バルクの一部に形成された受光部であるフォトダイオード4 - 1および4 - 2を含む領域に、半導体バルクの表面から裏面に光の通過可能な通路が少なくとも1つ以上形成される。この格子状構造のフォトダイオード4 - 1および4 - 2には、それぞれ電極2 - 1および2 - 2を備える。

【0020】

本発明第二実施例の格子状構造のフォトダイオードを用いても図10に示すように、フォトダイオード4 - 1ないし4 - 4が一つの半導体バルクに4個きわめて近接して形成され、この各フォトダイオード4 - 1ないし4 - 4に個別の電極2 - 1ないし2 - 4が設けられ、かつ、図10に破線で示す格子領域に光が通過可能な通路が格子状構造に形成された半導体装置として構成される。このとき、前記薄膜上にXY直交軸を想定するとき、その4個のフォトダイオード4 - 1ないし4 - 4がこのXY軸で区分される各象限内に配置される。

【0021】

【実施例】

(第一実施例)

本発明第一実施例を説明する。図3は本発明第一実施例の透明なフォトダイオードの製造工程を示す図である。本発明第一実施例では、透明なフォトダイオードを製作するために、フォトダイオードを光が透過する程度の薄膜に形成した例を説明する。図3(a)に示すように、シリコン基板(n型(100)、5~8 cm、厚さ200 μm)を用いて裏面より25% TMAH(水酸化テトラメチルアンモニウム)溶液70°Cで異方性エッチングにより薄膜部分を製作する。エッチング時間はフーリエ変換赤外分光法により膜厚推定することで決定する。透過部分のサイズはおおよそ1 mm角で20 mm角のウェハに多数製作する。ウェハの場所によってエッチング速度がわずかに異なり、各素子の膜厚を測定すると4.4から6.1 μmのばらつきが生じる。次に、図3(b)に示すように、表面酸化膜をパターニングし、ボロン(100 keV、BF₂⁺、2.0 × 10¹⁴ atoms/cm²)を注入し、浅いpn接合(約200 nm)のフォトダイオードを製作する。最後に、図3(c)に示すように、アルミニウムの電極を形成する。

【0022】

このようにして製作した薄膜フォトダイオードの透過率は834 nmで33%、780 nmで12%、633 nmで8.0%である。シリコンの吸収係数は長い波長ほど小さいので、長い波長で大きな透過率を示した。比較のために同じフォトダイオード製作条件で薄膜化しないバルクのフォトダイオードを製作して特性を比較した。その比較結果を図4を参照して説明する。図4はバイアス電圧-1.0 V、波長780 nmにおける光電流の入射レーザ光量依存性を示す図であり、横軸に入射パワー(μW)をとり、縦軸に光電流(μA)をとる。バルク型(実線)の感度が0.39 A/Wに対して薄膜型は5 μm厚さ(破線)で0.21 A/W、3 μm厚さ(一点鎖線)で0.13 A/Wである。

【0023】

図5は、図2に示す2分割の薄膜型フォトダイオードを用いた半導体装置において、スポット径375 μmのレーザを移動させたときに左右の電極で得られた光電流(破線:左電極、一点鎖線:右電極)とその光電流差(実線)を示す図であり、横軸にレーザスポットの位置(mm)をとり、縦軸に光電流(μA)および光電流差(μA)をとる。光電流差

10

20

30

40

50

において、0 mmの近傍の傾きの急な領域は2つのセルをスポットが移動することで生じる。 ± 0.3 mmの近傍の領域では、緩やかなスロープとなるのは薄膜部分の低い感度のためである。 ± 0.5 mmの急なスロープの領域は基板の厚さが変化するために生じる。 ± 0.8 mmの近くの領域は厚い基板の領域となる。

【0024】

このようにして、レーザスポットの位置を光電流差から検出することができる。この場合には、レーザスポットの位置の検出は一次元的に行われるため、図2の縦方向の位置を特定することはできない。図6に示すように、4分割の薄膜型フォトダイオード1-1~1-4を用いた半導体装置により、レーザスポットの位置の検出を二次元的に行うことができる。図6の破線で囲まれた部分に薄膜領域が形成される。すなわち、図5に示した光電流または光電流差およびレーザスポットの位置の関係が図6の縦方向にも適用されるため、図6に示す半導体装置上における二次元的なレーザスポットの位置を検出することができる。

10

【0025】

(第二実施例)

本発明第二実施例を図7および図8を参照して説明する。本発明第二実施例では、透明なフォトダイオードを実現するために、フォトダイオードを細い格子状に製作し、一部の光を捕らえ、大部分の光は何も影響を与えずに透過させる方法を考えた。このとき、光ビームの径は格子周期より十分大きいとする。図7には格子型フォトダイオードを用いた半導体装置の構造を示す。透過部分は基板を貫通しているため、波面に歪を生じさせない。

20

【0026】

製造方法は、まず、異方性エッチングによりシリコンをある程度薄膜化し、フォトダイオードを製作後、ICPの反応性エッチングにより格子部分を貫通エッチングする。すなわち、図3(a)および図3(b)に示したものと同様の工程により、本発明第一実施例の薄膜型フォトダイオードよりは厚いフォトダイオードを形成し、このフォトダイオードをICPの反応性エッチングにより格子部分を貫通エッチングする。このようにして形成された格子部分に、図3(c)に示したものと同様に、電氣的に接続する電極を形成することにより製造する。

【0027】

レーザ光を入射させたとき、格子部分の面積は狭いのでその影響は少ないが、回折波を発生させる。回折波は格子周期に相当する回折角度で光軸方向から逸れるので、それらの回折光が抜けた後では、光量がわずかに低下する以外は波面に歪を発生させない。このため透過後の光波の伝播に与える影響は非常に小さい。格子は正方形格子で、その周期は100 μm と50 μm である。また格子部分の幅は5 μm で厚さは40 μm である。格子構造のアスペクト比は8である。100 μm 周期の格子による波長0.5 μm の光の回折角度は0.3°であるので2 m離れると1 cm回折される。したがって、この程度の距離においては回折波が抜けるので、波面の乱れはほとんど取り除かれている。製作した格子の幅と周期の比は5%であるので光の透過率を面積比より計算すると90%となる。光の損失は10%であり透過率は高い。pn接合のフォトダイオード部分を格子の左右の領域に製作し、格子型の2分割フォトダイオードを製作した。

30

40

【0028】

図9は格子型フォトダイオードの応答を示す図である。横軸にレーザスポットの位置(mm)をとり、縦軸に光電流差(μA)をとる。レーザ光のスポット径がそれぞれ340 μm (実線)、360 μm (一点鎖線)、400 μm (破線)のときの2つのフォトダイオード4-1および4-2の光電流差をとった。図9に示すように、光電流差の信号が単調に増加していることから、スポット位置センサとして動作することを確認した。

【0029】

このようにして、レーザスポットの位置を光電流差から検出することができる。この場合には、レーザスポットの位置の検出は一次元的に行われるため、図8の縦方向の位置を特定することはできない。図10に示すように、4分割の格子型フォトダイオード4-1~

50

4 - 4 を用いた半導体装置により、レーザスポットの位置の検出を二次元的に行うことができる。図 10 の破線で囲まれた部分に格子領域が形成される。すなわち、図 9 に示した光電流差およびレーザスポットの位置の関係が図 10 の縦方向にも適用されるため、図 10 に示す半導体装置上における二次元的なレーザスポットの位置を検出することができる。

【0030】

(応用例)

本発明の透明な半導体受光素子を用いた応用例を図 11 を参照して説明する。図 11 は第一応用例としての複数の部材のアライメント作業を示す図である。本発明の透明なフォトダイオードを用いた半導体装置 60、61、62 を用いれば、図 11 に示すように、第一の半導体装置 60 を透過した光軸が第二および第三の半導体装置 61、62 にも到達するので、一つの共通の光軸を用いて複数の部材 50、51、52 のアライメントを行うことができる。したがって、アライメント作業が単純化するとともに、全体のアライメントを確認することができる。

10

【0031】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、受光光線の一部のみを吸収し、その大部分をその背面に透過する構造の半導体受光素子を実現することができる。これにより、光軸上の機械的なアライメント作業を単純化することができる。また、多数の部材のアライメントを行う場合に、その全体のアライメントを確認することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明第一実施例の薄膜型フォトダイオードを用いた半導体装置の構成図。

【図 2】本発明第一実施例の 2 個の薄膜型フォトダイオードを用いた半導体装置の例を示す図。

【図 3】本発明第一実施例の透明なフォトダイオードの製造工程を示す図。

【図 4】バイアス電圧 - 1.0 V、波長 780 nm における光電流の入射レーザ光量依存性を示す図。

【図 5】2 分割の薄膜型フォトダイオードにおいてスポット径 375 μm のレーザを移動させたときに左右の電極で得られた光電流とその差信号を示す図。

【図 6】本発明第一実施例の 4 個の薄膜型フォトダイオードを用いた半導体装置の例を示す図。

30

【図 7】本発明第二実施例の格子型フォトダイオードを用いた半導体装置の構成図。

【図 8】本発明第二実施例の格子型フォトダイオードを用いた半導体装置の斜視図。

【図 9】格子型フォトダイオードの応答を示す図。

【図 10】本発明第二実施例の 4 個の格子型フォトダイオードを用いた半導体装置の例を示す図。

【図 11】複数の部材のアライメント作業を示す図。

【図 12】従来のレーザ光の参照ビームによる部材のアライメントの例を示す図。

【図 13】ビームスプリッタを用いたレーザ光の参照ビームによる部材のアライメントの例を示す図。

40

【図 14】ビームスプリッタとフォトダイオードとの関係を示す図。

【符号の説明】

1 - 1 ~ 1 - 4、4 - 1 ~ 4 - 4 フォトダイオード

2 - 1、2 - 2、2 - 3、2 - 4 電極

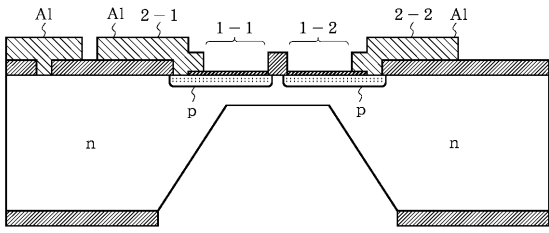
20 ~ 22 ビームスプリッタ

30 ~ 32、60 ~ 62 半導体装置

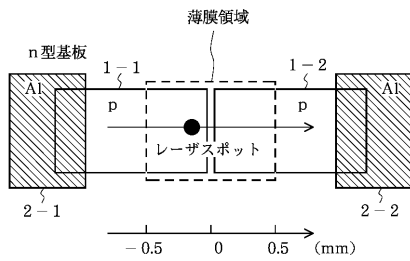
40 光源

50 ~ 52 部材

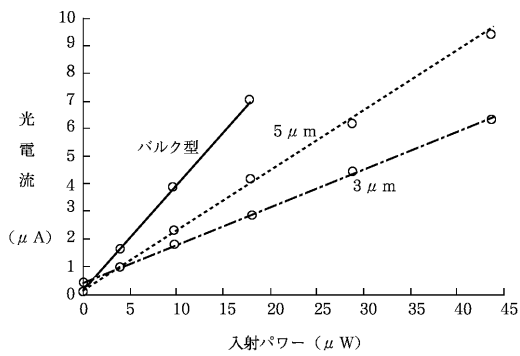
【図1】



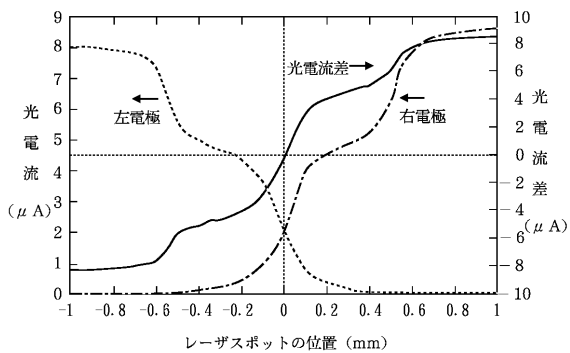
【図2】



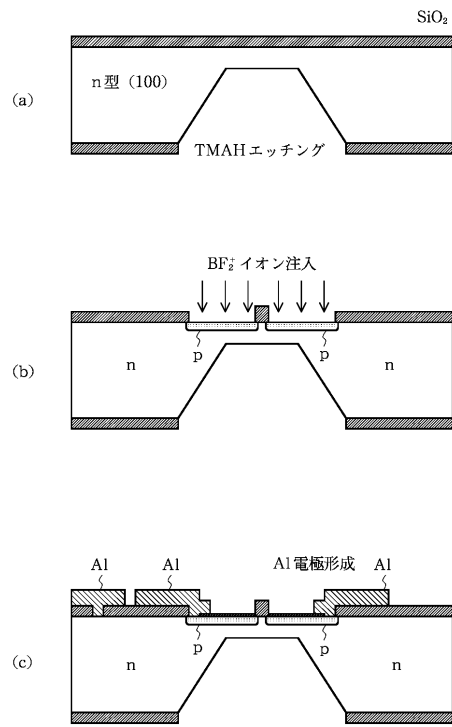
【図4】



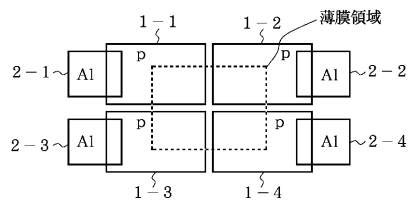
【図5】



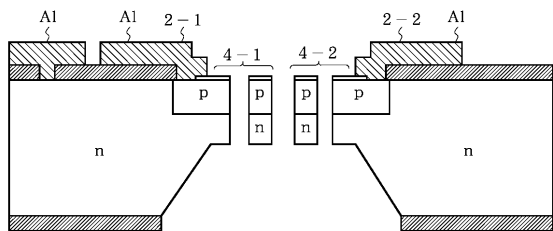
【図3】



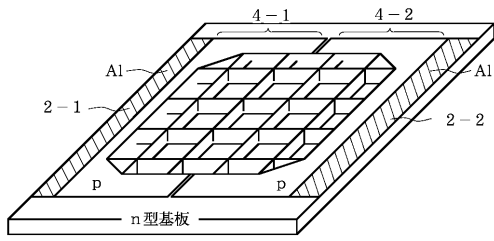
【図6】



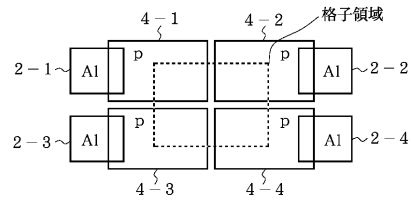
【図7】



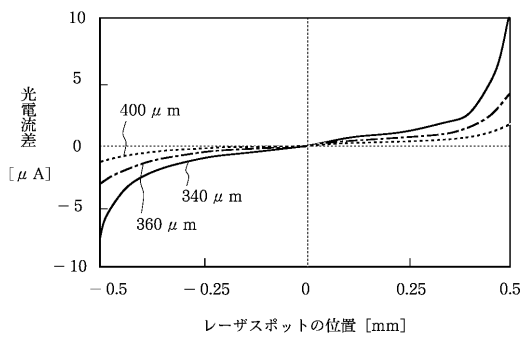
【図 8】



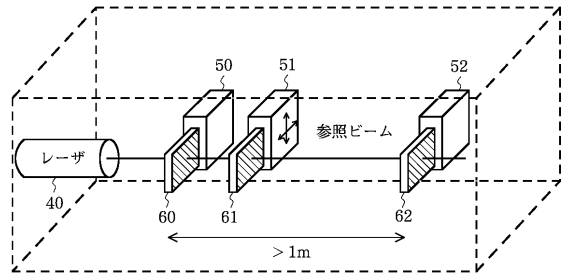
【図 10】



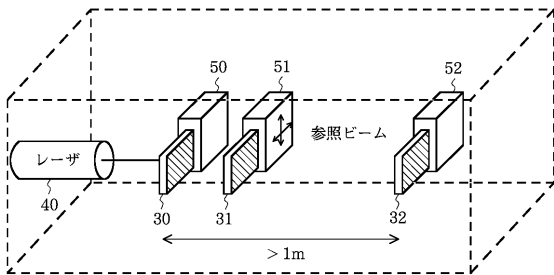
【図 9】



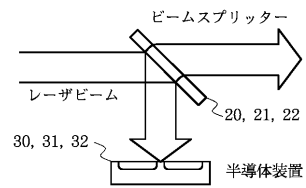
【図 11】



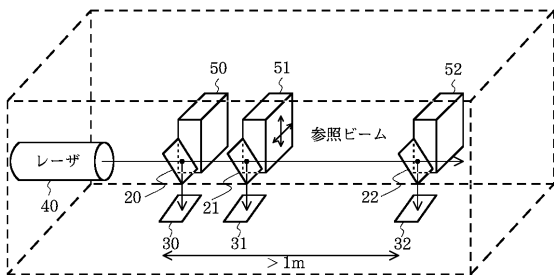
【図 12】



【図 14】



【図 13】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭62-237769(JP,A)
特開昭64-032126(JP,A)
特開平08-263854(JP,A)
特開昭63-072170(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 31/10-31/119