

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4256518号
(P4256518)

(45) 発行日 平成21年4月22日(2009.4.22)

(24) 登録日 平成21年2月6日(2009.2.6)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 S 3/0973 (2006.01)

H O 1 S 3/097 C

G O 3 F 7/20 (2006.01)

G O 3 F 7/20 5 O 2

H O 1 L 21/027 (2006.01)

G O 3 F 7/20 5 O 5

G O 3 F 7/20 5 2 1

H O 1 L 21/30 5 1 5 B

請求項の数 7 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-51807

(22) 出願日 平成11年2月26日(1999.2.26)

(65) 公開番号 特開2000-252562(P2000-252562A)

(43) 公開日 平成12年9月14日(2000.9.14)

審査請求日 平成18年2月24日(2006.2.24)

(73) 特許権者 000205041

大見 忠弘

宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2-1-17-301

(73) 特許権者 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(74) 代理人 100090273

弁理士 國分 孝悦

(72) 発明者 大見 忠弘

宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2-1-17-301

(72) 発明者 平山 昌樹

宮城県仙台市若林区舟丁52マンション相原103号

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ発振装置、露光装置及びデバイスの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

導波管から導波管壁に形成された複数の微小間隙を介してマイクロ波をレーザ管内に導入することにより前記レーザ管内のレーザガスを励起し、前記レーザガスから発せられる光を共振させてレーザ光を発生させるレーザ発振装置であって、

前記微小間隙が形成された前記導波管壁には、マイクロ波が共振可能な領域を有する空隙構造が形成されていることを特徴とするレーザ発振装置。

【請求項2】

前記空隙構造は、前記微小間隙の端部近傍においては前記端部から $g/4$ (g は前記マイクロ波の管内波長) の距離の範囲まで形成されていることを特徴とする請求項1に記載のレーザ発振装置。

【請求項3】

前記空隙構造は、前記微小間隙の端部近傍においては前記端部から $g/2$ (g は前記マイクロ波の管内波長) の距離の範囲まで形成されていることを特徴とする請求項1に記載のレーザ発振装置。

【請求項4】

前記空隙構造は、前記微小間隙の中央部においては $g/2$ (g は前記マイクロ波の管内波長) 以下の距離の範囲で形成されていることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載のレーザ発振装置。

【請求項5】

照明光を発する光源である請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載のレーザ発振装置と、
所定パターンの形成されたレチクルに前記レーザ発振装置からの照明光を照射する第 1
光学系と、

前記レチクルを介した照明光を被照射面に照射する第 2 光学系とを備え、
前記被照射面に前記レチクルの所定パターンを投影し露光を行うことを特徴とする露光
装置。

【請求項 6】

被照射面に感光材料を塗布する工程と、
請求項 5 に記載の露光装置を用いて、前記感光材料が塗布された前記被照射面に所定パ
ターンの露光を行う工程と、
前記所定パターンの露光が行われた前記感光材料を現像する工程とを備えることを特徴
とするデバイスの製造方法。

【請求項 7】

前記被照射面をウェハ面とし、当該ウェハ面に半導体素子を形成することを特徴とする
請求項 6 に記載のデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、導波管から導波管壁に形成された複数の微小間隙を介して電磁波をレーザ管内
に導入することにより、レーザ光を発生させるレーザ発振装置に関し、特にレーザガス励
起用の電磁波としてマイクロ波を用いたレーザ発振装置、これを備えた露光装置及びデバ
イスの製造方法に適用して好適である。

【0002】

【従来の技術】

近時では、紫外領域で発振する唯一の高出力レーザとして、いわゆるエキシマレーザが注
目されており、電子産業や化学産業、エネルギー産業等において、具体的には金属、樹脂
、ガラス、セラミックス、半導体等の加工や化学反応等に応用が期待されている。

【0003】

エキシマレーザ発振装置の機能原理について説明する。まず、マニホールド内に充填された
 Ar 、 Kr 、 Ne 、 F_2 等のレーザガスを電子ビーム照射や放電等により励起状態にする
。このとき、励起された F 原子は基底状態の不活性 Kr 、 Ar 原子と結合して励起状態で
のみ存在する分子である KrF^* 、 ArF^* を生成する。この分子がエキシマと呼ばれる
ものである。エキシマは不安定であり、直ちに紫外光を放出して基底状態に落ちる。これ
をボンドフリー遷移あるいは自然発光というが、この励起分子を利用して一对の反射鏡で
構成される光共振器内で位相の揃った光として増幅し、レーザ光として取り出すものがエ
キシマレーザ発振装置である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

エキシマレーザ発光の際には、上記の如くレーザガスの励起源としては主にマイクロ波が
用いられる。マイクロ波とは、発振周波数が数百 MHz ~ 数十 GHz の電磁波である。こ
の場合、導波管から導波管壁に形成された間隙（スロット）を介してマイクロ波をレーザ
管内に導入し、これによりレーザ管内のレーザガスをプラズマ状態に励起する。

【0005】

しかしながら、導波管壁に形成されたスロットからの電磁波の放射特性を、スロット上の
全領域において均一にすることは困難であり、通常、スロット長軸方向に正弦状もしくは
それに類似した分布となる。すなわち、図 13 (a) に示すように、スロット長軸方向の
中央部における電界強度分布が最も大きく、スロット長軸方向の端部における電界強度分
布が最も小さくなってしまう。

【0006】

更に、マイクロ波の電界強度分布に対して、励起されるプラズマはスロット長軸方向の中

10

20

30

40

50

心に集まるという性質があり、スロット長軸方向の電界強度の不均一分布が助長されてしまう。このことは、スロットの長手方向において励起されるプラズマを均一にすることのできない大きな要因となる。

【0007】

この現象は、スロットの長手方向における中央の位置で励起源である電磁波の強度が最も強い場合プラズマが中央の位置で励起され易いという性質、励起したプラズマが表面積が最小となる球状に集まり易いという性質に起因するものである。これによって、中央位置で励起したプラズマによって、スロット中央に空間のインピーダンスの低い領域が形成され、その部位で優先的にエネルギーが消費されると共に、プラズマがシールドとして働き、マイクロ波が放出される長さに設計されていたスロット長がマイクロ波にとって半分の長さとなり、マイクロ波がスロット外部に放出されなくなる。これら2つの要因によりプラズマはスロットの中央のみで形成され易く、スロット上で均一なプラズマを励起させることは極めて困難であった。

10

【0008】

本発明は、このような問題を解決するために成されたものであり、スロットアレイ構造を採用するも、個々のスロットの長手方向にわたり全体的に均一なマイクロ波の放射を実現し、エネルギー損失を極力抑えた均一なレーザ発光を可能とするレーザ発振装置や、このレーザ発振装置を備えた高性能の露光装置、この露光装置を用いた高品質なデバイスの製造方法を提供することを目的とする。

20

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明のレーザ発振装置は、導波管から導波管壁に形成された複数の微小間隙を介してマイクロ波をレーザ管内に導入することにより前記レーザ管内のレーザガスを励起し、前記レーザガスから発せられる光を共振させてレーザ光を発生させるレーザ発振装置であって、前記微小間隙が形成された前記導波管壁には、マイクロ波が共振可能な領域を有する空隙構造が形成されている。

【0010】

本発明の露光装置は、照明光を発する光源である前記レーザ発振装置と、所定パターンの形成されたレチクルに前記レーザ発振装置からの照明光を照射する第1光学系と、前記レチクルを介した照明光を被照射面に照射する第2光学系とを備え、前記被照射面に前記レチクルの所定パターンを投影し露光を行う。

30

【0011】

本発明のデバイスの製造方法は、被照射面に感光材料を塗布する工程と、前記露光装置を用いて、前記感光材料が塗布された前記被照射面に所定パターンの露光を行う工程と、前記所定パターンの露光が行われた前記感光材料を現像する工程とを備える。

【0023】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を適用した具体的な実施形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0024】

(第1の参考実施形態)

40

先ず、第1の参考実施形態について説明する。本参考実施形態では、いわゆるエキシマレーザ光を発するエキシマレーザ発振装置を例示する。図1は、第1の参考実施形態のエキシマレーザ発振装置の主要構成を示す模式図である。

【0025】

このエキシマレーザ発振装置は、図1に示すように、エキシマレーザガスの励起による発光を共振させてレーザ光を発するレーザ管2と、レーザ管2内のエキシマレーザガスを励起してプラズマ状態とするための導波管1と、導波管1を冷却するために、冷却水導入口9を有する冷却容器7とを備えて構成されている。

【0026】

エキシマレーザ光を発生させる際の原料となるエキシマレーザガスは、Kr, Ar, Ne

50

から選ばれた 1 種以上の不活性ガス、又は前記 1 種以上の不活性ガスと F_2 ガスとの混合気体である。これらのうち、使用したい波長により適宜ガス種を選択し組み合わせればよい。例えば、248 nm の波長のレーザ光を発生させたい場合には、 $Kr / Ne / F_2$ とし、193 nm の波長の場合には $Ar / Ne / F_2$ 、157 nm の波長の場合には Ne / F_2 とすればよい。

【0027】

レーザ管 2 は、エキシマレーザガスの管内への導入部となるレーザガス導入出口 8 と、各端部にそれぞれ反射構造体 5、6 が設けられ、これら反射構造体 5、6 によりプラズマ放電による光の位相が揃えられてレーザ光が発生する。

【0028】

導波管 1 は、マイクロ波をガス供給路構造 11 内のレーザガスへ供給するための手段であり、図 1 中上面部に細長い複数のスロット 10 が形成されている。導波管 1 の上部より数百 MHz ～数十 GHz の周波数のマイクロ波が導入されると、このマイクロ波が導波管 1 内を伝播しながら、スロット 10 から導波管 1 の外部へ放出される。放出されたマイクロ波は、レーザ管 2 内へ導入される。そして、導入されたマイクロ波によりレーザ管 2 内のエキシマレーザガスが励起され、共振してエキシマレーザ光が発生することになる。

【0029】

導波管 1 の具体的な様子を図 2 に示す。ここで、図 2 (a) は導波管 1 の模式的な斜視図、図 2 (b) はその平面図である。

【0030】

図 2 (b) に示すように、各スロット 10 はその長手方向が導波管 1 の長手方向と一致するように一列に配置されている。スロット 10 は、導波管 1 の長手方向に沿って配置されており、各々が導波管 1 の長手方向に延在する形状とされている。ここで、第 1 の参考実施形態においては、導波管 1 の短端面から放出されるマイクロ波を放出するスロット 10 に本発明を適用した例を示す。

【0031】

図 6 (a) は、E 面におけるマイクロ波により、導波管 1 の壁内表面に生じる電流を示す模式図である。導波管 1 の壁内表面においてスロット 10 と垂直方向の電流を生じさせる。ここで図 6 (c) は、導波管 1 における E 面及び H 面を示す模式図である。E 面とは、導波管 1 の短端面をいい、H 面とは、導波管 1 の長端面をいう。

【0032】

図 3 (a) は、任意の 1 つのスロット 10 の形状を示す概略平面図である。このように、スロット 10 は長手方向の端部に向かうにつれて幅広の形状とされている。

【0033】

そして、図 3 (c) は、図 3 (a) に示すスロット 10 の長手方向に沿った位置と、スロット 10 の開口率の関係を示す模式図である。図 3 (a)、図 3 (c) に示すように、開口率はスロット 10 の端部に向かうにつれて大きくなる。

【0034】

そして、図 3 (d) は、図 3 (a) に示すスロット 10 によってマイクロ波を放射した場合の放射エネルギーの強度を示した模式図である。このように、端部において開口率が大きく形成されたスロット 10 を用いることによって、特にスロット 10 端部における放射エネルギーを大きくすることができる。すなわち、図 6 (a) に示すようなスロット 10 を横切る電流密度に対してスロット 10 の幅を変化させることによって、放出されるマイクロ波の放射エネルギーをスロット 10 の長手方向の各部位において制御することが可能となる。そして、図 3 (d) に示すように均一化された放射を実現することが可能となる。

【0035】

なお、実際の発光におけるマイクロ波の分布はプラズマとの干渉等があり、測定や解析が極めて困難である。従って、図 3 (d) においてはプラズマが励起されていない状態でのスリットからの均一性を評価することで、均一性を評価している。

10

20

30

40

50

【0036】

このような、中心部に対して対称形状のスロット10は、電流の密度分布がスロット10の短軸方向に対称となる、E面に放出されるマイクロ波に用いて好適である。

【0037】

このように、スロット10の長手方向の各部位における幅を異なるようにし、長手方向の端部における幅を中央部に比して大きくしたことによって、特に、スロット10の端部においてマイクロ波の放射を強くすることができる。これにより、図3(b)に示すような均一なマイクロ波の放出が可能となる。

【0038】

図4(a)は、スロット10の形状の他の例を示す概略平面図である。図4(a)に示すスロット10は、長手方向の端部を局所的に円形に広げたダンベル形状とされている。

10

【0039】

そして、図4(b)は、図4(a)に示すスロット10の長手方向に沿った位置と、スロット10の開口率の関係を示す模式図である。図4(a)、図4(b)に示すように、開口率はスロット10の端部において大きくなる。

【0040】

そして、図4(c)は、図4(a)に示すスロット10によってマイクロ波を放射した場合の放射エネルギーの強度を示した模式図である。このように、端部において開口率が大きく形成されたスロット10を用いることによって、円形部10aにおいてマイクロ波の放出を高め、特にスロット10端部における放射エネルギーを大きくすることができる。すなわち、図6(a)に示すようなスロット10を横切る電流密度に対してスロット10の幅を変化させることによって、放出されるマイクロ波の強度をスロット10の長手方向の各部位において制御することが可能となり、図4(c)に示すように均一化された放射を実現することが可能となる。

20

【0041】

また、スロット10端に半径rの円を付加することにより、半径rを大きくすることによって、スロット10の長さを等価的に長くすることが可能である。これにより、実質的に $g/4$ の長さのスロット長としなくてもQをより小さくすることができる。また、スロット10の端部が円形であることから、スロット10を形成する際の機械加工を容易且つ精密に行うことが可能である。

30

【0042】

図5(a)は、図4(a)に示すスロット10の形状をより滑らかに曲線でつなげた形状のスロット10を示している。

【0043】

そして、図5(b)は、図5(a)に示すスロット10の長手方向に沿った位置と、スロット10の開口率の関係を示す模式図である。図5(a)、図5(b)に示すように、開口率はスロット10の端部に近接する程増大する。

【0044】

そして、図5(c)は、図5(a)に示すスロット10によってマイクロ波を放射した場合の放射エネルギーの強度を示した模式図である。このように、端部において開口率が大きく形成されたスロット10を用いることによって、円形部10aにおいてマイクロ波の放出を高め、特にスロット10端部における放射エネルギーを大きくすることができる。すなわち、図6(a)に示すようなスロット10を横切る電流密度に対してスロット10の幅を変化させることによって、放出されるマイクロ波の強度をスロット10の長手方向の各部位において制御することが可能となる。そして、図5(c)に示すように均一化された放射を実現することが可能となる。

40

【0045】

また、図5(a)に示すスロット10は、図4(a)に示すスロット10と同様に端部を円弧状としているため、スロット10の長さを等価的に長くすることが可能であり、また、機械加工を容易且つ精密に行うことが可能である。

50

【 0 0 4 6 】

図 3、図 4 及び図 5 に示すスロット 10 の形状では、放射されるマイクロ波の均一性は、図 4 に示すスロット 10、図 3 に示すスロット 10、図 5 に示すスロット 10 の順に良好となる。また、マイクロ波の最大強度も、図 4 に示すスロット 10、図 3 に示すスロット 10、図 5 に示すスロット 10 の順に大きくなる。しかし、この傾向は、実際にはスロット 10 のサイズと励起源である導波路とのサイズの関係や、曲線形状などにより変化する。なお、上述した開口率分布は、なるべく広い範囲での均一性を重視して設定したが、仮に端部を強励起し中央部の強度を弱めたい場合は、より中央部での開口率を下げることで対応できることは言うまでもない。

【 0 0 4 7 】

10

図 10 は、スロット 10 の長手方向の中央部の幅を端部の幅よりも広くしたスロット 10 の例を示す。導波管 1 内においては導波管 1 の長手方向と垂直となる方向にも均一でない電界が分布しており、この電界を考慮した場合等においては、図 10 に示す形状のスロット 10 によっても、スロット 10 から放出されるマイクロ波の強度を均一化することができる。

【 0 0 4 8 】

以上説明したように、本発明の第 1 の参考実施形態によれば、スロット 10 の長手方向における各部位の幅を異ならせ、スロット 10 の端部における開口を大きくすることによって、スロット 10 の端部から放射されるマイクロ波の強度を高めることが可能となる。これによって、スロット 10 上の全領域において、マイクロ波の均一化な放射を行うことが可能となる。

20

【 0 0 4 9 】

(第 2 の参考実施形態)

次に、本発明の第 2 の参考実施形態について説明する。第 2 の参考実施形態においては、導波管 1 の長端面からマイクロ波を放出するスロットに本発明を適用した例を示す。なお、第 2 の参考実施形態におけるエキシマレーザ発振装置の全体構成は、第 1 の参考実施形態のものと同様であるため説明を省略する。また、第 2 の参考実施形態を説明する図面において、第 1 の参考実施形態と実質的に同一の構成要素については同一の符号を記して説明を省略する。

【 0 0 5 0 】

30

図 6 (b) は、H 面におけるマイクロ波により導波管壁に生じる電流の向きを示す模式図である。このように、H 面における管壁内表面を流れる電流は導波管 1 の長手方向に対して垂直方向の幅の中心に位置する節から、 $g/2$ だけ離れた位置における節に向かって流れる。

【 0 0 5 1 】

このため、導波管 1 の長手方向と垂直方向の幅の中心線 (一点鎖線 C) から d だけ離間させた位置にスロット 10 を $g/2$ ピッチで交互に設けることで全てのスロット 10 からの放射が同位相となる。

【 0 0 5 2 】

図 7 は、H 面に放出されるマイクロ波に用いて好適なスロット 10 の形状を示している。図 6 (b) で説明したように、マイクロ波により生じる電流は節から放射状に放出されるため、電流の向きに対してスロット 10 が延在する方向を垂直となるようにする。すなわち、図 7 (a) に示す形状のスロット 10 を、図 7 (b) に示す位置に配置することによってスロット 10 が延在する方向と電流の向きを垂直とすることができ、スロット 10 から効率良くマイクロ波を放出することができる。

40

【 0 0 5 3 】

図 8 は、H 面に使用するスロット 10 の形状の他の例を示す平面図である。図 8 (a) に示すスロット 10 は、端部における開口幅が広げられているため、図 7 (b) に示す位置に配置することによって、スロット 10 端におけるマイクロ波の放射強度を高めることができ、スロット 10 上に放射されるマイクロ波の強度を均一化することができる。

50

【0054】

また、図8(b)に示すスロット10は、端部よりも中央部における開口幅を広げた態様を示している。

【0055】

図9に示すスロット10は、第1の参考実施形態の図4、図5において説明したスロット10と同様に、スロット10端に半径 r の円を形成した例を示している。この形状により、第1の参考実施形態と同様に、円形部10aにおいてマイクロ波の放出を高めることができ、スロット10上に放射されるマイクロ波を均一化することができる。

【0056】

また、スロット10端に半径 r の円を付加することにより、半径 r を大きくすることによって、スロット10の長さを等価的に長くすることが可能である。これにより、実質的に $g/2$ の長さのスロット長としなくても Q をより小さくすることができる。また、スロット10の端部を円弧状とすることによって、スロット10を形成する際の機械加工を容易かつ精密に行うことが可能である。

10

【0057】

以上説明したように、本発明の第2の参考実施形態においては、H面から放出されるマイクロ波に対し、スロット10を導波管1の中心(図6(b)における中心線C)から所定距離離間させた位置に配置することによって、スロット10からマイクロ波の放射を行うことが可能となる。

【0058】

また、スロット10の形状を湾曲させ、マイクロ波により導波管1の壁面に生じる電流の方向と垂直となる方向へ延在させることによって、より効率良くマイクロ波の放射を行うことが可能となる。

20

【0059】

更に、スロット10の端部においてスロット10の幅を広げることによって、スロット10の端部におけるマイクロ波の放射を高め、スロット10上の全領域に放射されるマイクロ波の強度を均一化することができる。

【0060】

(第1の実施形態)

次に、本発明の第1の実施形態について説明する。なお、第1の実施形態におけるエキシマレーザ発振装置の全体構成は、第1の参考実施形態のものと同一であるため説明を省略する。また、第1の実施形態を説明する図面において、第1の参考実施形態と実質的に同一の構成要素については同一の符号を記して説明を省略する。

30

【0061】

第1の実施形態は、マイクロ波の放射を均一化するために、スロット10の開口形状は通常の矩形形状として、スロット10が形成されている導波管1の壁の内部の形状をスロット10の開口形状と異ならせ、空隙構造15を設けたことを特徴としている。ここで、空隙構造15は図11(b)において後述するように、スロット10の形成された導波管1壁に形成された空隙である。

【0062】

図12は、空隙構造15の例を示している。この例においては空隙構造15の全範囲をスロット10から $g/4$ 離間させている。これにより、空隙構造15内におけるスロット10と垂直となる方向の空間の長さが $g/2$ となるため、空隙構造15内においてマイクロ波を共振させることができ、放射効率を向上させることができる。

40

【0063】

図13では、空隙構造15の全範囲をスロット10から $g/2$ 離間させている。この構成においても、空隙構造15内におけるスロット10と垂直となる方向の空間の長さが g となるため、空隙構造15内においてマイクロ波を共振させることができ、放射効率を向上させることができる。

【0064】

50

図 1 1 (a) は、第 1 の実施形態の他の態様のスロット 1 0、空隙構造 1 5 を示す平面図である。また、図 1 1 (b) は、図 1 1 (a) に示す一点鎖線 I - I' に沿った断面を示す概略断面図である。

【 0 0 6 5 】

図 1 1 (a) に示すように、第 1 の実施形態に係るスロット 1 0 は、矩形形状に形成され、その長手方向は導波管 1 の長手方向と同一である。

【 0 0 6 6 】

そして、矩形形状のスロット 1 0 を囲むような形状で、インピーダンス変更空隙構造 1 5 が形成されている。図 1 1 (b) に示すように、空隙構造 1 5 はスロット 1 0 が形成されている導波管 1 の内壁に形成されたものであり、図 1 1 (a) に示す点線で示す領域まで延在する空隙である。

10

【 0 0 6 7 】

図 1 1 (a) に示すように、空隙構造 1 5 の端は、スロット 1 0 の端部から半径が $g/4$ となる円形状とされており、スロット 1 0 の長手方向の中央部においては、スロット 1 0 の端部から $g/4$ 以下の距離とされている。

【 0 0 6 8 】

図 1 1 のように、空隙端とスロット 1 0 の距離をスロット 1 0 長軸方向に変化させることにより、スロット 1 0 の長軸方向のマイクロ波の放出特性を変化させることができる。

【 0 0 6 9 】

この効果は、スロット 1 0 の各部位で共振条件がくずれるため、更には、空間的な間隙の形状を変化させることにより、伝播路の特性を変化できるというマイクロ波特有の性質によるものである。長さ L 、特性インピーダンス Z_0 である終端短絡導波路のインピーダンス Z は、

20

$$Z = j Z_0 \tan (2 \pi \cdot L / g)$$

となる。

【 0 0 7 0 】

これは、すなわち、いかなる値を持つ誘電性素子（単体素子でいうコイル）及び容量性素子（単体素子でいうキャパシタ）を L を変化させるだけで形成することができることを示している。スロットライン方向に半値幅 g を変化させるということは、電磁波にとってのインピーダンスを付随的に変化させることになり（等価回路的にみると、スロットに対して連続的に様々な値を持つコイルやキャパシタが並列に接続されてみえる）、結果的にスロットから放出される電磁波の分布を制御することができる。

30

【 0 0 7 1 】

そして、この性質を利用することにより、スロット 1 0 の長手方向の中央におけるマイクロ波の放射を抑制することが可能となり、スロット 1 0 上に放射されるマイクロ波の強度を均一化することができる。

【 0 0 7 2 】

図 1 4 は、やはりマイクロ波の放射効率を向上させるために、スロット 1 0 の長手方向の長さを $g/2$ とした構成を示している。ここで、図 1 4 (a) は H 面に適用した例を、図 1 4 (b) は E 面に適用した例を示している。スロット 1 0 の長さを $g/2$ とすることによって、マイクロ波をスロット 1 0 の長手方向において共鳴させることができ、マイクロ波の放射効率を向上させることが可能である。

40

【 0 0 7 3 】

図 1 5 (a) は、断面形状をテーパ状として、導波管 1 の内部に向かって幅広としたスロット 1 0 を示している。スロット 1 0 の下方に向かうにつれて幅広となるテーパ形状を形成することによって、空間のインピーダンスがゆるやかに変化するため反射が起こりにくくなり、より多くのマイクロ波をスロット 1 0 内へ導くことができ、スロット 1 0 からのマイクロ波の放射効率を向上させることができる。

【 0 0 7 4 】

図 1 5 (b) は、図 1 5 (a) に示すスロット 1 0 のテーパ部に誘電体レンズ 1 b

50

を挿入した例を示している。誘電体レンズ 1 b によってマイクロ波をスロット 1 0 へ集中させることができ、スロット 1 0 からのマイクロ波の放射効率を向上させることができる。

【 0 0 7 5 】

また、図 1 5 (c) に示すように、誘電体レンズ 1 b を通常のスロット 1 0 の直下に配置することによっても、マイクロ波をスロット 1 0 へ集中させることができ、スロット 1 0 からのマイクロ波の放射効率を向上させることができる。

【 0 0 7 6 】

以上説明したように、第 1 の実施形態によればスロット 1 0 の開口形状とは異なる形状であって、スロット 1 0 の形成された導波管 1 の壁面に空隙構造 1 5 を形成することによって、スロット 1 0 内のインピーダンスを可変することができる。従って、空隙構造 1 5 を形成することによって、スロット 1 0 上への均一なマイクロ波の放出を実現することが可能となる。また、空隙領域 1 5 を所定の大きさに設定することによって、空隙領域 1 5 内でマイクロ波を共振させることができ、マイクロ波の放射特性を向上させることが可能である。

【 0 0 7 7 】

また、スロット 1 0 の断面形状をテーパ状として、導波管 1 の内部に向かって幅広となるように形成することで、より多くのマイクロ波をスロット 1 0 へ導くことができ、放射効率を向上させることができる。更に、スロット 1 0 内あるいはスロット 1 0 の下部に誘電体レンズを設けることによっても、マイクロ波の放射効率を向上させることが可能である。

【 0 0 7 8 】

(第 2 の実施形態)

以下、第 2 の実施形態について説明する。この第 2 の実施形態では、第 1 の実施形態で述べたエキシマレーザ発振装置をレーザ光源として有する露光装置 (ステッパ) を例示する。図 1 6 は、このステッパの主要構成を示す模式図である。

【 0 0 7 9 】

このステッパは、所望のパターンが描かれたレチクル 1 0 1 に照明光を照射するための光学系 1 1 1 と、レチクル 1 0 1 を介した照明光が入射して当該レチクル 1 0 1 のパターンをウェハ 1 0 2 の表面に縮小投影するための投影光学系 1 1 2 と、ウェハ 1 0 2 が載置固定されるウェハチャック 1 1 3 と、ウェハチャック 1 1 3 が固定されるウェハステージ 1 1 4 とを有して構成されている。

なお、レチクルとしては、図示の如く透過型のもの (レチクル 1 0 1) のみならず、反射型のものも適用可能である。

【 0 0 8 0 】

光学系 1 1 1 は、照明光としての高輝度のエキシマレーザ光を発する光源である第 1 の実施形態のエキシマレーザ発振装置 1 2 1 と、エキシマレーザ発振装置 1 2 1 からの照明光を所望の光束形状に変換するビーム形状変換手段 1 2 2 と、複数のシリンドリカルレンズや微小レンズを 2 次元的に配置されてなるオプティカルインテグレータ 1 2 3 と、不図示の切替手段により任意の絞りに切替可能とされ、オプティカルインテグレータ 1 2 3 により形成された 2 次光源の位置近傍に配置された絞り部材 1 2 4 と、絞り部材 1 2 4 を通過した照明光を集光するコンデンサーレンズ 1 2 5 と、例えば 4 枚の可変ブレードにより構成され、レチクル 1 0 1 の共役面に配置されてレチクル 1 0 1 の表面での照明範囲を任意に決定するブラインド 1 2 7 と、ブラインド 1 2 7 で所定形状に決定された照明光をレチクル 1 0 1 の表面に投影するための結像レンズ 1 2 8 と、結像レンズ 1 2 8 からの照明光をレチクル 1 0 1 の方向へ反射させる折り曲げミラー 1 2 9 とを有して構成されている。

【 0 0 8 1 】

以上のように構成されたステッパを用い、レチクル 1 0 1 のパターンをウェハ 1 0 2 の表面に縮小投影する動作について説明する。

【 0 0 8 2 】

先ず、光源 1 2 1 から発した照明光は、ビーム形状変換手段 1 2 2 で所定形状に変換された後、オプティカルインテグレータ 1 2 3 に指向される。このとき、その射出面近傍に複数の 2 次光源が形成される。この 2 次光源からの照明光が、絞り部材 1 2 4 を介してコンデンサーレンズ 1 2 5 で集光され、ブラインド 1 2 7 で所定形状に決定された後に結像レンズ 1 2 8 を介して折り曲げミラー 1 2 9 で反射してレチクル 1 0 1 に入射する。続いて、レチクル 1 0 1 のパターンを通過して投影光学系 1 1 2 に入射する。そして、投影光学系 1 1 2 を通過して前記パターンが所定寸法に縮小されてウェハ 1 0 2 の表面に投影され、露光が施される。

【 0 0 8 3 】

本実施形態のステッパーによれば、レーザ光源として第 1 の実施形態のエキシマレーザ発振装置を用いるので、高出力且つ均一なエキシマレーザ光の比較的長時間の発光が可能となり、ウェハ 1 0 2 に対する露光を迅速且つ正確な露光量で行なうことができる。

【 0 0 8 4 】

次に、図 1 6 を用いて説明した投影露光装置を利用した半導体装置（半導体デバイス）の製造方法の一例を説明する。

【 0 0 8 5 】

図 1 7 は、半導体デバイス（IC や L S I 等の半導体チップ、あるいは液晶パネルや C C D 等）の製造工程のフローを示す。先ず、ステップ 1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ 2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ 3（ウェハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウェハを製造する。ステップ 4（ウェハプロセス）は前工程と称され、上記の如く用意したマスクとウェハを用いて、フォトリソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。次のステップ 5（組み立て）は後工程と称され、ステップ 4 によって作製されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ 6（検査）ではステップ 5 で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ 7）される。

【 0 0 8 6 】

図 1 8 は上記ウェハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ 1 1（酸化）ではウェハの表面を酸化させる。ステップ 1 2（C V D）ではウェハ表面に気相反応を用いて導電膜や絶縁膜を形成する。ステップ 1 3（P V D）ではウェハ上に導電膜や絶縁膜をスパッタリングや蒸着によって形成する。ステップ 1 4（イオン打込み）ではウェハにイオンを打ち込む。ステップ 1 5（レジスト処理）ではウェハに感光剤を塗布する。ステップ 1 6（露光）では上記説明した投影露光装置によってマスクの回路パターンをウェハに焼付露光する。ステップ 1 7（現像）では露光したウェハを現像する。ステップ 1 8（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ 1 9（レジスト剥離）ではエッチングが終了して不要となったレジストを除去する。これらのステップを繰り返し行なうことによって、ウェハ上に多重に回路パターンが形成される。

【 0 0 8 7 】

この製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを容易且つ確実に高い歩止まりをもって製造することが可能となる。

【 0 0 8 8 】

【発明の効果】

本発明によれば、個々のスロットの長手方向にわたり全体的に均一なプラズマの励起を実現することができる。従って、エネルギー損失を極力抑えた均一なレーザ発光を可能とするレーザ発振装置、このレーザ発振装置を備えた高性能の露光装置、この露光装置を用いた高品質なデバイスの製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の参考実施形態に係るエキシマレーザ発振装置の主要構成を示す

10

20

30

40

50

模式図である。

【図 2】 本発明の第 1 の参考実施形態に係るエキシマレーザ発振装置の導波管の具体的な様子を示す模式図である。

【図 3】 本発明の第 1 の参考実施形態に係るスロットと、放射エネルギーを示す模式図である。

【図 4】 本発明の第 1 の参考実施形態に係るスロットと、放射エネルギーを示す模式図である。

【図 5】 本発明の第 1 の参考実施形態に係るスロットと、放射エネルギーを示す模式図である。

【図 6】 本発明の各実施形態において、E 面、H 面におけるマイクロ波により導波管壁に生じる電流を示す模式図である。 10

【図 7】 本発明の第 2 の参考実施形態に係るスロットと、導波管における配置を示す模式図である。

【図 8】 本発明の第 2 の参考実施形態に係るスロットの他の形状を示す模式図である。

【図 9】 本発明の第 2 の参考実施形態に係るスロットの他の形状を示す模式図である。

【図 10】 本発明の第 2 の参考実施形態に係るスロットの他の形状を示す模式図である。

【図 11】 本発明の第 1 の実施形態に係る空隙構造を示す模式図である。

【図 12】 本発明の第 1 の実施形態に係る空隙構造を示す模式図である。

【図 13】 本発明の第 1 の実施形態に係る空隙構造を示す模式図である。 20

【図 14】 本発明の第 1 の実施形態に係る導波管及びスロットを示す斜視図である。

【図 15】 本発明の第 1 の実施形態に係るスロットの形状を示す概略断面図である。

【図 16】 本発明の第 2 の実施形態に係るステッパーを示す模式図である。

【図 17】 本発明の第 2 の実施形態に係るステッパーを用いた半導体デバイスの製造工程のフロー図である。

【図 18】 図 17 におけるウェハプロセスを詳細に示すフロー図である。

【符号の説明】

1, 21 導波管

2 レーザ管

5, 6 反射構造体

7 冷却容器

8 レーザガス導入口

9 冷却水導入口

10 スロット

10a 円形形状

11 ガス供給路構造

15 空隙構造

16 誘電体レンズ

101 レチクル

102 ウェハ

111 光学系

112 投影光学系

113 ウェハチャック

114 ウェハステージ

121 エキシマレーザ発振装置

122 ビーム形状変換手段

123 オプティカルインテグレータ

124 絞り部材

125 コンデンサーレンズ

127 ブラインド

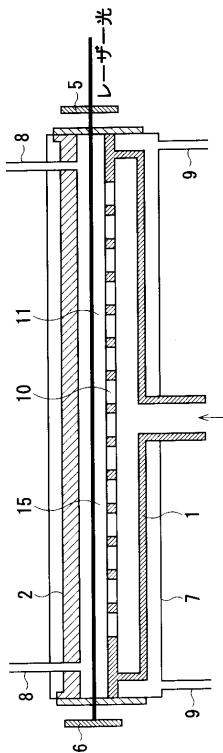
30

40

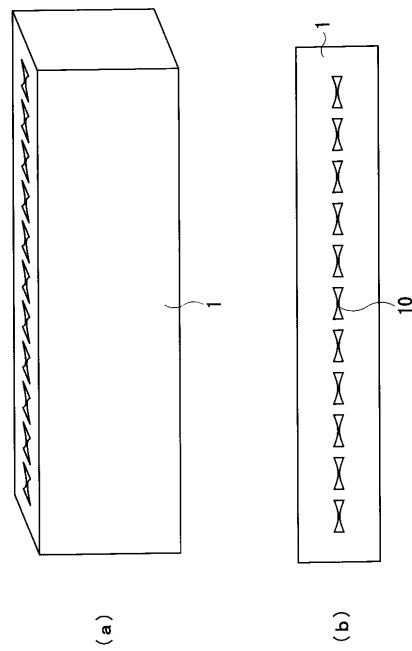
50

- 1 2 8 結像レンズ
1 2 9 折り曲げミラー

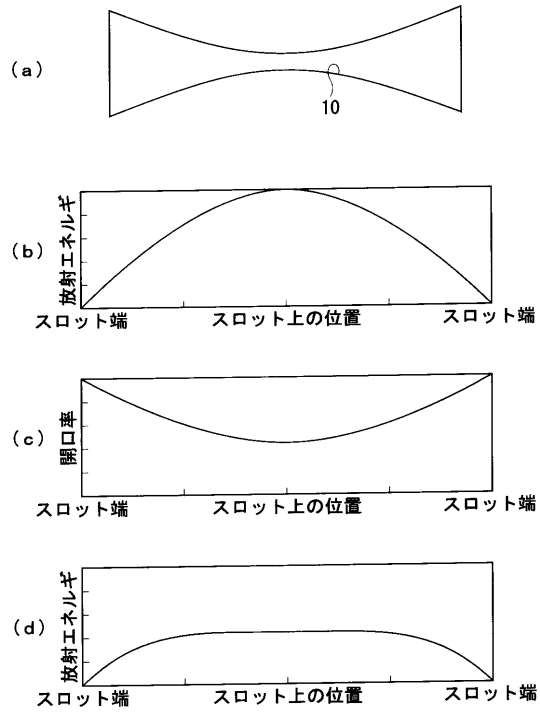
【図 1】



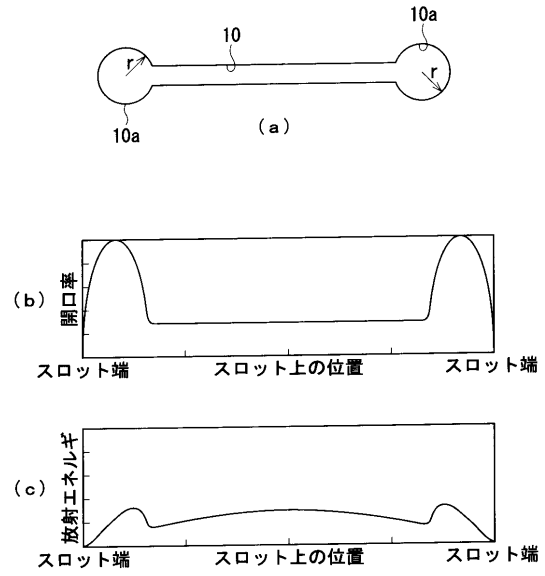
【図 2】



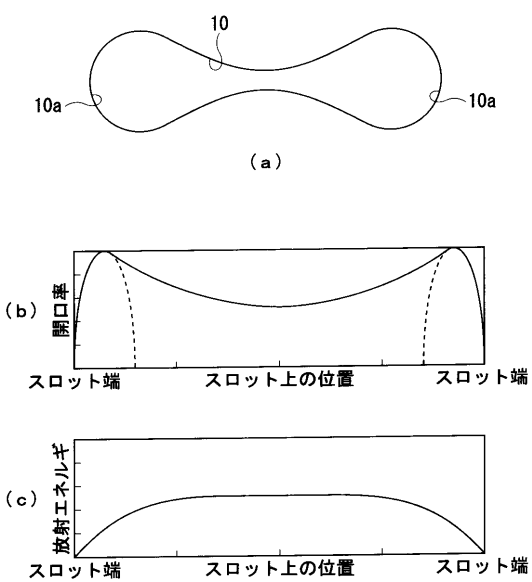
【図 3】



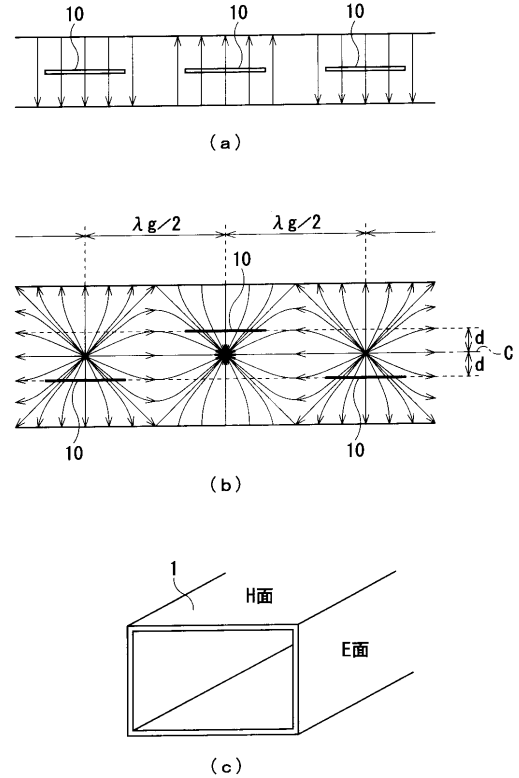
【図 4】



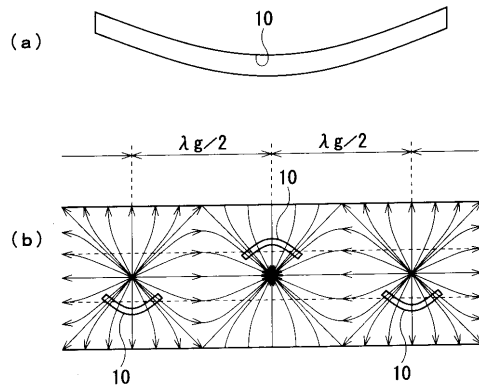
【図 5】



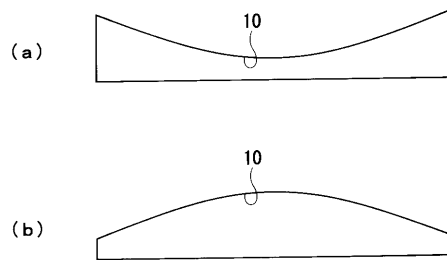
【図 6】



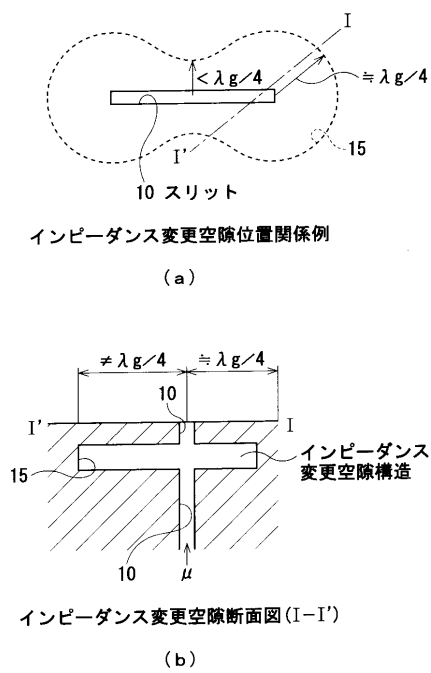
【図 7】



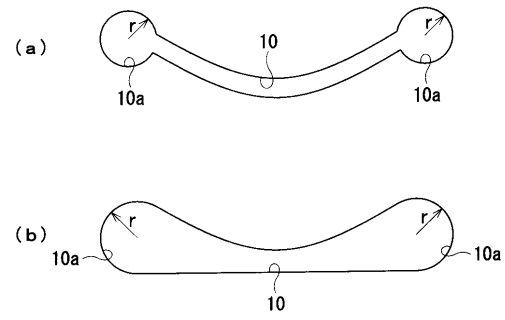
【図 8】



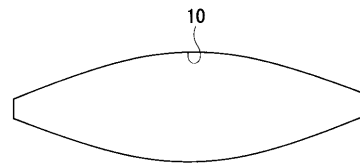
【図 11】



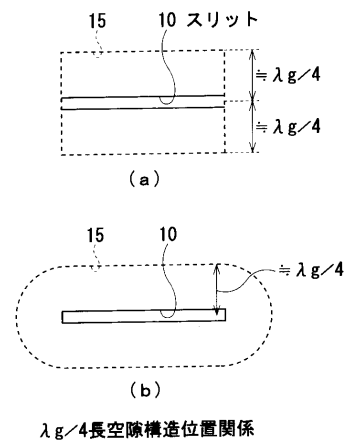
【図 9】



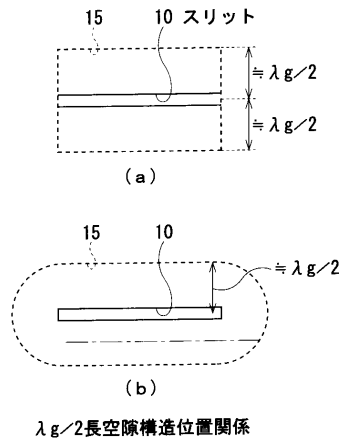
【図 10】



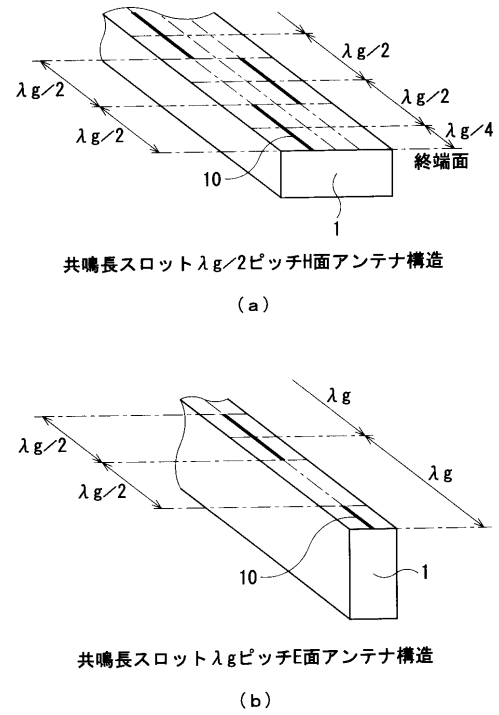
【図 12】



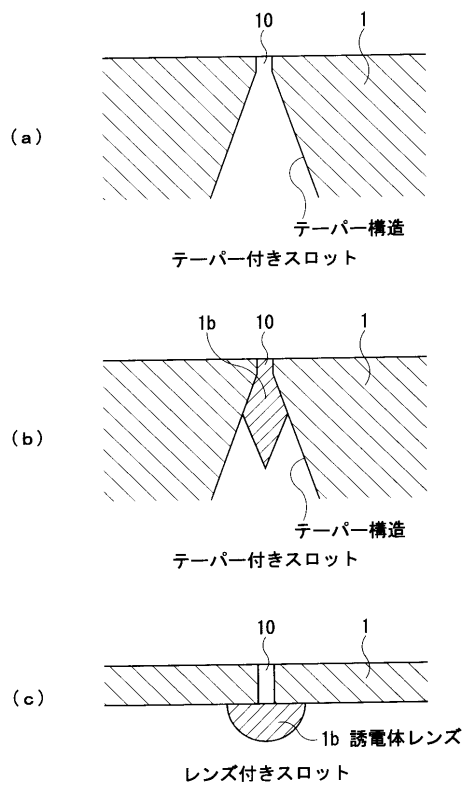
【図 13】



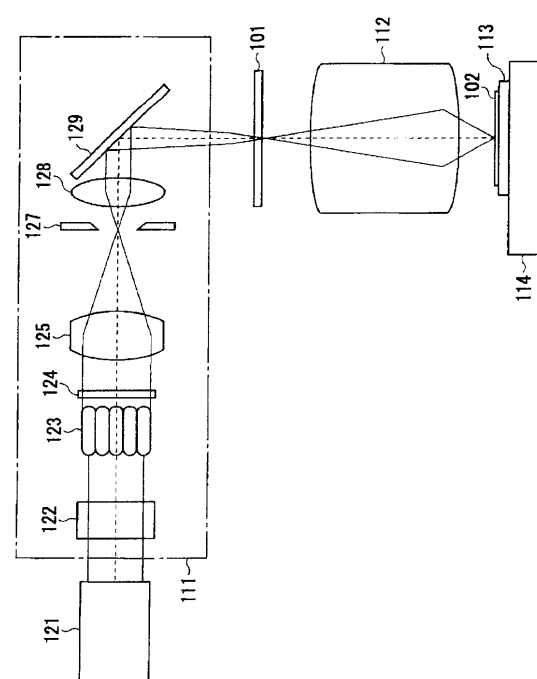
【図 14】



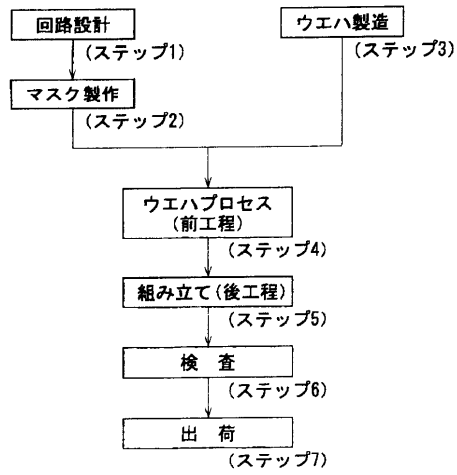
【図 15】



【図 16】

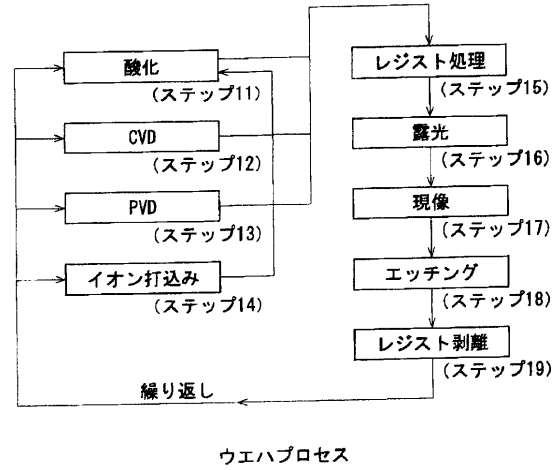


【図 17】



半導体デバイス製造フロー

【図 18】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 L 21/30 5 2 7

- (72)発明者 篠原 壽邦
宮城県仙台市宮城野区小田原2 - 2 - 4 4 - 3 0 3
- (72)発明者 田中 信義
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
- (72)発明者 鈴木 伸昌
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
- (72)発明者 大沢 大
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 前川 慎喜

- (56)参考文献 特開平10 - 163547 (JP, A)
特開平02 - 237183 (JP, A)
特表平04 - 504640 (JP, A)
特開平03 - 209785 (JP, A)
特開平01 - 283790 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01S 3/00 - 4/00