

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4851060号
(P4851060)

(45) 発行日 平成24年1月11日(2012.1.11)

(24) 登録日 平成23年10月28日(2011.10.28)

(51) Int. Cl.	F I	
HO 1 S 5/02 (2006.01)	HO 1 S 5/02	
HO 1 S 3/00 (2006.01)	HO 1 S 3/00	B
HO 1 L 21/301 (2006.01)	HO 1 L 21/78	U
B 2 3 K 101/40 (2006.01)	B 2 3 K 101:40	

請求項の数 9 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2003-67217 (P2003-67217)	(73) 特許権者	000236436
(22) 出願日	平成15年3月12日 (2003.3.12)		浜松ホトニクス株式会社
(65) 公開番号	特開2003-338652 (P2003-338652A)		静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
(43) 公開日	平成15年11月28日 (2003.11.28)	(74) 代理人	100088155
審査請求日	平成18年3月10日 (2006.3.10)		弁理士 長谷川 芳樹
審判番号	不服2010-13826 (P2010-13826/J1)	(74) 代理人	100140442
審判請求日	平成22年6月23日 (2010.6.23)		弁理士 柴山 健一
		(74) 代理人	100113435
			弁理士 黒木 義樹
		(74) 代理人	100124291
			弁理士 石田 悟
		(74) 代理人	100139000
			弁理士 城戸 博兒
		(74) 代理人	100152191
			弁理士 池田 正人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ素子の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

III - V 族化合物半導体からなる基板の表面上に第1導電型半導体層、活性層、及び第2導電型半導体層が積層されたストライプ構造の半導体レーザ素子の製造方法であって、前記基板の表面上に前記第1導電型半導体層、前記活性層、及び前記第2導電型半導体層が積層され、切断予定ラインを除く表面上及び裏面上の領域にそれぞれ電極が形成されたウェハの前記基板の内部に集光点を合わせてパルスレーザ光を照射することにより多光子吸収による改質領域を前記基板の内部にのみ形成し、この改質領域によって、前記ストライプ構造の長手方向と直交する方向に延びる前記切断予定ラインに沿って前記ウェハのレーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成し、クラックを前記切断起点領域から前記基板の表面及び裏面に成長させることにより前記切断起点領域に沿って前記基板、前記第1導電型半導体層および前記第2導電型半導体層を切断するとともに前記活性層を劈開させる工程を備え、

前記パルスレーザ光の集光点のピークパワー密度が 1×10^8 (W / cm²) 以上であり、前記パルスレーザ光のパルス幅が 1 μs 以下であり、

前記ウェハの裏面のうち前記電極が設けられていない部分を前記レーザ光入射面とする、半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項2】

前記改質領域を形成する際に、該改質領域を前記基板の厚さ方向に複数形成する、請求項1に記載の発光素子の製造方法。

【請求項 3】

前記改質領域を形成する際に、複数の前記切断予定ラインに沿って前記改質領域を形成すると共に、該改質領域を各切断予定ラインに沿った方向に複数形成する、請求項 1 または 2 に記載の半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項 4】

III - V 族化合物半導体からなる半導体基板の表面上に第 1 導電型半導体層、活性層、及び第 2 導電型半導体層が積層されたストライプ構造の半導体レーザ素子の製造方法であって、

前記半導体基板の表面上に前記第 1 導電型半導体層、前記活性層、及び前記第 2 導電型半導体層が積層され、切断予定ラインを除く表面上及び裏面上の領域にそれぞれ電極が形成されたウェハの前記半導体基板の内部に集光点を合わせてパルスレーザ光を照射することにより溶融処理領域を前記半導体基板の内部にのみ形成し、この溶融処理領域によって、前記ストライプ構造の長手方向と直交する方向に延びる前記切断予定ラインに沿って前記ウェハのレーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成し、クラックを前記切断起点領域から前記半導体基板の表面及び裏面に成長させることにより前記切断起点領域に沿って前記半導体基板、前記第 1 導電型半導体層および前記第 2 導電型半導体層を切断するとともに前記活性層を劈開させる工程を備え、

前記パルスレーザ光の集光点のピークパワー密度が 1×10^8 (W / cm²) 以上であり、前記パルスレーザ光のパルス幅が 1 μs 以下であり、

前記ウェハの裏面のうち前記電極が設けられていない部分を前記レーザ光入射面とする、半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項 5】

前記溶融処理領域を形成する際に、該溶融処理領域を前記半導体基板の厚さ方向に複数形成する、請求項 4 に記載の発光素子の製造方法。

【請求項 6】

前記溶融処理領域を形成する際に、複数の前記切断予定ラインに沿って前記溶融処理領域を形成すると共に、該溶融処理領域を各切断予定ラインに沿った方向に複数形成する、請求項 4 または 5 に記載の半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項 7】

前記基板を切断する際に、前記ウェハに応力を印加する、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項 8】

前記基板の前記裏面が平坦かつ滑面である、請求項 7 に記載の半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項 9】

前記切断起点領域を形成する際に、複数の前記切断予定ラインに沿って前記切断起点領域を形成し、前記基板を切断する際に、前記切断起点領域に沿って前記基板を複数の棒状部材に切断し、その後、前記複数の棒状部材をチップ状に切断する、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の半導体レーザ素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体レーザ素子の製造方法及び半導体レーザ素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、半導体レーザ素子を製造する際に、例えば GaAs 等からなる基板上に n 型半導体層、活性層、及び p 型半導体層などを結晶成長させた積層構造を有するウェハを切断して、活性層の側面に平滑な共振面を形成する技術が求められている。共振面は、例えば活性層をレーザの共振方向と直交する面で劈開することにより形成される。

【0003】

10

20

30

40

50

例えば、特許文献 1 に開示された劈開装置及び劈開方法では、ウェハの基板表面にダイヤモンドスクライブ法を用いて傷を入れ、該基板の裏面からブレードで突き上げることにより基板を劈開させている。また、他の製造方法では、基板の裏面から所定深さまでブレードダイシング法を用いて溝を形成し、基板が薄くなった箇所を劈開させると同時に活性層を劈開させて共振面を形成するものがある。また、これらの従来例の他にも、例えばドライエッチング、ウェットエッチングなどを用いて活性層をエッチングすることにより共振面を形成する方法もある。

【 0 0 0 4 】

ここで、ダイヤモンドスクライブ法とは、ダイヤモンドポイントツールによりウェハの表面にスクライブラインを設け、このスクライブラインに沿うようウェハの裏面にナイフエッジを押し当てて、ウェハを割って切断する方法である。一方、ブレードダイシング法とは、ダイヤモンドブレード等によりウェハを切削して切断する方法である。

10

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】

特公平 7 - 3 2 2 8 1 号公報

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記した各方法は、それぞれ次のような問題がある。すなわち、ダイヤモンドスクライブ法を用いて活性層を含むウェハを劈開させる方法では、活性層が積層されているウェハ表面を傷つけることはできないため、ウェハの裏面に傷を入れることとなる。すると、基板において傷の反対側に位置する活性層を劈開させることとなり、劈開させるときに応力を制御することが難しくなるので、精度良く劈開させることが困難となる。

20

【 0 0 0 7 】

また、ブレードダイシング法を用いて基板を薄く加工した後に活性層を含むウェハを劈開させる方法では、基板を切削するのに一定の時間を要する。また、この方法では、基板を切削する際に粉塵が大量に発生し、これを洗浄して除去するための洗浄工程が必要になる。このように、ブレードダイシング法を用いると他の方法に比べて所要時間が長くなる。

【 0 0 0 8 】

また、エッチングにより活性層に共振面を形成する方法では、共振面を平滑に形成することが上の各方法に比べて困難なため、共振面におけるレーザー光の反射率が低く抑えられる。また、ストライプ構造の長手方向に対して共振面を精度良く直交させることが困難である。

30

【 0 0 0 9 】

そこで、本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、上述したような問題を解決し、活性層の劈開による共振面を効率良く、且つ精度良く形成することができる半導体レーザー素子の製造方法、及び半導体レーザー素子を提供することを目的とする。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明に係る半導体レーザー素子の製造方法は、III - V 族化合物半導体からなる基板の表面上に第 1 導電型半導体層、活性層、及び第 2 導電型半導体層が積層されたストライプ構造の半導体レーザー素子の製造方法であって、基板の表面上に第 1 導電型半導体層、活性層、及び第 2 導電型半導体層が積層され、切断予定ラインを除く表面上及び裏面上の領域にそれぞれ電極が形成されたウェハの基板の内部に集光点を合わせてパルスレーザー光を照射することにより多光子吸収による改質領域を基板の内部にのみ形成し、この改質領域によって、ストライプ構造の長手方向と直交する方向に延びる切断予定ラインに沿ってウェハのレーザー光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成し、クラックを切断起点領域から基板の表面及び裏面に成長させることにより切断起点領域に沿って基板、第 1 導電型半導体層および第 2 導電型半導体層を切断するとともに活性層を劈開させる工程を備え、パルスレーザー光の集光点のピークパワー密度が 1×10^8 (W / c m²) 以上であり、パルスレーザー光のパルス幅が 1 μ s 以下であり、ウェハの裏面

40

50

のうち電極が設けられていない部分をレーザ光入射面とすることを特徴とする。

【0011】

また、本発明に係る半導体レーザ素子の製造方法は、III-V族化合物半導体からなる半導体基板の表面上に第1導電型半導体層、活性層、及び第2導電型半導体層が積層されたストライプ構造の半導体レーザ素子の製造方法であって、半導体基板の表面上に第1導電型半導体層、活性層、及び第2導電型半導体層が積層され、切断予定ラインを除く表面上及び裏面上の領域にそれぞれ電極が形成されたウェハの半導体基板の内部に集光点を合わせてパルスレーザ光を照射することにより溶融処理領域を半導体基板の内部にのみ形成し、この溶融処理領域によって、ストライプ構造の長手方向と直交する方向に延びる切断予定ラインに沿ってウェハのレーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成し、クラックを切断起点領域から半導体基板の表面及び裏面に成長させることにより切断起点領域に沿って半導体基板、第1導電型半導体層および第2導電型半導体層を切断するとともに活性層を劈開させる工程を備え、パルスレーザ光の集光点のピークパワー密度が 1×10^8 (W/cm²)以上であり、パルスレーザ光のパルス幅が1 μs以下であり、ウェハの裏面のうち電極が設けられていない部分をレーザ光入射面とすることを特徴とする。

10

【0012】

これらの半導体レーザ素子の製造方法によれば、ウェハの(半導体)基板の内部に(多光子吸収という現象により)形成される改質領域(または溶融処理領域)でもって、切断予定ラインに沿った切断起点領域を形成することができ、(半導体)基板を切断起点領域に沿って比較的小さな力で効率よく割って切断することができる。そして、(半導体)基板を切断することにより活性層が切断予定ラインに沿って精度良く劈開される。したがって、この製造方法によれば、活性層の劈開による共振面を効率良く、且つ精度良く形成することができる。なお、これらの半導体レーザ素子の製造方法においては、改質領域を形成する際に、該改質領域を基板の厚さ方向に複数形成してもよい。或いは、溶融処理領域を形成する際に、該溶融処理領域を半導体基板の厚さ方向に複数形成してもよい。また、これらの半導体レーザ素子の製造方法においては、改質領域を形成する際に、複数の切断予定ラインに沿って改質領域を形成すると共に、該改質領域を各切断予定ラインに沿った方向に複数形成してもよい。或いは、溶融処理領域を形成する際に、複数の切断予定ラインに沿って溶融処理領域を形成すると共に、該溶融処理領域を各切断予定ラインに沿った方向に複数形成してもよい。

20

30

【0013】

ここで、基板の表面に積層された第1導電型半導体層、活性層、及び第2導電型半導体層などの半導体層としては、基板に密着して設けられるものや、基板と間隙を取って設けられるものを含む。例としては、基板上に結晶成長により形成された半導体層や、基板とは別に積層された後に基板上に固定された半導体層などである。また、基板の内部とは、半導体層が設けられている基板の表面上をも含む意味である。さらに、集光点とは、レーザ光が集光した箇所のことである。そして、切断起点領域は、改質領域が連続的に形成されることで形成される場合もあるし、改質領域が断続的に形成されることで形成される場合もある。

【0014】

上述した本発明に係る半導体レーザ素子の製造方法においては、基板を切断する際に、ウェハに応力を印加することが好ましい。これによって、切断起点領域を有するウェハを容易に切断することができる。

40

【0015】

また、上述した本発明に係る半導体レーザ素子の製造方法においては、基板の内部にレーザ光を照射する際に、基板の裏面をレーザ光入射面とすることが好ましい。この製造方法によれば、第1導電型半導体層、活性層、及び第2導電型半導体層のいずれかがレーザ光を透過しない場合であっても、ウェハの基板の内部に改質領域でもって切断起点領域を形成することができる。そして、基板の裏面が平坦かつ滑面であることがさらに好ましい。これによって、裏面におけるレーザ光の散乱を防ぐことができる。また、上述した本発

50

明に係る半導体レーザ素子の製造方法においては、切断起点領域を形成する際に、複数の切断予定ラインに沿って切断起点領域を形成し、基板を切断する際に、切断起点領域に沿って基板を複数の棒状部材に切断し、その後、複数の棒状部材をチップ状に切断することが好ましい。そして、切断起点領域を形成する際に、複数の切断予定ラインと交差する方向に沿って別の切断起点領域を形成し、基板を切断する際に、別の切断起点領域に沿って複数の棒状部材をチップ状に切断することがさらに好ましい。

【0016】

また、本発明に係る半導体レーザ素子は、基板の表面上に第1導電型半導体層、活性層、及び第2導電型半導体層が積層されたストライプ構造の半導体レーザ素子であって、基板の内部に集光点を合わせてレーザ光が照射されて多光子吸収による改質領域が形成され、この改質領域によりウェハのレーザ光入射面から所定距離内側に形成された切断起点領域によってストライプ構造の長手方向と直交する方向に切断されているとともに、該方向に活性層が劈開されていることを特徴とする。

10

【0017】

また、本発明に係る半導体レーザ素子は、半導体基板の表面上に第1導電型半導体層、活性層、及び第2導電型半導体層が積層されたストライプ構造の半導体レーザ素子であって、半導体基板の内部に集光点を合わせてレーザ光が照射されて溶融処理領域が形成され、この溶融処理領域によりウェハのレーザ光入射面から所定距離内側に形成された切断起点領域によってストライプ構造の長手方向と直交する方向に半導体基板が切断されているとともに、該方向に活性層が劈開されていることを特徴とする。

20

【0018】

この半導体レーザ素子によれば、ウェハの(半導体)基板の内部に(多光子吸収という現象により)形成される改質領域(溶融処理領域)でもって形成された切断起点領域によって、ストライプ構造の長手方向と直交する方向に沿って(半導体)基板が比較的小さな力で効率よく割って切断される。そして、(半導体)基板を切断することにより活性層が精度良く劈開される。したがって、活性層の劈開による共振面が効率よく、且つ精度良く形成された半導体レーザ素子を提供することができる。なお、この半導体レーザ素子においては、改質領域(溶融処理領域)が基板の厚さ方向に複数形成されていてもよい。また、この半導体レーザ素子においては、上記切断起点領域とは別の切断起点領域により、ストライプ構造の長手方向と交差する方向に基板が切断されていることが好ましい。

30

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、図面と共に本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。本実施形態に係る半導体レーザ素子の製造方法では、ウェハの基板の内部にレーザ光を照射して、多光子吸収による改質領域を形成する。そこで、このレーザ加工方法、特に多光子吸収について最初に説明する。

【0020】

材料の吸収のバンドギャップ E_G よりも光子のエネルギー $h\nu$ が小さいと光学的に透明となる。よって、材料に吸収が生じる条件は $h\nu > E_G$ である。しかし、光学的に透明でも、レーザ光の強度を非常に大きくすると $n h\nu > E_G$ の条件 ($n = 2, 3, 4, \dots$) で材料に吸収が生じる。この現象を多光子吸収という。パルス波の場合、レーザ光の強度はレーザ光の集光点のピークパワー密度 (W/cm^2) で決まり、例えばピークパワー密度が $1 \times 10^8 (W/cm^2)$ 以上の条件で多光子吸収が生じる。ピークパワー密度は、(集光点におけるレーザ光の1パルス当たりのエネルギー) \div (レーザ光のビームスポット断面積 \times パルス幅) により求められる。また、連続波の場合、レーザ光の強度はレーザ光の集光点の電界強度 (W/cm^2) で決まる。

40

【0021】

このような多光子吸収を利用するレーザ加工の原理について、図1～図6を参照して説明する。図1はレーザ加工中の基板1の平面図であり、図2は図1に示す基板1のII-II線に沿った断面図であり、図3はレーザ加工後の基板1の平面図であり、図4は図3に示す

50

基板 1 の IV - IV 線に沿った断面図であり、図 5 は図 3 に示す基板 1 の V - V 線に沿った断面図であり、図 6 は切断された基板 1 の平面図である。

【 0 0 2 2 】

図 1 及び図 2 に示すように、基板 1 には、所望の切断予定ライン 5 が設定される。切断予定ライン 5 は直線状に延びた仮想線であり、本実施形態ではウェハを活性層の劈開面に沿って複数に分割する際の境界線である。なお、ウェハに実際に線を引いて切断予定ライン 5 としてもよい。本実施形態では、多光子吸収が生じる条件で基板 1 の内部に集光点 P を合わせた上でレーザー光 L を照射し、改質領域 7 を形成する。なお、集光点 P とはレーザー光 L が集光した箇所のことである。

【 0 0 2 3 】

レーザー光 L を切断予定ライン 5 に沿って（すなわち矢印 A 方向に沿って）相対的に移動させることにより、集光点 P を切断予定ライン 5 に沿って移動させる。これにより、図 3 ~ 図 5 に示すように改質領域 7 が切断予定ライン 5 に沿って基板 1 の内部にのみ形成され、この改質領域 7 でもって切断起点領域 8 が形成される。このレーザー加工方法は、基板 1 がレーザー光 L を吸収することにより基板 1 を発熱させて改質領域 7 を形成するのではない。基板 1 にレーザー光 L を透過させ基板 1 の内部に多光子吸収を発生させて改質領域 7 を形成している。よって、基板 1 のレーザー光入射面 6 ではレーザー光 L がほとんど吸収されないので、基板 1 のレーザー光入射面 6 が熔融することはない。

【 0 0 2 4 】

基板 1 の切断において、切断する箇所に起点があると基板 1 はその起点から割れるので、図 6 に示すように比較的小さな力で基板 1 を切断することができる。よって、基板 1 の面にチップングなどの不必要な割れを発生させることなく、容易に、且つ精度良く、且つ効率的に基板 1 の切断が可能となる。

【 0 0 2 5 】

なお、切断起点領域を起点とした基板の切断には、次の 2 通りが考えられる。1 つは、切断起点領域形成後、基板に人為的な応力が印加されることにより、切断起点領域を起点として基板が割れ、基板が切断される場合である。これは、例えば基板の厚さが大きい場合の切断である。人為的な応力が印加されるとは、例えば、基板の切断起点領域に沿って基板に曲げ応力やせん断応力を加えたり、基板に温度差を与えることにより熱応力を発生させたりすることである。他の 1 つは、切断起点領域を形成することにより、切断起点領域を起点として基板の断面方向（厚さ方向）に向かって自然に割れ、結果的に基板が切断される場合である。これは、例えば基板の厚さが小さい場合には、1 列の改質領域により切断起点領域が形成されることで可能となり、基板の厚さが大きい場合には、厚さ方向に複数列形成された改質領域により切断起点領域が形成されることで可能となる。なお、この自然に割れる場合も、切断する箇所において、切断起点領域が形成されていない部位に対応する部分の表面上にまで割れが先走ることがなく、切断起点領域を形成した部位に対応する部分のみを割断することができるので、割断を制御よくすることができる。近年、ウェハの基板などの基板の厚さは薄くなる傾向にあるので、このような制御性のよい割断方法は大変有効である。

【 0 0 2 6 】

さて、本実施形態において多光子吸収により形成される改質領域としては、次の (1) ~ (3) がある。

【 0 0 2 7 】

(1) 改質領域が 1 つ又は複数のクラックを含むクラック領域の場合

例えばサファイアやガラスなどからなる基板の内部に集光点を合わせて、集光点における電界強度が 1×10^8 (W / c m ²) 以上で且つパルス幅が 1 μ s 以下の条件でレーザー光を照射する。このパルス幅の大きさは、多光子吸収を生じさせつつ基板の表面に余計なダメージを与えずに、基板の内部にのみクラック領域を形成できる条件である。これにより、基板の内部には多光子吸収による光学的損傷という現象が発生する。この光学的損傷により基板の内部に熱ひずみが誘起され、これにより基板の内部にクラック領域が形成される

10

20

30

40

50

。電界強度の上限値としては、例えば 1×10^{12} (W/cm^2) である。パルス幅は例えば $1 \text{ ns} \sim 200 \text{ ns}$ が好ましい。

【0028】

本発明者は、電界強度とクラックの大きさとの関係を実験により求めた。実験条件は次の通りである。

(A) 基板：パイレックス(登録商標)ガラス(厚さ $700 \mu\text{m}$)

(B) レーザ

光源：半導体レーザー励起 Nd : YAG レーザ

波長： 1064 nm

レーザー光スポット断面積： $3.14 \times 10^{-8} \text{ cm}^2$

発振形態：Qスイッチパルス

繰り返し周波数： 100 kHz

パルス幅： 30 ns

出力：出力 $< 1 \text{ mJ}$ / パルス

レーザー光品質：TEM₀₀

偏光特性：直線偏光

(C) 集光用レンズ

レーザー光波長に対する透過率：60パーセント

(D) 基板が載置される載置台の移動速度： 100 mm / 秒

【0029】

なお、レーザー光品質がTEM₀₀とは、集光性が高くレーザー光の波長程度まで集光可能を意味する。

【0030】

図7は上記実験の結果を示すグラフである。横軸はピークパワー密度であり、レーザー光がパルスレーザー光なので電界強度はピークパワー密度で表される。縦軸は1パルスのレーザー光により基板の内部に形成されたクラック部分(クラックスポット)の大きさを示している。クラックスポットが集まりクラック領域となる。クラックスポットの大きさは、クラックスポットの形状のうち最大の長さとなる部分の大きさである。グラフ中の黒丸で示すデータは集光用レンズ(C)の倍率が100倍、開口数(NA)が0.80の場合である。一方、グラフ中の白丸で示すデータは集光用レンズ(C)の倍率が50倍、開口数(NA)が0.55の場合である。ピークパワー密度が 10^{11} (W/cm^2) 程度から基板の内部にクラックスポットが発生し、ピークパワー密度が大きくなるに従いクラックスポットも大きくなること分かる。

【0031】

次に、上記したレーザー加工方法において、クラック領域形成による基板の切断のメカニズムについて図8～図11を用いて説明する。図8に示すように、多光子吸収が生じる条件で基板1の内部に集光点Pを合わせてレーザー光Lを基板1に照射して切断予定ライン5に沿って内部にクラック領域9を形成する。クラック領域9は1つ又は複数のクラックを含む領域である。このクラック領域9でもって切断起点領域が形成される。図9に示すようにクラック領域9を起点として(すなわち、切断起点領域を起点として)クラックがさらに成長し、図10に示すようにクラックが基板1の両面に到達し、図11に示すように基板1が割れることにより基板1が切断される。基板の両面に到達するクラックは自然に成長する場合もあるし、基板に力が印加されることにより成長する場合もある。

【0032】

(2) 改質領域が溶融処理領域の場合

例えばGaAsやシリコンのような半導体材料からなる基板の内部に集光点を合わせて、集光点における電界強度が 1×10^8 (W/cm^2) 以上で且つパルス幅が $1 \mu\text{s}$ 以下の条件でレーザー光を照射する。これにより基板の内部は多光子吸収によって局所的に加熱される。この加熱により基板の内部に溶融処理領域が形成される。溶融処理領域とは一旦溶融後再固化した領域や、まさに溶融状態の領域や、溶融状態から再固化する状態の領域であ

10

20

30

40

50

り、相変化した領域や結晶構造が変化した領域ということもできる。また、熔融処理領域とは単結晶構造、非晶質構造、多結晶構造において、ある構造が別の構造に変化した領域ということもできる。つまり、例えば、単結晶構造から非晶質構造に変化した領域、単結晶構造から多結晶構造に変化した領域、単結晶構造から非晶質構造及び多結晶構造を含む構造に変化した領域を意味する。基板がシリコン単結晶構造の場合、熔融処理領域は例えば非晶質シリコン構造である。電界強度の上限値としては、例えば 1×10^{12} (W/cm²)である。パルス幅は例えば1 ns ~ 200 nsが好ましい。また、シリコンに限らず、例えばサファイアなどにおいても上記した熔融処理領域を形成することが可能である。

【0033】

本発明者は、シリコンウェハの内部で熔融処理領域が形成されることを実験により確認した。実験条件は次の通りである。

(A) 基板：シリコンウェハ(厚さ350 μm、外径4インチ)

(B) レーザ

光源：半導体レーザー励起Nd:YAGレーザー

波長：1064 nm

レーザー光スポット断面積： 3.14×10^{-8} cm²

発振形態：Qスイッチパルス

繰り返し周波数：100 kHz

パルス幅：30 ns

出力：20 μJ / パルス

レーザー光品質：TEM₀₀

偏光特性：直線偏光

(C) 集光用レンズ

倍率：50倍

N.A. : 0.55

レーザー光波長に対する透過率：60パーセント

(D) 基板が載置される載置台の移動速度：100 mm / 秒

【0034】

図12は、上記条件でのレーザー加工により切断されたシリコンウェハの一部における断面の写真を表した図である。シリコンウェハ11の内部に熔融処理領域13が形成されている。なお、上記条件により形成された熔融処理領域13の厚さ方向の大きさは100 μm程度である。

【0035】

熔融処理領域13が多光子吸収により形成されたことを説明する。図13は、レーザー光の波長とシリコン基板の内部の透過率との関係を示すグラフである。ただし、シリコン基板の表面側と裏面側それぞれの反射成分を除去し、内部のみの透過率を示している。シリコン基板の厚さtが50 μm、100 μm、200 μm、500 μm、1000 μmの各々について上記関係を示した。

【0036】

例えば、Nd:YAGレーザーの波長である1064 nmにおいて、シリコン基板の厚さが500 μm以下の場合、シリコン基板の内部ではレーザー光が80%以上透過することが分かる。図12に示すシリコンウェハ11の厚さは350 μmなので、多光子吸収による熔融処理領域13をシリコンウェハの中心付近に形成すると、レーザー光入射面から175 μmの部分に形成される。この場合の透過率は、厚さ200 μmのシリコンウェハを参考にすると、90%以上なので、レーザー光がシリコンウェハ11の内部で吸収されるのは僅かであり、ほとんどが透過する。このことは、シリコンウェハ11の内部でレーザー光が吸収されて、熔融処理領域13がシリコンウェハ11の内部に形成(つまりレーザー光による通常の加熱で熔融処理領域が形成)されたものではなく、熔融処理領域13が多光子吸収により形成されたことを意味する。

【0037】

なお、シリコンウェハは、溶融処理領域でもって形成される切断起点領域を起点として断面方向に向かって割れを発生させ、その割れがシリコンウェハの表面と裏面とに到達することにより、結果的に切断される。シリコンウェハの表面と裏面とに到達するこの割れは自然に成長する場合もあるし、シリコンウェハに力が印加されることにより成長する場合もある。なお、切断起点領域からシリコンウェハの表面と裏面とに割れが自然に成長する場合には、切断起点領域を形成する溶融処理領域が溶融している状態から割れが成長する場合と、切断起点領域を形成する溶融処理領域が溶融している状態から再固化する際に割れが成長する場合とのいずれもある。ただし、どちらの場合も溶融処理領域はシリコンウェハの内部のみに形成され、切断後の切断面には、図12のように内部にのみ溶融処理領域が形成されている。基板の内部に溶融処理領域でもって切断起点領域を形成すると、割断時、切断起点領域ラインから外れた不必要な割れが生じにくいので、割断制御が容易となる。

10

【0038】

(3) 改質領域が屈折率変化領域の場合

例えばガラスなどからなる基板の内部に集光点を合わせて、集光点における電界強度が 1×10^8 (W/cm²) 以上で且つパルス幅が1 ns以下の条件でレーザー光を照射する。パルス幅を極めて短くして、多光子吸収を基板の内部に起こさせると、多光子吸収によるエネルギーが熱エネルギーに転化せずに、基板の内部にはイオン価数変化、結晶化又は分極配向等の永続的な構造変化が誘起されて屈折率変化領域が形成される。電界強度の上限値としては、例えば 1×10^{12} (W/cm²) である。パルス幅は例えば1 ns以下が好ましく、1 ps以下がさらに好ましい。

20

【0039】

以上、多光子吸収により形成される改質領域として(1)~(3)の場合を説明したが、基板の結晶構造やその劈開性を考慮して切断起点領域を次のように形成すれば、その切断起点領域を起点として、より一層小さな力で、しかも精度良く基板を切断することが可能になる。また、基板の表面上に活性層が積層されている場合、該活性層の結晶構造やその劈開性を考慮して切断起点領域を次のように形成すれば、基板が切断起点領域を起点として切断される際に、活性層を容易に且つ精度良く劈開させることが可能になる。

【0040】

すなわち、基板がシリコンなどのダイヤモンド構造の単結晶半導体からなる場合は、(111)面(第1劈開面)や(110)面(第2劈開面)に沿った方向に切断起点領域を形成するのが好ましい。また、基板或いは活性層がGaAsなどの閃亜鉛鉱型構造のIII-V族化合物半導体からなる場合は、(110)面に沿った方向に切断起点領域を形成するのが好ましい。さらに、基板がサファイアなどの六方晶系の結晶構造を有する場合は、(0001)面(C面)を主面として(1120)面(A面)或いは(1100)面(M面)に沿った方向に切断起点領域を形成するのが好ましい。

30

【0041】

なお、上述した切断起点領域を形成すべき方向(例えば、GaAs基板における(110)面に沿った方向)、或いは切断起点領域を形成すべき方向に直交する方向に沿って基板にオリエンテーションフラット(後述)を形成すれば、そのオリエンテーションフラットを基準とすることで、切断起点領域を容易且つ正確に基板に形成することが可能になる。

40

【0042】

次に、上述したレーザー加工方法に使用されるレーザー加工装置について、図14を参照して説明する。図14はレーザー加工装置100の概略構成図である。

【0043】

レーザー加工装置100は、レーザー光Lを発生するレーザー光源101と、レーザー光Lの出力やパルス幅等を調節するためにレーザー光源101を制御するレーザー光源制御部102と、レーザー光Lの反射機能を有しかつレーザー光Lの光軸の向きを90°変えるように配置されたダイクロイックミラー103と、ダイクロイックミラー103で反射されたレーザー光Lを集光する集光用レンズ105と、集光用レンズ105で集光されたレーザー光Lが照射さ

50

れる基板 1 が載置される載置台 107 と、載置台 107 を X 軸方向に移動させるための X 軸ステージ 109 と、載置台 107 を X 軸方向に直交する Y 軸方向に移動させるための Y 軸ステージ 111 と、載置台 107 を X 軸及び Y 軸方向に直交する Z 軸方向に移動させるための Z 軸ステージ 113 と、これら 3 つのステージ 109, 111, 113 の移動を制御するステージ制御部 115 とを備える。

【0044】

この集光点 P の X (Y) 軸方向の移動は、基板 1 を X (Y) 軸ステージ 109 (111) により X (Y) 軸方向に移動させることにより行う。Z 軸方向は、基板 1 の裏面 4 と直交する方向なので、基板 1 に入射するレーザ光 L の焦点深度の方向となる。よって、Z 軸ステージ 113 を Z 軸方向に移動させることにより、基板 1 の内部にレーザ光 L の集光点 P を合わせることができる。これにより、基板 1 のレーザ光入射面 6 から所定距離内側の所望の位置に集光点 P を合わせることができる。

10

【0045】

レーザ光源 101 はパルスレーザ光を発生する Nd : YAG レーザである。レーザ光源 101 に用いることができるレーザとして、この他、Nd : YVO₄ レーザ、Nd : YLF レーザやチタンサファイアレーザがある。本実施形態では、基板 1 の加工にパルスレーザ光を用いているが、多光子吸収を起こさせることができるなら連続波レーザ光でもよい。

【0046】

レーザ加工装置 100 はさらに、載置台 107 に載置された基板 1 を可視光線により照明するために可視光線を発生する観察用光源 117 と、ダイクロイックミラー 103 及び集光用レンズ 105 と同じ光軸上に配置された可視光用のビームスプリッタ 119 とを備える。ビームスプリッタ 119 と集光用レンズ 105 との間にダイクロイックミラー 103 が配置されている。ビームスプリッタ 119 は、可視光線の約半分を反射し残りの半分を透過する機能を有しかつ可視光線の光軸の向きを 90° 変えるように配置されている。観察用光源 117 から発生した可視光線はビームスプリッタ 119 で約半分が反射され、この反射された可視光線がダイクロイックミラー 103 及び集光用レンズ 105 を透過し、基板 1 の切断予定ライン 5 等を含むレーザ光入射面 6 を照明する。

20

【0047】

レーザ加工装置 100 はさらに、ビームスプリッタ 119、ダイクロイックミラー 103 及び集光用レンズ 105 と同じ光軸上に配置された撮像素子 121 及び結像レンズ 123 を備える。撮像素子 121 としては例えば CCD カメラがある。切断予定ライン 5 等を含むレーザ光入射面 6 を照明した可視光線の反射光は、集光用レンズ 105、ダイクロイックミラー 103、ビームスプリッタ 119 を透過し、結像レンズ 123 で結像されて撮像素子 121 で撮像され、撮像データとなる。

30

【0048】

レーザ加工装置 100 はさらに、撮像素子 121 から出力された撮像データが入力される撮像データ処理部 125 と、レーザ加工装置 100 全体を制御する全体制御部 127 と、モニタ 129 とを備える。撮像データ処理部 125 は、撮像データを基にして観察用光源 117 で発生した可視光の焦点を基板 1 のレーザ光入射面 6 上に合わせるための焦点データを演算する。この焦点データを基にしてステージ制御部 115 が Z 軸ステージ 113 を移動制御することにより、可視光の焦点が基板 1 のレーザ光入射面 6 に合うようにする。よって、撮像データ処理部 125 はオートフォーカスユニットとして機能する。また、撮像データ処理部 125 は、撮像データを基にしてレーザ光入射面 6 の拡大画像等の画像データを演算する。この画像データは全体制御部 127 に送られ、全体制御部で各種処理がなされ、モニタ 129 に送られる。これにより、モニタ 129 に拡大画像等が表示される。

40

【0049】

全体制御部 127 には、ステージ制御部 115 からのデータ、撮像データ処理部 125 からの画像データ等が入力し、これらのデータも基にしてレーザ光源制御部 102、観察用光源 117 及びステージ制御部 115 を制御することにより、レーザ加工装置 100 全体

50

を制御する。よって、全体制御部 127 はコンピュータユニットとして機能する。

【0050】

なお、基板 1 のレーザ光入射面 6 としては、基板 1 の表面及び裏面のうちどちらの面でもよい。例えば、基板 1 の表面上にレーザ光を透過しない半導体層などが積層されている場合には、基板 1 の裏面が集光用レンズ 105 側となるよう基板 1 を載置台 107 に載置するとよい。また、基板 1 のレーザ光入射面 6 は、該レーザ光入射面 6 においてレーザ光が散乱することを防ぐため、平坦かつ滑面であることが好ましい。

【0051】

次に、上述したレーザ加工方法及びレーザ加工装置 100 を用いた、本実施形態に係る半導体レーザ素子の製造方法について説明する。図 15 は、本実施形態に係る半導体レーザ素子の製造方法において用いられるウェハを示す斜視図である。また、図 16 は、図 15 に示されたウェハの底面図である。また、図 17 は、図 16 に示されたウェハの VI-VI 断面を示す拡大図である。

10

【0052】

図 15 ~ 図 17 を参照すると、ウェハ 2 は、略円盤状を呈している。本実施形態において、ウェハ 2 は、n 型半導体からなる基板 1 と、基板 1 の表面 21 上に積層された第 1 導電型半導体層である n 型クラッド層 23 と、n 型クラッド層 23 上に積層された活性層 25 と、活性層 25 上に積層された第 2 導電型半導体層である p 型クラッド層 27 と、p 型クラッド層 27 上に積層された p 型半導体からなるキャップ層 29 とを備えている。これらの層のうち、n 型クラッド層 23、活性層 25、及び p 型クラッド層 27 は、量子井戸構造を構成している。或いは、活性層 25 が、その内部にバンドギャップの小さい井戸層とバンドギャップの大きい障壁層とを交互に複数積層された多重量子井戸構造を構成してもよい。また、基板 1 の裏面 4 は、平坦かつ滑面となっている。

20

【0053】

Al-GaAs 系の半導体レーザ素子を例にとると、基板 1 及びキャップ層 29 の材料としては例えば GaAs が用いられ、n 型クラッド層 23、活性層 25、及び p 型クラッド層 27 の材料としては例えば AlGaAs が用いられる。なお、半導体レーザ素子は Al-GaAs 系に限らず、In-GaAs 系や、AlGaInP 系、GaN 系であってもよい。また、それぞれの層の厚さは、例えば基板 1 が 350 μm、n 型クラッド層 23 が 500 (50 nm)、活性層 25 が 100 (10 nm)、p 型クラッド層 27 が 500 (50 nm)、キャップ層 29 が 500 (50 nm) である。

30

【0054】

また、図 16 を参照すると、ウェハ 2 の裏面 4 には複数の切断予定ライン 5 が設定されている。切断予定ライン 5 は、ウェハ 2 を複数の棒状部分に切断するために想定される仮想線であり、活性層 25 の劈開面に沿った方向に設定されている。すなわち、切断予定ライン 5 は、AlGaAs からなる活性層 25 の (110) 面に沿った方向に設定されている。また、基板 1 は、その劈開面が切断予定ライン 5 に沿った方向と平行であることが好ましい。すなわち、GaAs からなる基板 1 の (110) 面の方向と、AlGaAs からなる活性層 25 の (110) 面の方向とが一致するように活性層 25 が積層されているとよい。なお、切断予定ライン 5 と直交する方向は、半導体レーザ素子におけるストライプ構造の長手方向 (すなわち、レーザ光の共振方向) となる。また、互いに隣り合う切断予定ライン 5 の間隔は、例えば 2 mm 程度である。

40

【0055】

また、ウェハ 2 は、オリエンテーションフラット (以下「OF」という) 19 を有している。本実施形態では、OF 19 は切断予定ライン 5 と直交する方向を長手方向として形成されている。OF 19 は、ウェハ 2 を切断予定ライン 5 に沿って切断する際に、切断方向を容易に判別する目的で設けられている。なお、OF 19 は、切断予定ライン 5 と平行な方向を長手方向として形成されていてもよい。

【0056】

図 18 及び図 19 は、本実施形態に係る半導体レーザ素子の製造方法を説明するためのフ

50

ローチャートである。また、図20～図23は、半導体レーザ素子の製造方法を説明するためのウェハ2の断面図である。

【0057】

図18を参照すると、まず、ウェハ2の裏面4にカソード電極31を、表面22にアノード電極33を、それぞれ形成する(S1、図20)。このとき、切断予定ライン5の周辺にはこれらの電極を形成しない。また、半導体レーザ素子がストライプ構造となるように、切断予定ライン5に直交する方向を長手方向として細長く形成する。カソード電極31及びアノード電極33を形成する工程の一例としては、(1)ウェハ2の表面22及び裏面4に金属膜を成膜し、(2)該金属膜の表面にレジストを塗布し、(3)所望の電極パターンを有するレチクルを用いてレジストを感光させ、(4)レジストを現像することにより感光部分を除去し、(5)金属膜のうちレジストが除去されて露出した部分をエッチングにより除去する。これらの工程により、カソード電極31及びアノード電極33を形成する。

10

【0058】

続いて、ウェハ2の基板1の内部に、切断予定ライン5に沿って切断起点領域を形成する(S3、図21)。すなわち、基板1の裏面4のうちカソード電極31が設けられていない部分をレーザ光入射面として基板1の内部の集光点Pへレーザ光Lを照射することにより、基板1の内部に改質領域7を形成する。この改質領域7が、ウェハ2を切断する際の切断起点領域となる。

【0059】

ここで、図19は、図14に示されたレーザ加工装置100を用いてウェハ2に切断起点領域を形成する方法を示すフローチャートである。なお、本実施形態において、ウェハ2は、レーザ加工装置100の載置台107に、基板1の裏面4が集光用レンズ105と対向するように配置される。すなわち、レーザ光Lは、ウェハ2の基板1の裏面4から入射される。

20

【0060】

図14及び図19を参照すると、まず、基板1の光吸収特性を図示しない分光光度計等により測定する。この測定結果に基づいて、基板1に対して透明な波長又は吸収の少ない波長のレーザ光Lを発生するレーザ光源101を選定する(S101)。

【0061】

続いて、基板1の厚さ、材質、及び屈折率等を考慮して、ウェハ2のZ軸方向の移動量を決定する(S103)。これは、基板1の裏面4から所定距離内側の所望の位置にレーザ光Lの集光点Pを合わせるために、基板1の裏面4に位置するレーザ光Lの集光点Pを基準としたウェハ2のZ軸方向の移動量である。この移動量は全体制御部127に入力される。

30

【0062】

ウェハ2をレーザ加工装置100の載置台107に基板1の裏面4が集光用レンズ105側と対向するよう載置する。そして、観察用光源117から可視光を発生させて基板1の裏面4を照明する(S105)。照明された基板1の裏面4を撮像素子121により撮像する。撮像素子121により撮像された撮像データは撮像データ処理部125に送られる。この撮像データに基づいて撮像データ処理部125は、観察用光源117の可視光の焦点が基板1の裏面4に位置するような焦点データを演算する(S107)。

40

【0063】

この焦点データはステージ制御部115に送られる。ステージ制御部115は、この焦点データを基にしてZ軸ステージ113をZ軸方向の移動させる(S109)。これにより、観察用光源117の可視光の焦点が基板1の裏面4に位置する。なお、撮像データ処理部125は撮像データに基づいて、切断予定ライン5を含む裏面4の拡大画像データを演算する。この拡大画像データは全体制御部127を介してモニタ129に送られ、これによりモニタ129に切断予定ライン5付近の拡大画像が表示される。

【0064】

50

全体制御部 1 2 7 には予めステップ S 1 0 3 で決定された移動量データが入力されており、この移動量データがステージ制御部 1 1 5 に送られる。ステージ制御部 1 1 5 はこの移動量データに基づいて、レーザ光 L の集光点 P の位置が基板 1 の裏面 4 から所定距離内側となるように、Z 軸ステージ 1 1 3 によりウェハ 2 を Z 軸方向に移動させる (S 1 1 1) 。

【 0 0 6 5 】

続いて、レーザ光源 1 0 1 からレーザ光 L を発生させて、レーザ光 L を基板 1 の裏面 4 に照射する。レーザ光 L の集光点 P は基板 1 の内部に位置しているため、改質領域 7 は基板 1 の内部にのみ形成される。

【 0 0 6 6 】

続いて、切断予定ライン 5 に沿うように X 軸ステージ 1 0 9 や Y 軸ステージ 1 1 1 を移動させて改質領域 7 を複数形成するか、あるいは切断予定ライン 5 に沿って連続して改質領域 7 を形成することにより、切断予定ライン 5 に沿う切断起点領域を基板 1 の内部に形成する (S 1 1 3) 。

【 0 0 6 7 】

ここで、再び図 1 8 を参照すると、ウェハ 2 の基板 1 に切断起点領域を形成したのち、切断起点領域に沿ってウェハ 2 を複数の棒状部材 3 7 に切断する (S 5、図 2 2 (a) 及び (b))。すなわち、切断起点領域が形成されたウェハ 2 に対して例えばナイフエッジをウェハの表面 2 2 または裏面 4 に押し当てて応力を印加することにより、切断起点領域を起点として基板 1 を切断する。或いは、エキスパンドテープや、ブレーカー装置、ローラー装置などを用いて応力を印加することにより基板 1 を切断してもよい。また、ウェハ表面やウェハ裏面にその表面が溶融しないエネルギーにてウェハに対して吸収性を有するレーザ光を照射することで切断起点領域を起点として亀裂が生じるような熱応力を発生させて切断してもよい。このとき、基板 1 が切断されると同時に、切断予定ライン 5 に沿った劈開面を有する活性層 2 5 が該劈開面において劈開されることにより、活性層 2 5 を挟んで互いに対向する 2 つの共振面 3 5 が棒状部材 3 7 それぞれに形成される。また、n 型クラッド層 2 3、p 型クラッド層 2 7、及びキャップ層 2 9 も基板 1 が切断されると同時に切断される。

【 0 0 6 8 】

続いて、棒状部材 3 7 をチップ状に切断する (S 7、図 2 3 (a))。すなわち、切断起点領域と直交する複数の切断面において棒状部材 3 7 を等間隔に切断する。これにより、チップ状の半導体レーザ素子 3 9 が得られる。棒状部材 3 7 を切断する方法としては、上記したレーザ加工方法のほか、ブレードダイシングやドライエッチング、ウェットエッチングなどを用いることができる。

【 0 0 6 9 】

図 2 3 (b) は、上記の工程を経て得られた半導体レーザ素子 3 9 の構成を示す斜視図である。この半導体レーザ素子 3 9 において、基板 1 の裏面 4 上には切断起点領域 8 と直交する方向を長手方向としてカソード電極 3 1 が設けられている。基板 1 の表面には n 型クラッド層 2 3、活性層 2 5、p 型クラッド層 2 7、及びキャップ層 2 9 が積層されている。キャップ層 2 9 には、切断起点領域 8 と直交する方向を長手方向としてアノード電極 3 3 が設けられている。基板 1 の側面のうち、ストライプ構造の長手方向と交差する 2 つの側面は切断起点領域 8 を含んでおり、これらの側面のそれぞれと同一の平面上にある 2 つの共振面 3 5 それぞれが、活性層 2 5 の劈開により形成されている。

【 0 0 7 0 】

図 2 3 (b) に示される構成のとおり、本実施形態による半導体レーザ素子の製造方法によれば、切断起点領域 8 と直交する方向をストライプ構造の長手方向とする半導体レーザ素子 3 9 が得られる。すなわち、カソード電極 3 1 及びアノード電極 3 3 における長手方向と交差する方向の幅が活性層 2 5 の該方向の幅よりも狭く形成されているため、活性層 2 5 を流れる駆動電流は活性層 2 5 の中心のストライプ状の部分に集まる。このストライプ状の部分は共振面 3 5 に挟まれているため、活性層 2 5 ではレーザ発振がストライプ状

10

20

30

40

50

の部分に沿って起こることとなる。

【0071】

以上説明したように、本実施形態に係る半導体レーザ素子の製造方法及び半導体レーザ素子では、ウェハ2の基板1の内部に多光子吸収という現象により形成される改質領域7をもって、切断予定ライン5に沿った切断起点領域を形成することができ、基板1を切断起点領域に沿って比較的小さな力で効率よく割って切断することができる。そして、基板1を切断することにより活性層25が切断予定ライン5に沿って精度良く劈開される。したがって、この製造方法によれば、活性層25の劈開による共振面35を容易に且つ精度良く形成することができる。

【0072】

また、本実施形態に係る半導体レーザ素子の製造方法においては、基板1を切断する際に、ウェハ2に応力を印加している。切断起点領域を有するウェハ2は比較的小さな力で割って切断できるので、ウェハ2に応力を印加することによりウェハ2を容易に切断することができる。

【0073】

また、本実施形態に係る半導体レーザ素子の製造方法においては、基板1の内部にレーザ光Lを照射する際に、基板1の裏面4をレーザ光入射面としている。この製造方法によれば、n型クラッド層23、活性層25、及びp型クラッド層27など基板1上に積層される半導体層のいずれかがレーザ光Lを透過しない場合であっても、ウェハ2の基板1の内部に改質領域7をもって切断起点領域を形成することができる。そして、基板1の裏面4が平坦かつ滑面であれば、裏面4におけるレーザ光Lの散乱を防ぐことができる。

【0074】

なお、ウェハ2の表面22をレーザ光入射面として集光点Pにレーザ光Lを照射することにより、改質領域7を形成してもよい。ただし、この場合、基板1上に積層される活性層25などの半導体層のレーザ光Lに対する透過率が、所定の透過率以上であることが必要となる。また、レーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成するために、基板1上に積層される各半導体層の屈折率を考慮してレーザ加工装置100におけるウェハ2のZ軸方向位置を定める必要がある。

【0075】

図24は、本実施形態による半導体レーザ素子の製造方法の変形例を説明するための断面図である。本変形例では、基板1の内部において、基板1の厚さ方向に複数の改質領域7を形成する。改質領域7をこのように形成するには、図19に示されたフローチャートのステップS111（ウェハ2をZ軸方向に移動）とステップS113（改質領域7の形成）とを交互に複数回行うとよい。また、ウェハ2をZ軸方向に移動するのと改質領域7の形成とを同時に行うことにより、基板1の厚さ方向に連続して改質領域7を形成してもよい。

【0076】

本変形例のように改質領域7を形成することにより、基板1の厚さ方向に延びた切断起点領域を形成することができる。従って、ウェハ2をより小さな力で割って切断することができる。さらに、基板1の厚さ方向に改質領域7によるクラックを成長させれば、外部からの力を必要とせずウェハ2を分離することもできる。

【0077】

以上、本発明の実施形態及び変形例について詳細に説明したが、本発明は上記実施形態及び変形例に限定されないことはいうまでもない。

【0078】

例えば、上記実施形態及び実施例では、第1導電型をn型とし、第2導電型をp型としているが、第1導電型がp型で第2導電型がn型であってもよい。また、ストライプ構造として、活性層の周囲に高抵抗層が埋め込まれた構造を含むことはもちろんである。

【0079】

【発明の効果】

10

20

30

40

50

以上説明したように、本発明に係る半導体レーザ素子の製造方法及び半導体レーザ素子では、ウェハ 2 の基板 1 の内部に多光子吸収という現象により形成される改質領域 7 をもって、切断予定ライン 5 に沿った切断起点領域を形成することができ、基板 1 を切断起点領域に沿って比較的小さな力で効率よく割って切断することができる。そして、基板 1 を切断することにより活性層 2 5 が切断予定ライン 5 に沿って精度良く劈開される。したがって、この製造方法によれば、活性層 2 5 の劈開による共振面 3 5 を効率良く、且つ精度良く形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】レーザ加工中の基板の平面図である。

【図 2】図 1 に示す基板の II - II 線に沿った断面図である。

10

【図 3】レーザ加工後の基板の平面図である。

【図 4】図 3 に示す基板の IV - IV 線に沿った断面図である。

【図 5】図 3 に示す基板の V - V 線に沿った断面図である。

【図 6】切断された基板の平面図である。

【図 7】本実施形態で用いるレーザ加工方法における電界強度とクラックスポットの大きさとの関係を示すグラフである。

【図 8】本実施形態で用いるレーザ加工方法の第 1 工程における基板の断面図である。

【図 9】本実施形態で用いるレーザ加工方法の第 2 工程における基板の断面図である。

【図 10】本実施形態で用いるレーザ加工方法の第 3 工程における基板の断面図である。

【図 11】本実施形態で用いるレーザ加工方法の第 4 工程における基板の断面図である。

20

【図 12】本実施形態で用いるレーザ加工方法により切断されたシリコンウェハの一部における断面の写真を表した図である。

【図 13】本実施形態で用いるレーザ加工方法におけるレーザ光の波長とシリコン基板の内部の透過率との関係を示すグラフである。

【図 14】レーザ加工装置の概略構成図である。

【図 15】本実施形態に係る半導体レーザ素子の製造方法において用いられるウェハを示す斜視図である。

【図 16】図 15 に示されたウェハの底面図である。

【図 17】図 16 に示されたウェハの VI - VI 断面を示す拡大図である。

【図 18】本実施形態に係る半導体レーザ素子の製造方法を説明するためのフローチャートである。

30

【図 19】図 14 に示されたレーザ加工装置を用いてウェハに切断起点領域を形成する方法を示すフローチャートである。

【図 20】半導体レーザ素子の製造方法を説明するためのウェハの断面図である。

【図 21】半導体レーザ素子の製造方法を説明するためのウェハの断面図である。

【図 22】(a) 半導体レーザ素子の製造方法を説明するためのウェハの断面図である。

(b) 半導体レーザ素子の製造方法を説明するためのウェハの斜視図である。

【図 23】(a) チップ状に切断された棒状部材を示す斜視図である。(b) 上記の工程を経て得られた半導体レーザ素子の構成を示す斜視図である。

【図 24】本実施形態による発光素子の製造方法の変形例を説明するための断面図である

40

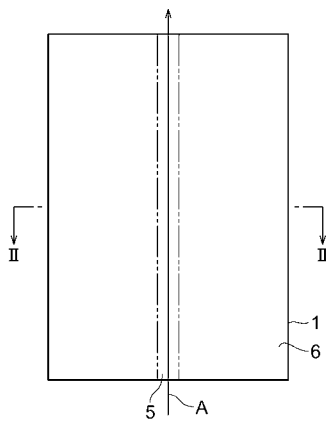
【符号の説明】

1 ... 基板、2 ... ウェハ、4 ... 裏面、5 ... 切断予定ライン、7 ... 改質領域、8 ... 切断起点領域、9 ... クラック領域、11 ... シリコンウェハ、13 ... 溶融処理領域、19 ... オリエンテーションフラット、21 ... 表面、23 ... n 型クラッド層、25 ... 活性層、27 ... p 型クラッド層、29 ... キャップ層、31 ... カソード電極、33 ... アノード電極、35 ... 共振面、37 ... 棒状部材、39 ... 半導体レーザ素子、100 ... レーザ加工装置、101 ... レーザ光源、102 ... レーザ光源制御部、103 ... ダイクロイックミラー、105 ... 集光用レンズ、107 ... 載置台、109 ... X 軸ステージ、111 ... Y 軸ステージ、113 ... Z 軸ステージ、115 ... ステージ制御部、117 ... 観察用光源、119 ... ビームスプリッタ、121

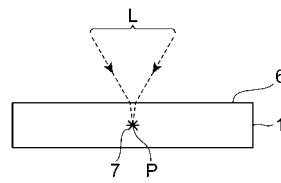
50

...撮像素子、1 2 3 ...結像レンズ、1 2 5 ...撮像データ処理部、1 2 7 ...全体制御部、1 2 9 ...モニタ、L ...レーザ光、P ...集光点。

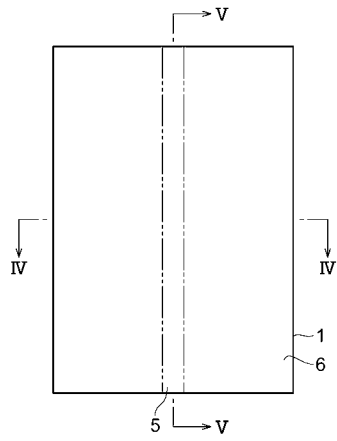
【図 1】



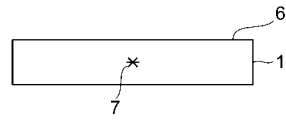
【図 2】



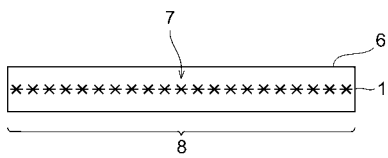
【 図 3 】



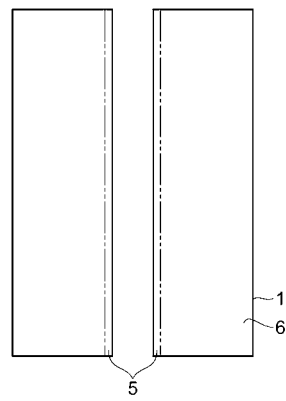
【 図 4 】



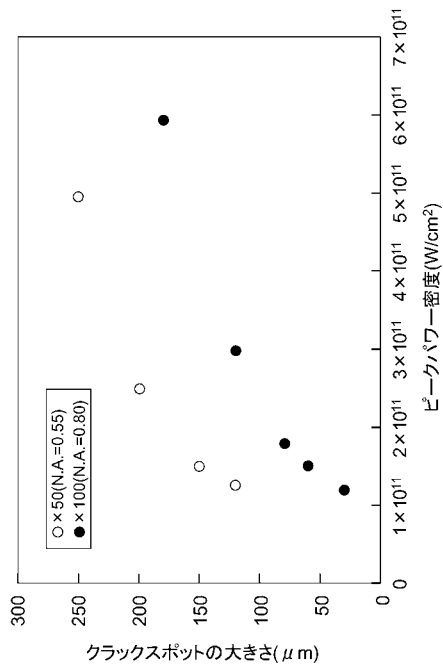
【 図 5 】



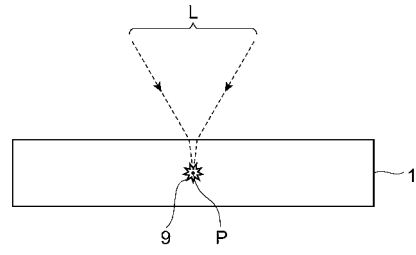
【 図 6 】



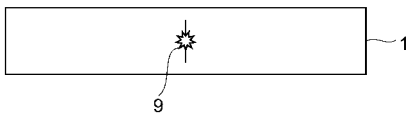
【 図 7 】



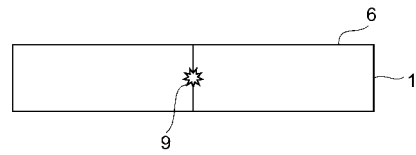
【 図 8 】



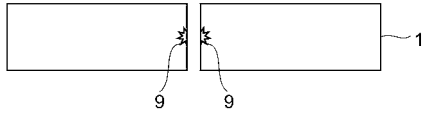
【 図 9 】



【 図 10 】



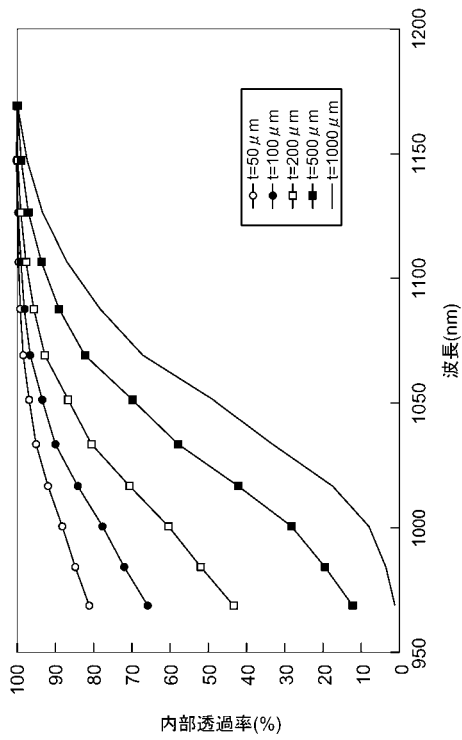
【図 1 1】



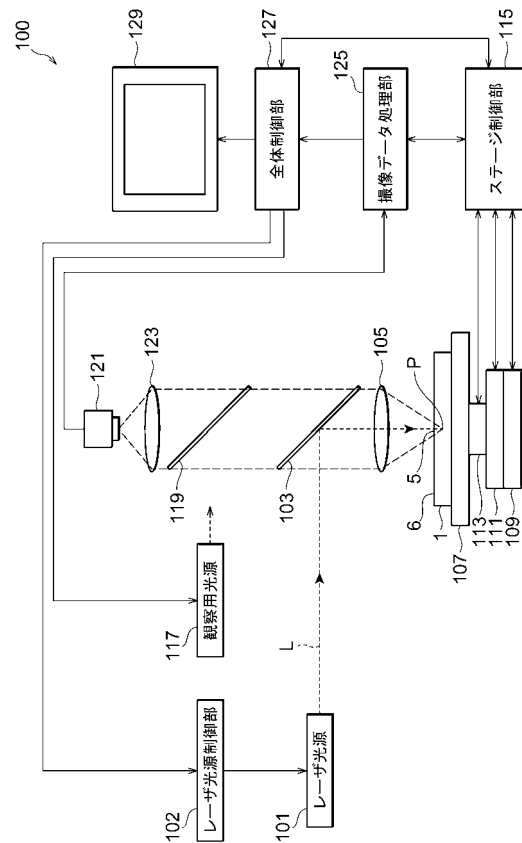
【図 1 2】



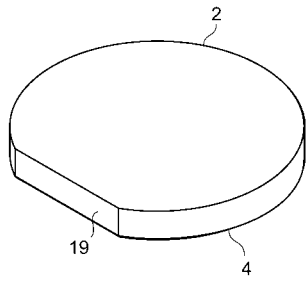
【図 1 3】



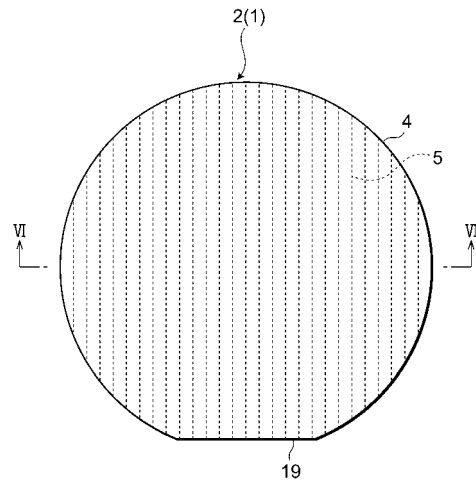
【図 1 4】



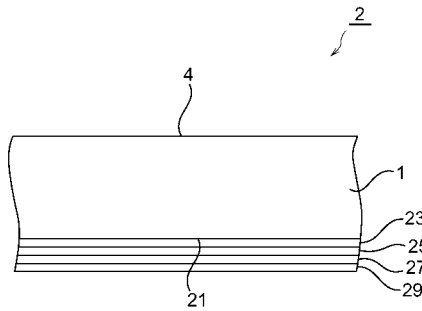
【図15】



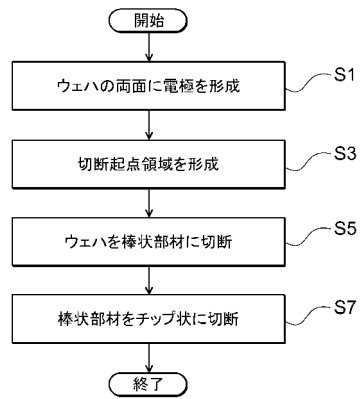
【図16】



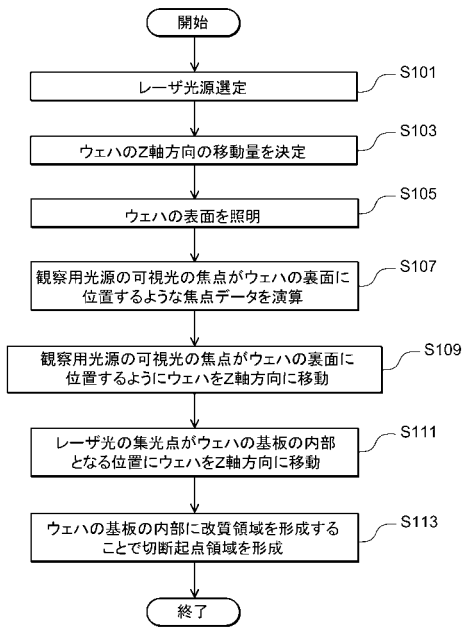
【図17】



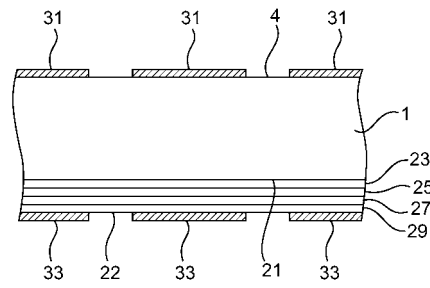
【図18】



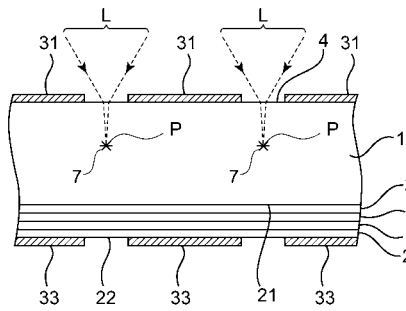
【図19】



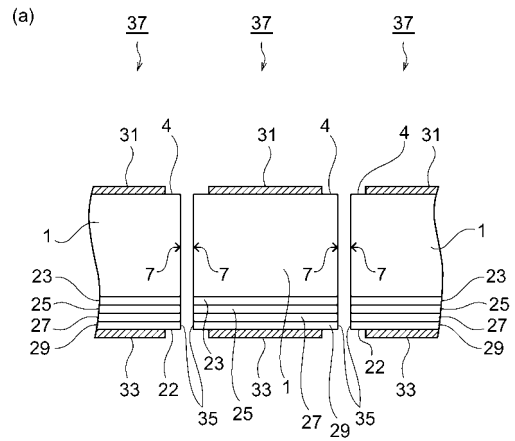
【図20】



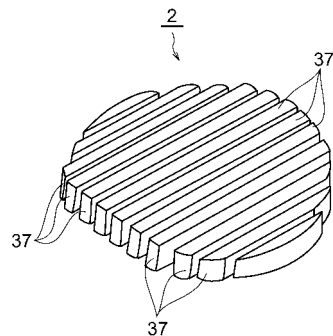
【図21】



【図22】

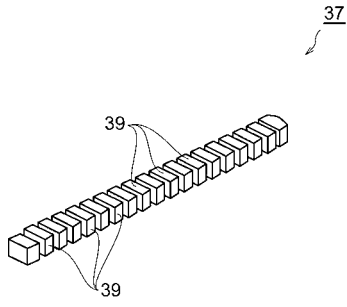


(b)



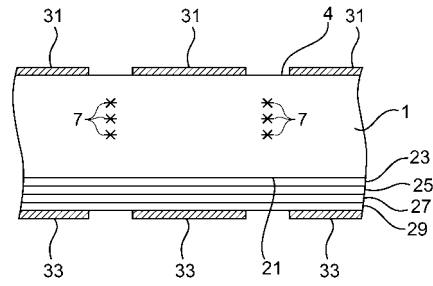
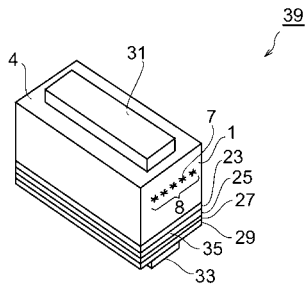
【 図 2 3 】

(a)



【 図 2 4 】

(b)



フロントページの続き

- (74)代理人 100174399
弁理士 寺澤 正太郎
- (72)発明者 福世 文嗣
静岡県浜松市市野町1 1 2 6 番地の1 浜松ホトニクス株式会社内
- (72)発明者 福満 憲志
静岡県浜松市市野町1 1 2 6 番地の1 浜松ホトニクス株式会社内
- (72)発明者 神山 信治
静岡県浜松市市野町1 1 2 6 番地の1 浜松ホトニクス株式会社内

合議体

審判長 稲積 義登
審判官 松川 直樹
審判官 吉野 公夫

- (56)参考文献 特開平1 1 - 1 6 3 4 0 3号公報
特開2 0 0 3 - 0 4 6 1 7 7号公報
特開2 0 0 2 - 2 0 5 1 8 0号公報
特開2 0 0 2 - 0 2 6 4 4 3号公報
特開2 0 0 1 - 0 8 5 7 3 6号公報

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

H01S 5/00-5/50
H01L 33/00