

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4846880号
(P4846880)

(45) 発行日 平成23年12月28日(2011.12.28)

(24) 登録日 平成23年10月21日(2011.10.21)

(51) Int. Cl.	F I		
B 2 3 K 26/38 (2006.01)	B 2 3 K 26/38	3 2 0	
B 2 3 K 26/40 (2006.01)	B 2 3 K 26/40		
B 2 3 K 26/00 (2006.01)	B 2 3 K 26/00	M	
H O 1 L 21/301 (2006.01)	B 2 3 K 26/00	G	
B 2 3 K 101/40 (2006.01)	H O 1 L 21/78	B	
請求項の数 5 (全 23 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号	特願2011-167009 (P2011-167009)	(73) 特許権者	000236436
(22) 出願日	平成23年7月29日(2011.7.29)		浜松ホトニクス株式会社
(62) 分割の表示	特願2011-24162 (P2011-24162) の分割		静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
原出願日	平成15年3月12日(2003.3.12)	(74) 代理人	100088155
(65) 公開番号	特開2011-206851 (P2011-206851A)		弁理士 長谷川 芳樹
(43) 公開日	平成23年10月20日(2011.10.20)	(74) 代理人	100113435
審査請求日	平成23年8月1日(2011.8.1)		弁理士 黒木 義樹
(31) 優先権主張番号	特願2002-67372 (P2002-67372)	(74) 代理人	100124291
(32) 優先日	平成14年3月12日(2002.3.12)		弁理士 石田 悟
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100140442
早期審査対象出願			弁理士 柴山 健一
		(72) 発明者	福世 文嗣
			静岡県浜松市東区市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ加工装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板の表面上にIII-V族化合物半導体からなる半導体層が積層され、且つ前記基板に達しない溝が切断予定ラインに沿って前記半導体層に形成されたウェハに、レーザ光を照射することにより、切断の起点となる改質領域を前記切断予定ラインに沿って前記基板の内部に形成するレーザ加工装置であって、

前記ウェハが載置される載置台と、
前記レーザ光を発生するレーザ光源と、

前記レーザ光源で発生された前記レーザ光を、前記載置台に載置された前記ウェハに集光する集光用レンズと、

前記載置台に載置された前記ウェハを撮像し、前記溝が撮像された撮像データを取得する撮像素子と、

前記撮像素子により取得された前記撮像データに基づいて、前記溝に対して所定の位置に前記改質領域が形成されるように、前記載置台及び前記レーザ光源を制御する制御部と、を備える、レーザ加工装置。

【請求項2】

前記制御部は、前記溝と交差する方向の前記改質領域の幅が、前記溝の当該方向の幅よりも狭くなるように、前記載置台及び前記レーザ光源を制御する、請求項1記載のレーザ加工装置。

【請求項3】

前記基板は、サファイアからなる、請求項 1 又は 2 記載のレーザ加工装置。

【請求項 4】

前記切断予定ラインは、前記ウェハの厚さ方向から見て格子状に延在する、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項記載のレーザ加工装置。

【請求項 5】

前記撮像素子は、前記基板の裏面側から前記ウェハを撮像し、前記溝が撮像された前記撮像データを取得し、

前記制御部は、前記撮像素子により取得された前記撮像データに基づいて、前記溝を含む拡大画像データを演算し、前記溝を含む拡大画像をモニタに表示させる、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項記載のレーザ加工装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーザ加工装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、半導体レーザ素子や発光ダイオードなどの半導体発光素子を製造する際に、例えばサファイア (Al_2O_3) 等からなる基板上に GaN 等の III - V 族化合物半導体からなる半導体動作層を結晶成長させた積層構造を有するウェハを高精度に切断する技術が求められている。

【0003】

また、従来より、この積層構造を有するウェハの切断には、ブレードダイシング法やダイヤモンドスクライブ法を使用するのが一般的である。

【0004】

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。一方、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。

【0005】

例えば、特許文献 1 及び特許文献 2 には、このようなブレードダイシング法とダイヤモンドスクライブ法とを組み合わせ形成された半導体発光素子が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特許第 2780618 号公報

【特許文献 2】特開 2001 - 156332 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、ブレードダイシング法とダイヤモンドスクライブ法とを組み合わせる方法には、次の問題点がある。すなわち、III - V 族化合物半導体は、硬度が高く結晶異方性が強いことから劈開により切断することが困難である。また、III - V 族化合物半導体を積層するための基板の材料も、サファイア等の高硬度材料が用いられることが多い。このように、III - V 族化合物からなる半導体層を含むウェハは硬度が高く劈開も困難なため、このウェハにダイヤモンドスクライブ法を用いると、ウェハを割る際にチッピング等が発生しやすくなる。また、基板が比較的厚い場合には、ウェハの両面にスクライブラインを設けなければならず、両面に設けられたスクライブライン同士の位置ずれによって切断不良が生じるおそれがある。従って、ブレードダイシング法にダイヤモンドスクライブ法を併用すると、ウェハを高精度に切断することが難しいという問題が発生する。これに対し、ブレードダイシング法のみを用いた場合には、硬度の高い III - V 族化合物半導体

10

20

30

40

50

層及び基板を切削する際に多大な時間を要するとともに、ブレードの摩耗が激しくなりブレードを頻繁に交換する必要が生じるので、製造効率が悪化するという別の問題が発生する。

【0008】

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、III-V族化合物半導体層を有するウェハを高精度かつ効率よく切断することを可能にするレーザ加工装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するために、本発明に係るレーザ加工装置は、基板の表面上にIII-V族化合物半導体からなる半導体層が積層され、且つ基板に達しない溝が切断予定ラインに沿って半導体層に形成されたウェハに、レーザ光を照射することにより、切断の起点となる改質領域を切断予定ラインに沿って基板の内部に形成するレーザ加工装置であって、ウェハが載置される載置台と、レーザ光を発生するレーザ光源と、レーザ光源で発生されたレーザ光を、載置台上に載置されたウェハに集光する集光用レンズと、載置台上に載置されたウェハを撮像し、溝が撮像された撮像データを取得する撮像素子と、撮像素子により取得された撮像データに基づいて、溝に対して所定の位置に改質領域が形成されるように、載置台及びレーザ光源を制御する制御部と、を備える。

【0010】

ここで、基板の表面に積層された半導体層としては、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動作層や、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。

【0011】

また、制御部は、溝と交差する方向の改質領域の幅が、溝の当該方向の幅よりも狭くなるように、載置台及びレーザ光源を制御してもよい。

【0012】

また、基板は、サファイアからなってもよい。

【0013】

また、切断予定ラインは、ウェハの厚さ方向から見て格子状に延在してもよい。

【0014】

また、撮像素子は、基板の裏面側からウェハを撮像し、溝が撮像された撮像データを取得し、制御部は、撮像素子により取得された撮像データに基づいて、溝を含む拡大画像データを演算し、溝を含む拡大画像をモニタに表示させてもよい。

【発明の効果】

【0015】

本発明に係るレーザ加工装置は、III-V族化合物半導体層を有するウェハを高精度かつ効率よく切断することを可能にする。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】レーザ加工中の基板1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。

【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

10

20

30

40

50

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。

【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。

10

【図 15】本実施形態に係る発光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平面図である。

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

【図 18】本実施形態に係る発光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。

【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】発光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】発光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。

20

【図 22】発光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 23】発光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 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。

【図 25】本実施形態による発光素子の製造方法の別の変形例を説明するための断面図である。

【図 26】本実施形態による発光素子の製造方法の別の変形例を説明するための断面図である。

【図 27】ウェハの基板の裏面を研磨する方法の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

30

【0017】

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。本実施形態に係る発光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。

【0018】

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

【0019】

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

50

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 0 】

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複数のチップに分割する際の各チップ間の境界線である。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 とはレーザ光 L が集光した箇所のことである。

【 0 0 2 1 】

レーザ光 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。このレーザ加工方法は、基板 1 がレーザ光 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 の表面 3 ではレーザ光 L がほとんど吸収されないので、基板 1 の表面 3 が溶融することはない。

【 0 0 2 2 】

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 の表面 3 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、かつ効率的に基板 1 の切断が可能となる。

【 0 0 2 3 】

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 4 】

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 5 】

(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。電界強度の上限値としては、例えば 1×10^{12} (W / c m ²) である。パルス幅は例

10

20

30

40

50

例えば $1 \text{ ns} \sim 200 \text{ ns}$ が好ましい。

【0026】

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。実験条件は下記の通りである。

(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 $< 1 \text{ mJ} / \text{パルス}$

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： $100 \text{ mm} / \text{秒}$

【0027】

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。

【0028】

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 $10^{11} (\text{W} / \text{cm}^2)$ 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のが分かる。

【0029】

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の表面3と裏面21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。基板の表面と裏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。

【0030】

(2) 改質領域が熔融処理領域の場合

例えば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 $1 \times 10^8 (\text{W} / \text{cm}^2)$ 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熔融処理領域が形成される。熔融処理領域とは一旦熔融後再固化した領域や、まさに熔融状態の領域や、熔融状態から再固化する状態の領域であり、相変

10

20

30

40

50

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 $1 \times 10^{12} \text{ (W / cm}^2\text{)}$ である。パルス幅は例えば $1 \text{ ns} \sim 200 \text{ ns}$ 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。

【0031】

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 $350 \mu\text{m}$ 、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

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： $20 \mu\text{J} / \text{パルス}$

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： $100 \text{ mm} / \text{秒}$

【0032】

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 $100 \mu\text{m}$ 程度である。

【0033】

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 $50 \mu\text{m}$ 、 $100 \mu\text{m}$ 、 $200 \mu\text{m}$ 、 $500 \mu\text{m}$ 、 $1000 \mu\text{m}$ の各々について上記関係を示した。

【0034】

例えば、Nd : YAG レーザの波長である 1064 nm において、シリコン基板の厚さが $500 \mu\text{m}$ 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 $350 \mu\text{m}$ なので、多光子吸収による熔融処理領域13はシリコンウェハの中心付近、つまり表面から $175 \mu\text{m}$ の部分に形成される。この場合の透過率は、厚さ $200 \mu\text{m}$ 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。

【0035】

10

20

30

40

50

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

【0036】

(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/cm^2) 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/cm^2) 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

【0037】

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など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。

【0038】

すなわち、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基板の場合は、(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、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基板の場合は、(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、サファイアなどの六方晶系の結晶構造を有する基板の場合は、(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

【0039】

なお、上述した切断起点領域を形成すべき方向(例えば、単結晶シリコン基板における(111)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

【0040】

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。

【0041】

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が照射されるウェハ2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

50

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。

【0042】

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、ウェハ2の表面4と直交する方向なので、ウェハ2に入射するレーザー光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、ウェハ2の基板の内部にレーザー光Lの集光点Pを合わせることができる。これにより、レーザー光入射面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

【0043】

レーザー光源101はパルスレーザー光を発生するNd:YAGレーザーである。レーザー光源101に用いることができるレーザーとして、この他、Nd:YVO₄レーザー、Nd:YLFレーザーやチタンサファイアレーザーがある。本実施形態では、基板1の加工にパルスレーザー光を用いているが、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ー光でもよい。

【0044】

レーザー加工装置100はさらに、載置台107に載置されたウェハ2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、ウェハ2の切断予定ライン5等を含む表面4を照明する。なお、ウェハ2の裏面が集光用レンズ105側となるようウェハ2が載置台107に載置された場合は、ここでいう「表面」が「裏面」となるのは勿論である。

20

【0045】

レーザー加工装置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等を含むウェハ2の表面4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

【0046】

レーザー加工装置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、レーザー加工装置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ウェハ2の表面4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、可視光の焦点がウェハ2の表面4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表面4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

【0047】

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ー光源制御部102、観察

50

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。

【0048】

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、本実施形態に係る発光素子の製造方法について説明する。図 15 は、本実施形態に係る発光素子の製造方法において用いられるウェハ 2 を示す斜視図である。また、図 16 は、図 15 に示されたウェハ 2 の平面図である。また、図 17 は、図 16 に示されたウェハ 2 の VI - VI 断面及び VI I - VII 断面を示す拡大図である。本実施形態では、発光素子として発光ダイオードを製造する方法について説明する。

【0049】

図 15 ~ 図 17 を参照すると、ウェハ 2 は、略円盤状を呈しており、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。本実施形態において、ウェハ 2 は、サファイアからなる基板 1 と、基板 1 の表面 3 上に積層された第 1 導電型半導体層である n 型半導体層 17 a と、n 型半導体層 17 a 上に積層された第 2 導電型半導体層である p 型半導体層 17 b とを備えている。n 型半導体層 17 a 及び p 型半導体層 17 b は、例えば GaN などの III - V 族化合物半導体からなり、互いに pn 接合されている。基板 1 が厚いと n 型半導体層 17 a 及び p 型半導体層 17 b における発熱を逃がすことが困難となるので、基板 1 の厚さは 50 μ m ~ 200 μ m、好ましくは 50 μ m ~ 150 μ m である。また、n 型半導体層 17 a 及び p 型半導体層 17 b の厚さは、それぞれ例えば 6 μ m、1 μ m である。

【0050】

また、図 16 を参照すると、ウェハ 2 には切断予定ライン 5 が設定されている。切断予定ライン 5 は、ウェハ 2 をチップ状に切断するために想定される。本実施形態では、切断予定ライン 5 は OF 19 の長手方向に平行な方向と、OF 19 に垂直な方向とにそれぞれ複数設定されている。また、前述したように、OF 19 は、サファイアからなる基板 1 の劈開面に沿った方向、或いは劈開面に沿った方向と直交する方向に形成されている。すなわち、切断予定ライン 5 の少なくとも一方向は、サファイアからなる基板 1 の (1120) 面 (A 面) 或いは (1100) 面 (M 面) に沿った方向に設定されている。なお、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。

【0051】

図 18 及び図 19 は、本実施形態に係る発光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。また、図 20 ~ 図 23 は、発光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。

【0052】

図 18 を参照すると、まず、ウェハ 2 の裏面（すなわち、基板 1 の裏面 21）にエキスパンドテープ 23 を貼る（S1、図 20）。エキスパンドテープ 23 は、例えば加熱により伸びる材料からなり、後の工程において、ウェハ 2 をチップ状に分離させるために用いられる。

【0053】

続いて、図 16 に示された切断予定ライン 5 に沿ってウェハ 2 の p 型半導体層 17 b 側の面をエッチングすることにより、溝 25 を形成する（S3、図 21）。このとき、溝 25 の深さが、p 型半導体層 17 b から n 型半導体層 17 a の途中までの深さとなるように溝 25 を形成する。また、溝 25 の幅を、p 型半導体層 17 b が所望の形状寸法となるように形成するとともに、ウェハ 2 をチップ状に分離した後の溝 25 の底面上に n 型半導体層 17 a と電氣的に接続される電極を設けるスペースを確保できるように形成する。また、このとき、溝 25 の底面を、平坦かつ滑面に形成することが好ましい。なぜなら、後の工程において溝 25 の底面をレーザ光入射面として基板 1 内部へレーザ光を照射するが、溝 25 の底面が粗いと、レーザ光が底面において散乱してしまい基板 1 の内部に入射するレーザ光が適切な強度にならないためである。

【0054】

なお、エッチング方法にはウェットエッチング及びドライエッチングがあるが、溝 2 5 を形成する際にはそのいずれを用いてもよい。ウェットエッチングとしては例えばリン酸及び硫酸の混酸によるエッチングがある。また、ドライエッチングとしては例えば反応性イオンエッチング (R I E)、反応性イオンビームエッチング (R I B)、イオンミリング等がある。また、溝 2 5 を形成する際には、エッチング以外にも例えばブレードダイシング等により形成してもよい。

【 0 0 5 5 】

続いて、ウェハ 2 の基板 1 の内部に、溝 2 5 に沿って切断起点領域を形成する (S 5、図 2 2)。すなわち、溝 2 5 の底面をレーザ光入射面として n 型半導体層 1 7 a を介して基板 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。

10

【 0 0 5 6 】

ここで、図 1 9 は、図 1 4 に示されたレーザ加工装置 1 0 0 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 1 0 0 の載置台 1 0 7 に、ウェハ 2 の p 型半導体層 1 7 b 側の面が集光用レンズ 1 0 5 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 p 型半導体層 1 7 b 側から入射される。

【 0 0 5 7 】

図 1 4 及び図 1 9 を参照すると、まず、基板 1 及び n 型半導体層 1 7 a 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 及び n 型半導体層 1 7 a 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 1 0 1 を選定する (S 1 0 1)。なお、このレーザ光 L はウェハ 2 の p 型半導体層 1 7 b 側から照射されることとなるため、ウェハ 2 の裏面 2 1 に例えば遮光性の電極等が設けられている場合であっても、レーザ加工の妨げとなるようなことはない。

20

【 0 0 5 8 】

続いて、基板 1 及び n 型半導体層 1 7 a 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 (S 1 0 3)。これは、溝 2 5 の底面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、溝 2 5 の底面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 1 2 7 に入力される。

30

【 0 0 5 9 】

ウェハ 2 をレーザ加工装置 1 0 0 の載置台 1 0 7 にウェハ 2 の表面 4 が集光用レンズ 1 0 5 側と対向するよう載置する。そして、観察用光源 1 1 7 から可視光を発生させてウェハ 2 の表面 4 を照明する (S 1 0 5)。照明されたウェハ 2 における溝 2 5 の底面を撮像素子 1 2 1 により撮像する。撮像素子 1 2 1 により撮像された撮像データは撮像データ処理部 1 2 5 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 1 2 5 は、観察用光源 1 1 7 の可視光の焦点がウェハ 2 の溝 2 5 の底面に位置するような焦点データを演算する (S 1 0 7)。

【 0 0 6 0 】

この焦点データはステージ制御部 1 1 5 に送られる。ステージ制御部 1 1 5 は、この焦点データを基にして Z 軸ステージ 1 1 3 を Z 軸方向の移動させる (S 1 0 9)。これにより、観察用光源 1 1 7 の可視光の焦点がウェハ 2 の溝 2 5 の底面に位置する。なお、撮像データ処理部 1 2 5 は撮像データに基づいて、溝 2 5 を含むウェハ 2 の表面 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 1 2 7 を介してモニタ 1 2 9 に送られ、これによりモニタ 1 2 9 に溝 2 5 付近の拡大画像が表示される。

40

【 0 0 6 1 】

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 の内部であって溝 2 5 の底面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

50

動させる（S111）。

【0062】

続いて、レーザ光源101からレーザ光Lを発生させて、レーザ光Lをウェハ2の溝25の底面に照射する。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。また、このとき、レーザ光Lを溝25の幅よりも狭い範囲に入射して、溝25の長手方向と交差する方向の改質領域7の幅を、溝25の当該方向の幅よりも狭く形成することが好ましい。なお、レーザ光Lをこのように入射するためには、溝25の底面におけるレーザ光Lの屈折率、溝25の幅、及び基板1内部の集光点Pの位置を互いに調整する必要がある。

【0063】

続いて、溝25に沿うようにX軸ステージ109やY軸ステージ111を移動させて、溝25に沿うように改質領域7を複数形成するか、あるいは溝25の長手方向に連続して形成し、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（S113）。

【0064】

ここで、再び図18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を複数のチップに切断する（S7、図23）。すなわち、エキスパンドテープ23をウェハ2の裏面21と平行な方向に伸ばすことにより、基板1の内部に形成された切断起点領域を起点として基板1が切断される。このとき、一般的にn型半導体層17aは基板1よりも十分に薄いので、基板1が切断されると同時に、溝25の底面と基板1との間にあるn型半導体層17aが切断される。このようにしてウェハ2が切断され、複数のチップ状に分割される。こうして、n型半導体層17a及びp型半導体層17bとの間にpn接合を有する発光ダイオード31が形成される。なお、発光ダイオード31に残っている溝25の底面には、必要に応じてn型半導体層17aに電氣的に接続される電極を設けることができる。

【0065】

以上説明したように、本実施形態に係る発光素子の製造方法及び発光ダイオードでは、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でもって、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割って切断することができる。そして、基板1が切断予定ライン5に沿って切断されることにより、基板1上に積層されたIII-V族化合物からなるn型半導体層17aも切断予定ラインに沿って切断される。したがって、この製造方法によれば、n型半導体層17aなどのIII-V族化合物半導体層を有するウェハ2を高精度かつ効率よく切断することができる。

【0066】

また、ウェハを切断する際にブレードダイシング法のみを用いる場合、切断中のウェハを洗浄するための大がかりな洗浄工程が必要となり、大型の設備が必要となる。これに対し、本実施形態に係る発光素子の製造方法によれば、ウェハ2の厚さの殆どを切断起点領域により切断するので、そのような洗浄工程は必要なく、発光素子を製造するための設備をより簡易にできる。

【0067】

また、本実施形態に係る発光素子の製造方法においては、基板1にレーザ光Lを照射する前に、切断予定ライン5に沿ってn型半導体層17a及びp型半導体層17bに溝25を形成することが好ましい。この製造方法によれば、ウェハ2を切断して形成される発光ダイオード31のn型半導体層17aに電極を設ける場合に、この電極を設けるためのスペースを容易に形成することができる。なお、溝25を形成しない場合には、基板1が切断起点領域に沿って切断される際に、n型半導体層17aに加えてp型半導体層17bも同時に切断される。

【0068】

また、本実施形態に係る発光素子の製造方法においては、基板1にレーザ光Lを照射する際に、溝25の底面をレーザ光入射面としている。この製造方法によれば、基板1にレ

10

20

30

40

50

ーザ光 L を照射する際に、ウェハ 2 上に想定された切断予定ライン 5 を容易に認識することができる。また、レーザ光 L を溝 2 5 の位置にあわせて精度良く照射することができる。

【 0 0 6 9 】

また、本実施形態に係る発光素子の製造方法においては、ウェハ 2 に溝 2 5 を形成する際に、溝 2 5 の底面を平坦かつ滑面に形成することが好ましい。これによって、溝 2 5 の底面をレーザ光入射面とする場合に、溝 2 5 の底面におけるレーザ光 L の散乱を防ぐことができる。

【 0 0 7 0 】

また、本実施形態に係る発光素子の製造方法においては、改質領域 7 を形成する際に、溝 2 5 の長手方向と交差する方向の改質領域 7 の幅を、溝 2 5 の当該方向の幅よりも狭く形成している。この製造方法によれば、レーザ光 L を溝 2 5 の幅よりも狭い範囲に入射することで改質領域 7 を形成できるので、溝 2 5 の周囲の p 型半導体層 1 7 b がレーザ光 L により損傷することを防止できる。

【 0 0 7 1 】

なお、基板 1 の裏面 2 1 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。このようにすれば、溝 2 5 の底面が粗いなどの理由によりレーザ光 L の入射に適さ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。また、前述したように、レーザ光入射面は平坦かつ滑面であることが好ましいが、比較的狭い溝 2 5 の底面よりも、基板 1 の裏面 2 1 のほうが平坦かつ滑面に形成しやすい場合がある。このような場合に、基板 1 の裏面 2 1 を例えば研磨するなどしてからレーザ光 L を入射すれば、切断起点領域を容易に形成することができる。なお、このように基板 1 の裏面 2 1 からレーザ光 L を入射する場合は、エキスパンドテープ 2 3 をウェハ 2 の表面 4 に貼るとよい。

【 0 0 7 2 】

図 2 4 は、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。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 1 9 に示されたフローチャートのステップ S 1 1 1 (ウェハを Z 軸方向に移動) とステップ S 1 1 3 (改質領域の形成) とを交互に複数回行うとよい。また、ウェハを Z 軸方向に移動するのと改質領域の形成とを同時に

【 0 0 7 3 】

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。

【 0 0 7 4 】

図 2 5 及び図 2 6 は、本実施形態による発光素子の製造方法の別の変形例を説明するための断面図である。本変形例では、発光素子として半導体レーザを製造する方法を説明する。

【 0 0 7 5 】

図 2 5 を参照すると、本変形例に用いられるウェハ 2 a は、サファイアからなる基板 1 と、基板 1 の表面 3 上に積層された第 1 導電型半導体層である n 型半導体層 3 3 a と、n 型半導体層 3 3 a 上に積層された活性層 3 3 b と、活性層 3 3 b 上に積層された第 2 導電型半導体層である p 型半導体層 3 3 c とを備えている。本変形例において、n 型半導体層 3 3 a、活性層 3 3 b、及び p 型半導体層 3 3 c は、例えば GaN などの III - V 族化合物半導体からなり、量子井戸構造を構成している。なお、本変形例におけるウェハ 2 a は、図 1 5 及び図 1 6 に示された上記実施形態のウェハ 2 と同様の外形を有している。

【 0 0 7 6 】

本変形例による発光素子の製造方法では、まず、ウェハ 2 a の裏面 2 1 にエキスパンド

10

20

30

40

50

テープ 23 を貼る。そして、ウェハ 2 a の p 型半導体層 33 c 側の面に溝 25 を形成する。このとき、溝 25 を、切断予定ライン 5 (図 16 参照) に沿って、活性層 33 b を分割して基板 1 に達しない深さ、すなわち p 型半導体層 33 c から n 型半導体層 33 a の途中までの深さになるように形成する。また、このとき、溝 25 の側壁によって、活性層 33 b に共振面 35 が形成される。共振面 35 は、活性層 33 b を挟んで 2 面形成され、この 2 面は互いに対向する。

【 0077 】

続いて、溝 25 の底面をレーザ光入射面として基板 1 の内部の集光点 P にレーザ光 L を照射することにより、改質領域 7 を形成する。そして、この改質領域 7 を形成しながら溝 25 の長手方向に沿って集光点 P を移動することにより、基板 1 の内部に切断起点領域を形成する。そして、図 26 に示されるように、エキスパンドテープ 23 を伸ばすことにより、ウェハ 2 a を切断起点領域に沿ってチップ状に切断し、半導体レーザ素子 37 を得る。

10

【 0078 】

本変形例により得られる半導体レーザ素子 37 においては、ウェハ 2 a 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 でもって形成された、切断予定ライン 5 に沿った切断起点領域により基板 1 が切断起点領域に沿って比較的小さな力で割って切断される。そして、基板 1 が切断予定ライン 5 に沿って切断されることにより、基板 1 上に積層された n 型半導体層 33 a も切断予定ライン 5 に沿って切断される。したがって、III - V 族化合物からなる n 型半導体層 33 a を有するウェハ 2 が高精度かつ効率よく切断されて形成された半導体レーザ素子 37 を提供することができる。

20

【 0079 】

また、本変形例により得られる半導体レーザ素子 37 においては、活性層 33 b を分割するとともに基板 1 に達しない深さの溝 25 がウェハ 2 a に形成されることによって、n 型半導体層 33 a と電氣的に接続されるカソード電極のためのスペースが形成されるとともに、レーザ発振のための共振面 35 が活性層 33 b に形成される。なお、溝 25 を形成しない場合には、基板 1 が切断起点領域に沿って切断される際に、n 型半導体層 33 a に加えて活性層 33 b 及び p 型半導体層 33 c も同時に切断される。

【 0080 】

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。

30

【 0081 】

上記実施形態及び変形例では、基板の材料としてサファイアを用いているが、これ以外にも、例えば SiC、Si、ZnO、AlN、及び GaAs などを用いることができる。また、p 型半導体層、活性層、及び n 型半導体層の材料として GaN を用いているが、これ以外にも、例えば GaAlAs、GaAlAsP、GaAlInP などの III - V 族化合物を用いることができる。

【 0082 】

また、III - V 族化合物のなかでも例えば $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ ($x \geq 0$ 、 $y \geq 0$ 、 $x + y \leq 1$) で表されるような窒化物系 III - V 族化合物 (GaN も含まれる) からなる半導体層は、一般的にサファイア基板上に積層されることが多い。サファイアは、他の材料にくらべて硬度が大きく、エッチングやブレードダイシングに要する時間が長くなる。しかも、サファイア及び窒化物系 III - V 族化合物は、GaAs などに比べて劈開性が小さく、特許文献 1 などに開示されたダイヤモンドスクライブ法を用いると切断面が不規則になりやすい。従って、サファイア基板上に窒化物系 III - V 族化合物半導体が積層されたようなウェハにおいて、サファイア基板と半導体層とを同時に切断するような場合には、本発明による発光素子の製造方法を適用することにより、格段に切断精度がよくなるとともに製造効率を高めることができる。

40

【 0083 】

また、上記実施形態及び実施例における改質領域 7 形成以前に、基板が薄くなるよう裏

50

面を研磨してもよい。図 27 (a) ~ (c) は、上記した実施形態におけるウェハ 2 の基板 1 の裏面 2 1 を研磨する方法の一例を示す図である。まず、図 27 (a) に示されるように、ウェハ 2 の p 型半導体層 1 7 b 側の面にテープ 2 4 を貼る。そして、図 27 (b) に示されるように、基板 1 の裏面 2 1 を研磨して、基板 1 の厚さを小さくする。このとき、ウェハ 2 は裏面 2 1 側が上向いており、図 27 (b) は実際とは上下逆の図になっている。続いて、図 27 (c) に示されるように、テープ 2 4 を除去し、基板 1 の裏面 2 1 にエキスパンドテープ 2 3 を貼る。

【 0 0 8 4 】

基板が比較的薄い場合には、基板を切断する際の精度が一層向上する。さらに、基板の裏面からレーザー光を入射する場合、基板を薄くすることで溝の位置が裏面から確認できる。また、改質領域から基板の厚さ方向にクラックを成長させることにより、外部からの力を必要とせずウェハをチップに分離することも容易となる。

10

【 0 0 8 5 】

また、上記実施形態及び実施例では、半導体層として p 型半導体層、活性層、及び n 型半導体層が基板に積層されている。半導体層としてはこれ以外にも、電極との電気的接続のためのコンタクト層などがさらに積層されていてもよい。また、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。

【 0 0 8 6 】

また、上記実施形態では、切断起点領域が形成されたウェハを切断するために、エキスパンドテープを用いている。切断起点領域が形成されたウェハを切断するには、これ以外にも例えばナイフエッジを溝の底面またはウェハの裏面に押し当てて切断する方法や、ブレード装置、またはローラー装置を用いて切断する方法などがある。

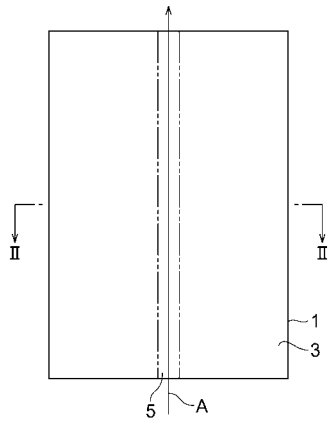
20

【 符号の説明 】

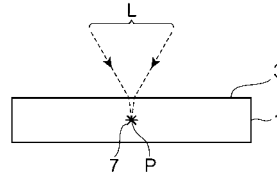
【 0 0 8 7 】

1 ... 基板、 2 , 2 a ... ウェハ、 3 ... 表面、 5 ... 切断予定ライン、 7 ... 改質領域、 2 1 ... 裏面、 2 5 ... 溝、 1 0 0 ... レーザ加工装置、 1 0 1 ... レーザ光源、 1 0 5 ... 集光用レンズ、 1 0 7 ... 載置台、 1 2 1 ... 撮像素子、 1 2 7 ... 全体制御部、 1 2 9 ... モニタ、 L ... レーザ光、 P ... 集光点。

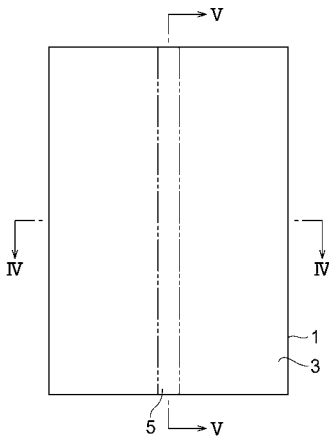
【 図 1 】



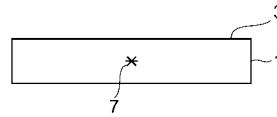
【 図 2 】



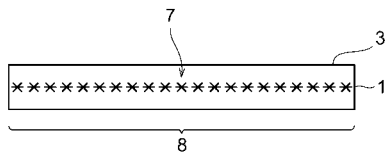
【 図 3 】



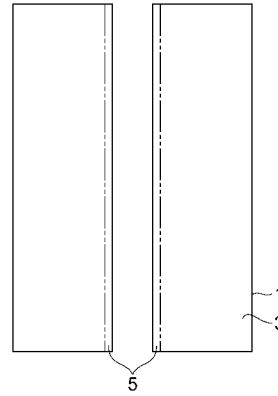
【 図 4 】



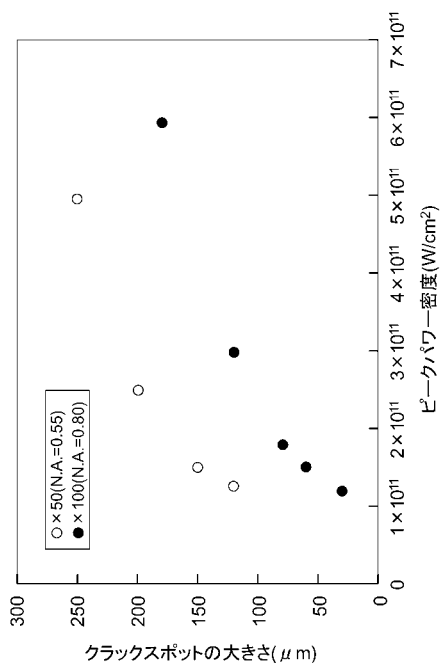
【図5】



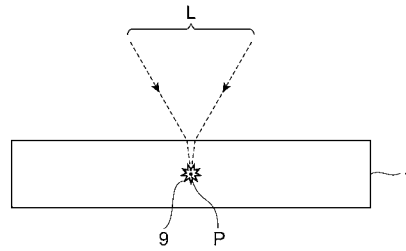
【図6】



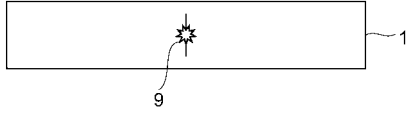
【図7】



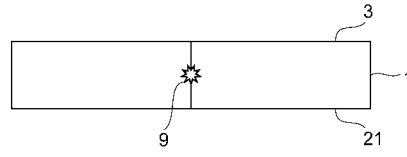
【図8】



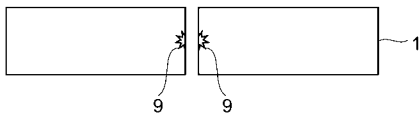
【図 9】



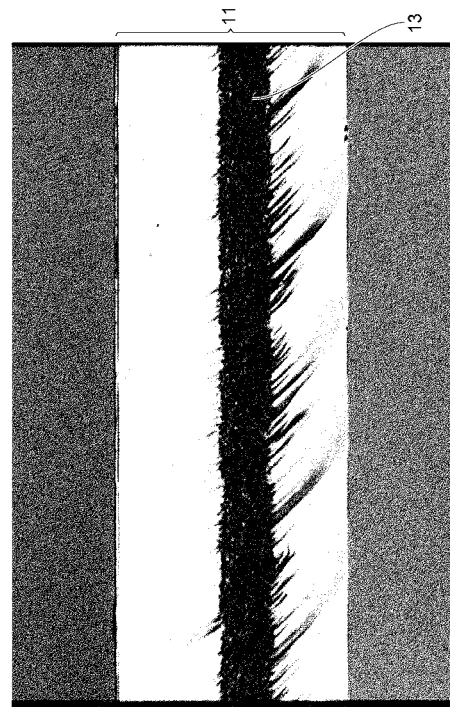
【図 10】



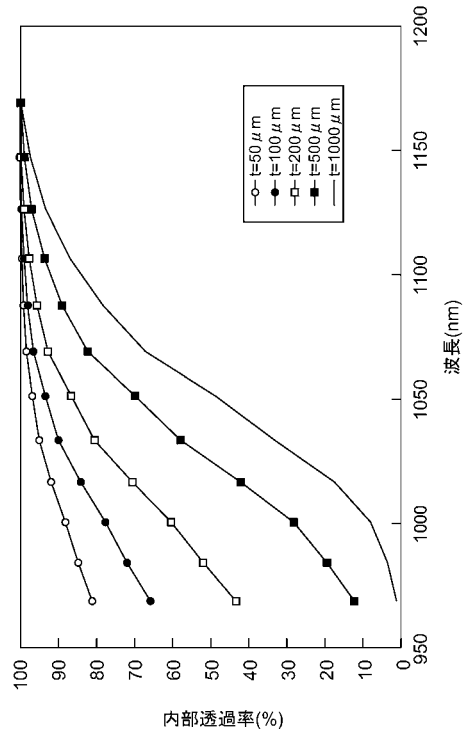
【図 11】



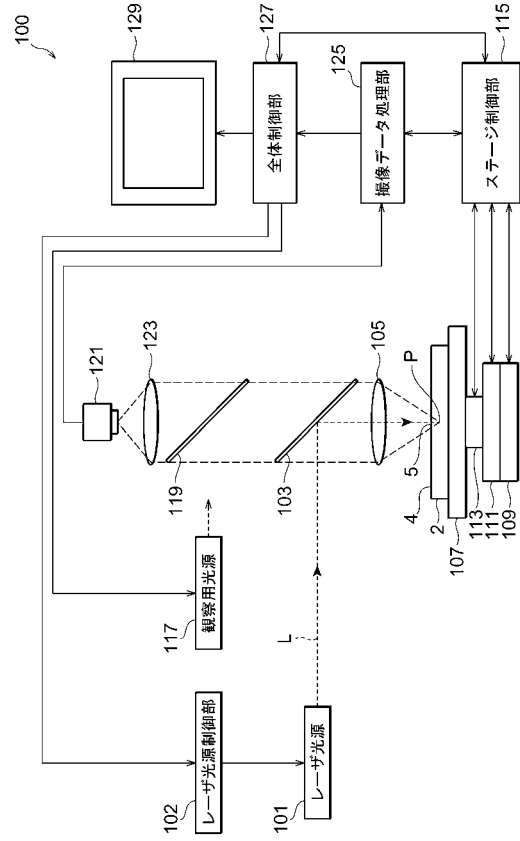
【図 12】



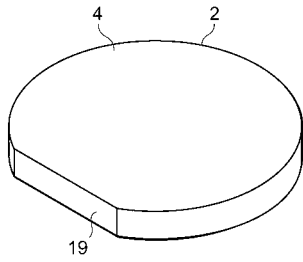
【図13】



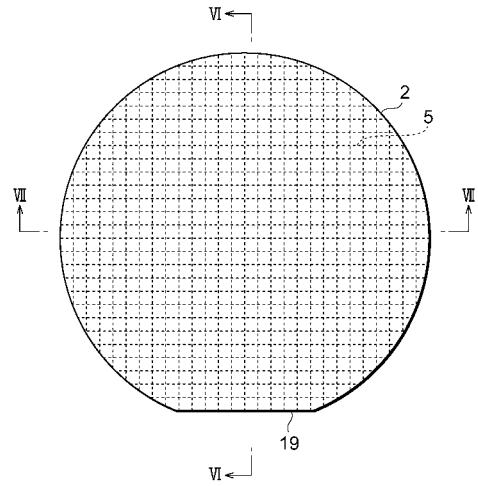
【図14】



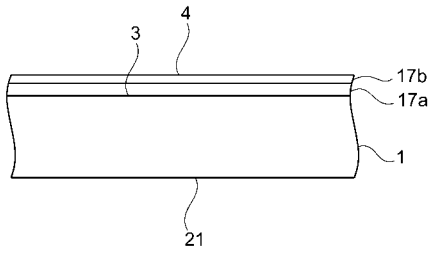
【図15】



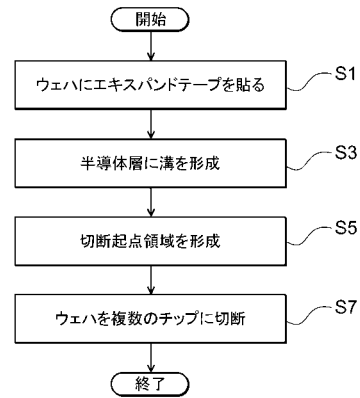
【図16】



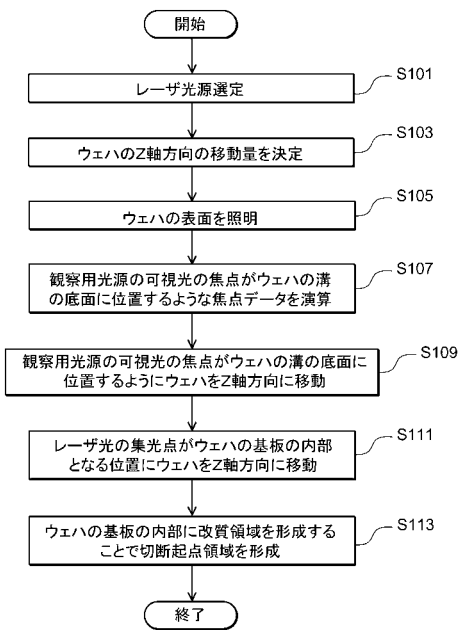
【図17】



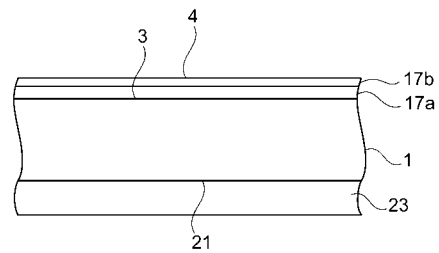
【図18】



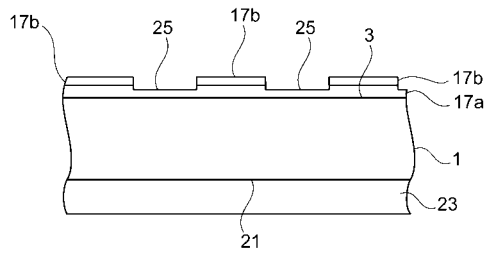
【図19】



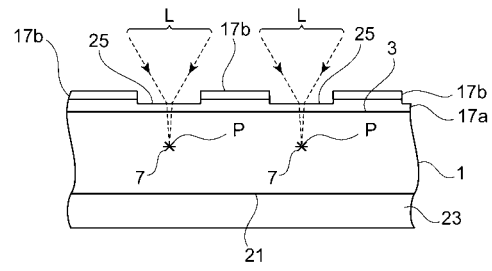
【図20】



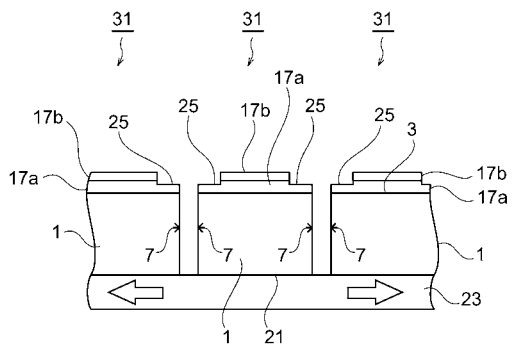
【図 2 1】



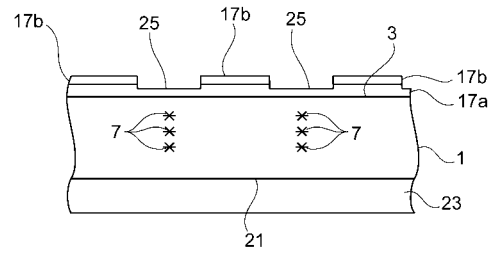
【図 2 2】



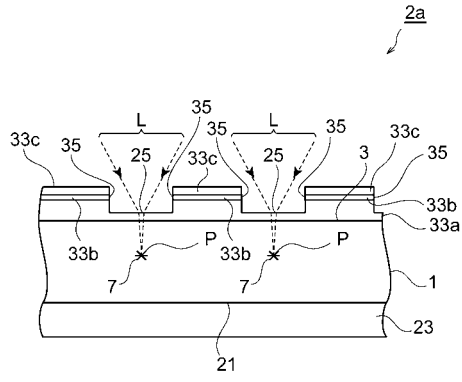
【図 2 3】



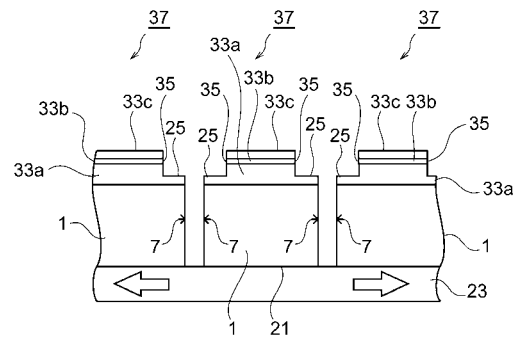
【図 2 4】



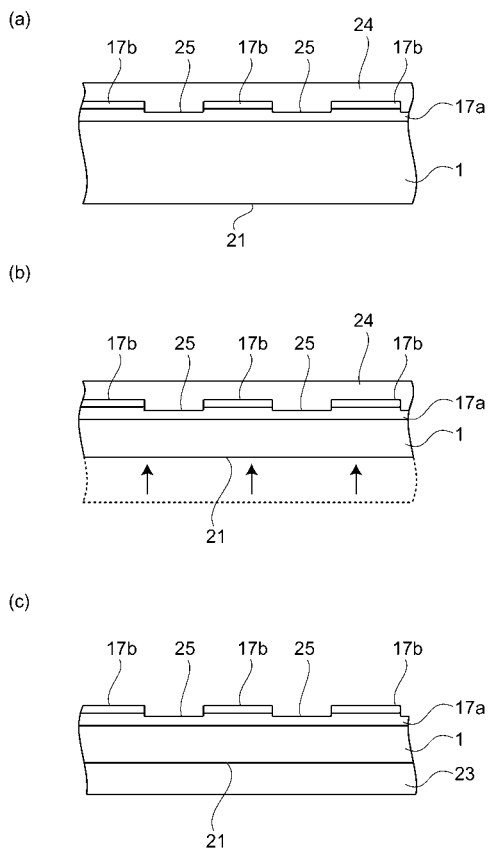
【 図 2 5 】



【 図 2 6 】



【 図 2 7 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 L 21/78 C
B 2 3 K 101:40

(72)発明者 福満 憲志
静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

(72)発明者 内山 直己
静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

審査官 馬場 進吾

(56)参考文献 特開平 1 1 - 1 6 3 4 0 3 (J P , A)
特開平 0 4 - 1 1 1 8 0 0 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 3 2 3 4 4 1 (J P , A)
特開平 0 4 - 1 6 7 9 8 5 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)
B 2 3 K 2 6 / 3 8
B 2 3 K 2 6 / 0 0
B 2 3 K 2 6 / 4 0
H 0 1 L 2 1 / 3 0 1
B 2 3 K 1 0 1 / 4 0