

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5917862号
(P5917862)

(45) 発行日 平成28年5月18日 (2016. 5. 18)

(24) 登録日 平成28年4月15日 (2016. 4. 15)

(51) Int. Cl.			F I		
B 2 8 D	5/00	(2006. 01)	B 2 8 D	5/00	Z
B 2 3 K	26/38	(2014. 01)	B 2 3 K	26/38	3 2 0
B 2 3 K	26/40	(2014. 01)	B 2 3 K	26/40	
B 2 3 K	26/00	(2014. 01)	B 2 3 K	26/00	M

請求項の数 5 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2011-187658 (P2011-187658)	(73) 特許権者	000236436
(22) 出願日	平成23年8月30日 (2011. 8. 30)		浜松ホトニクス株式会社
(65) 公開番号	特開2013-49161 (P2013-49161A)		静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
(43) 公開日	平成25年3月14日 (2013. 3. 14)	(74) 代理人	100088155
審査請求日	平成26年8月22日 (2014. 8. 22)		弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100113435
			弁理士 黒木 義樹
		(74) 代理人	100124291
			弁理士 石田 悟
		(72) 発明者	河口 大祐
			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
		(72) 発明者	奥間 惇治
			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】 加工対象物切断方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

六方晶系 SiC 結晶からなる加工対象物にパルスレーザー光を照射して前記加工対象物の内部に改質領域を形成し、前記加工対象物を切断する加工対象物切断方法であって、

前記パルスレーザー光の一の照射点と該一の照射点に最も近い他の照射点とが所定のピッチとなるように、前記加工対象物の第1の切断予定面に沿って前記加工対象物に前記パルスレーザー光を照射することにより、前記第1の切断予定面に沿って前記改質領域を形成し、前記改質領域から六方晶系 SiC 結晶の c 面に沿って延びる割れを生じさせる工程と、

前記第1の切断予定面に沿って前記改質領域を形成した後に、六方晶系 SiC 結晶の c 面に沿って延びる割れが生じた状態の前記加工対象物を前記第1の切断予定面に沿って切断する工程と、を備え、

前記第1の切断予定面は、六方晶系 SiC 結晶の c 面とオフ角分の角度を成しており、前記所定のピッチは、前記改質領域の形成時に前記改質領域から生じた割れが六方晶系 SiC 結晶の c 面に沿って延びるようなピッチである、ことを特徴とする加工対象物切断方法。

【請求項2】

前記第1の切断予定面に沿って前記加工対象物を切断した後に、前記パルスレーザー光の一の照射点と該一の照射点に最も近い他の照射点とが前記所定のピッチとなるように、前記加工対象物の第2の切断予定面に沿って前記加工対象物に前記パルスレーザー光を照射することにより、前記第2の切断予定面に沿って前記改質領域を形成する工程と、

10

20

前記第2の切断予定面に沿って前記改質領域を形成した後に、前記第2の切断予定面に沿って前記加工対象物を切断する工程と、をさらに備え、

前記第2の切断予定面は、六方晶系SiC結晶のc面とオフ角分の角度を成している、ことを特徴とする請求項1に記載の加工対象物切断方法。

【請求項3】

前記第1の切断予定面に沿って前記改質領域を形成した後であって、前記第1の切断予定面に沿って前記加工対象物を切断する前において、前記パルスレーザー光の一の照射点と該一の照射点に最も近い他の照射点とが前記所定のピッチとなるように、前記第1の切断予定面よりも前記加工対象物における前記パルスレーザー光の入射面側に位置する第2の切断予定面に沿って前記加工対象物に前記パルスレーザー光を照射することにより、前記第2の切断予定面に沿って前記改質領域を形成する工程と、

10

前記第2の切断予定面に沿って前記改質領域を形成した後に、前記第2の切断予定面に沿って前記加工対象物を切断する工程と、をさらに備え、

前記第2の切断予定面は、六方晶系SiC結晶のc面とオフ角分の角度を成している、ことを特徴とする請求項1に記載の加工対象物切断方法。

【請求項4】

前記所定のピッチは、 $1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 未満である、ことを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の加工対象物切断方法。

【請求項5】

前記パルスレーザー光のパルス幅は、 20ns 未満、又は 100ns よりも大きい、ことを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の加工対象物切断方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

六方晶系SiC結晶からなる加工対象物を切断する加工対象物切断方法に関する。

【背景技術】

【0002】

インゴットを切断するための従来の技術として、例えば特許文献1に記載のシリコンインゴット切断装置が知られている。このシリコンインゴット切断装置は、所定の間隔で互いに平行に配置されると共に往復運動する複数本のワイヤを備えている。このシリコンインゴット切断装置によってシリコンインゴットを切断する場合には、シリコンインゴットの側面に砥液を供給しつつ、往復運動するワイヤをその側面に押し付けることにより、シリコンインゴットを所定の厚さに切断する。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2002-184724号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

40

ところで、現在、次世代デバイスの材料としてSiC(シリコンカーバイド)が注目されている。このため、SiCからなるインゴット等の加工対象物を切断するための技術に対する要求が高まっている。しかしながら、SiCは、非常に高い硬度を有するため、SiCからなる加工対象物の切断に上述したようなワイヤを用いると、低速度での加工が余儀なくされ、スループットが低下してしまう。また、同様の理由から、SiCからなる加工対象物の切断にワイヤを用いると、加工対象物の切断予定面に沿って正確に切断できない場合がある。そのような場合には、切断面を平坦化するための相当量の研磨が必要となり、材料のロスが大きくなる。

【0005】

本発明は、そのような事情に鑑みてなされたものであり、六方晶系SiC結晶からなる

50

加工対象物を切断する際のスループットを向上可能であると共に材料のロスを低減可能な加工対象物切断方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本発明に係る加工対象物切断方法は、六方晶系SiC結晶からなる加工対象物にパルスレーザー光を照射して加工対象物の内部に改質領域を形成し、加工対象物を切断する加工対象物切断方法であって、パルスレーザー光の一の照射点と該一の照射点に最も近い他の照射点とが所定のピッチとなるように、加工対象物の第1の切断予定面に沿って加工対象物にパルスレーザー光を照射することにより、第1の切断予定面に沿って改質領域を形成する工程と、第1の切断予定面に沿って改質領域を形成した後に、第1の切断予定面に沿って加工対象物を切断する工程と、を備え、第1の切断予定面は、六方晶系SiC結晶のc面とオフ角分の角度を成しており、所定のピッチは、改質領域から生じた割れが六方晶系SiC結晶のc面に沿って延びるようなピッチである、ことを特徴とする。なお、オフ角は、0°の場合も含むものとする。その場合には、第1の切断予定面（或いは後述する第2の切断予定面）は、六方晶系SiC結晶のc面に平行となる。

10

【0007】

この加工対象物切断方法においては、六方晶系SiC結晶からなる加工対象物の第1の切断予定面に沿ってパルスレーザー光を照射することにより、第1の切断予定面に沿って加工対象物の内部に改質領域を形成する。その際に、パルスレーザー光の一の照射点と該一の照射点に最も近い他の照射点とのピッチを、改質領域から生じた割れが六方晶系SiC結晶のc面に沿って延びるようなピッチとする。このため、第1の切断予定面に沿って加工対象物を切断する際には、改質領域からc面に沿って延びる割れ（c面割れ）が、加工対象物の内部に生じている。そのc面割れが、加工対象物の第1の切断予定面に沿っての切断を容易化するため、短時間で加工対象物の切断を行うことができ、スループットを向上させることができる。さらには、この加工対象物切断方法によれば、上述したように、改質領域からc面割れが生じているので、第1の切断予定面に沿って正確に加工対象物を切断することができる。そのため、加工対象物から切り出された切断片の切断面や、加工対象物の切断面を平坦化するための研磨の量が少なくすむので、材料のロスを低減することができる。

20

【0008】

本発明に係る加工対象物切断方法は、第1の切断予定面に沿って加工対象物を切断した後に、パルスレーザー光の一の照射点と該一の照射点に最も近い他の照射点とが所定のピッチとなるように、加工対象物の第2の切断予定面に沿って加工対象物にパルスレーザー光を照射することにより、第2の切断予定面に沿って改質領域を形成する工程と、第2の切断予定面に沿って改質領域を形成した後に、第2の切断予定面に沿って加工対象物を切断する工程と、をさらに備え、第2の切断予定面は、六方晶系SiC結晶のc面とオフ角分の角度を成しているものとする。この方法においては、第1の切断予定面に沿って改質領域を形成して加工対象物を切断した後に、第2の切断予定面に沿って改質領域を形成する。このため、例えばパルスレーザー光の入射面からの距離が異なる複数の切断予定面に改質領域を形成する場合に比べて、パルスレーザー光の入射面に比較的近い位置において各改質領域の形成を行うことができる。その結果、比較的低い加工エネルギーで改質領域を形成してc面割れを生じさせることが可能となる。

30

40

【0009】

本発明に係る加工対象物切断方法は、第1の切断予定面に沿って改質領域を形成した後であって、第1の切断予定面に沿って加工対象物を切断する前において、パルスレーザー光の一の照射点と該一の照射点に最も近い他の照射点とが所定のピッチとなるように、第1の切断予定面よりも加工対象物におけるパルスレーザー光の入射面側に位置する第2の切断予定面に沿って加工対象物にパルスレーザー光を照射することにより、第2の切断予定面に沿って改質領域を形成する工程と、第2の切断予定面に沿って改質領域を形成した後に、第2の切断予定面に沿って加工対象物を切断する工程と、をさらに備え、第2の切断予定

50

面は、六方晶系 SiC 結晶の c 面とオフ角分の角度を成しているものとする事ができる。この方法においては、まず、第 1 及び第 2 の切断予定面のそれぞれに沿って順にパルスレーザー光を照射して改質領域を形成して c 面割れを生じさせた後に、第 1 及び第 2 の切断予定面のそれぞれに沿って加工対象物を切断する。このため、加工対象物の複数回の切断を効率よく行うことができる。

【0010】

本発明に係る加工対象物切断方法においては、所定のピッチは、 $1\ \mu\text{m}$ 以上 $10\ \mu\text{m}$ 未満とすることができる。この場合には、改質領域からの c 面割れを確実に生じさせることができる。

【0011】

本発明に係る加工対象物切断方法においては、パルスレーザー光のパルス幅は、 $20\ \text{ns}$ 未満、又は $100\ \text{ns}$ よりも大きいものとする事ができる。この場合には、改質領域からの c 面割れを一層確実に生じさせることができる。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、六方晶系 SiC 結晶からなる加工対象物を切断する際のスループットを向上可能であると共に材料のロス低減可能な加工対象物切断方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図 1】改質領域の形成に用いられるレーザー加工装置の構成図である。

【図 2】レーザー加工前の加工対象物の平面図である。

【図 3】図 2 に示された加工対象物の III - III 線に沿っての断面図である。

【図 4】レーザー加工後の加工対象物の平面図である。

【図 5】図 4 の加工対象物の V - V 線に沿っての断面図である。

【図 6】図 4 の加工対象物の VI - VI 線に沿っての断面図である。

【図 7】本発明の一実施形態の加工対象物切断方法の加工対象物であるインゴットを説明するための図である。

【図 8】本発明の一実施形態の加工対象物切断方法の主要な工程を説明するための図である。

【図 9】本発明の一実施形態の加工対象物切断方法の主要な工程を説明するための図である。

【図 10】本発明の一実施形態の加工対象物切断方法の主要な工程を説明するための図である。

【図 11】本発明の一実施形態の加工対象物切断方法の主要な工程を説明するための図である。

【図 12】本発明の一実施形態の加工対象物切断方法の主要な工程を説明するための図である。

【図 13】本発明の一実施形態の加工対象物切断方法の主要な工程を説明するための図である。

【図 14】本発明の別の実施形態の加工対象物切断方法の主要な工程を説明するための図である。

【図 15】本発明の別の実施形態の加工対象物切断方法の主要な工程を説明するための図である。

【図 16】本発明の別の実施形態の加工対象物切断方法の主要な工程を説明するための図である。

【図 17】本発明の実施形態の加工対象物切断方法の変形例を説明するための図である。

【図 18】本発明の実施形態の加工対象物切断方法の変形例を説明するための図である。

【図 19】本発明の実施形態の加工対象物切断方法の変形例を説明するための図である。

【図 20】多点加工を施した場合の切断予定面の様子を示す拡大写真である。

【発明を実施するための形態】

10

20

30

40

50

【0014】

以下、本発明の好適な実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、各図において、同一又は相当部分には同一の符号を付し、重複する記載を省略する。また、各図における各部の寸法比率は、必ずしも実際のものとは一致しない。

【0015】

本発明の一実施形態に係る加工対象物切断方法では、切断予定面に沿って加工対象物にレーザー光を照射することにより、切断予定面に沿って加工対象物の内部に改質領域を形成する。そこで、まず、その改質領域の形成について、図1～6を参照して説明する。

【0016】

図1に示されるように、レーザー加工装置100は、レーザー光Lをパルス発振するレーザー光源101と、レーザー光Lの光軸（光路）の向きを90°変えるように配置されたダイクロミックミラー103と、レーザー光Lを集光するための集光用レンズ105と、を備えている。また、レーザー加工装置100は、集光用レンズ105で集光されたレーザー光Lが照射される加工対象物1を支持するための支持台107と、支持台107を移動させるためのステージ111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、ステージ111の移動を制御するステージ制御部115と、を備えている。

10

【0017】

このレーザー加工装置100においては、レーザー光源101から出射されたレーザー光Lは、ダイクロミックミラー103によってその光軸の向きを90°変えられ、支持台107上に載置された加工対象物1の内部に集光用レンズ105によって集光される。これと共に、ステージ111が移動させられ、加工対象物1がレーザー光Lに対して切断予定面5に沿って相対移動させられる。これにより、切断予定面5に沿った改質領域が加工対象物1に形成されることとなる。

20

【0018】

図1及び図2に示されるように、加工対象物1には、加工対象物1を切断するための切断予定面5が設定されている。切断予定面5は、ここでは、加工対象物1の表面3に略平行に平面状に延びた仮想的な面である。加工対象物1の内部に改質領域を形成する場合、図3に示されるように、加工対象物1の内部において切断予定面5上に集光点Pを合わせた状態で、レーザー光Lを所定のライン5aに沿って（すなわち、図2の矢印A方向に沿って）相対的に移動させる。これにより、図4～6に示されるように、改質領域7が切断予定面5に沿って形成される。なお、レーザー光Lを相対移動させるライン5aは切断予定面5に沿っていればよく、直線状に限定されるものではない。

30

【0019】

また、集光点Pとは、レーザー光Lが集光する箇所のことである。また、改質領域7は、連続的に形成される場合もあるし、断続的に形成される場合もある。また、改質領域7は、列状でも点状でもよく、要は、改質領域7は少なくとも加工対象物1の内部に形成されていれればよい。また、改質領域7を起点に亀裂が形成される場合があり、亀裂及び改質領域7は、加工対象物1の外表面（表面、裏面、若しくは側面）に露出していてもよい。

【0020】

ちなみに、ここでのレーザー光Lは、加工対象物1を透過すると共に加工対象物1の内部の集光点近傍にて特に吸収され、これにより、加工対象物1に改質領域7が形成される（すなわち、内部吸収型レーザー加工）。よって、加工対象物1の表面3ではレーザー光Lが殆ど吸収されないため、加工対象物1の表面3が溶融することはない。一般的に、表面3から溶融され除去されて穴や溝等が形成される（表面吸収型レーザー加工）場合、加工領域は表面3から徐々に裏面側に進行する。

40

【0021】

ところで、本実施形態で形成される改質領域は、密度、屈折率、機械的強度やその他の物理特性が周囲と異なる状態になった領域をいう。改質領域としては、例えば、溶融処理領域、クラック領域、絶縁破壊領域、屈折率変化領域等があり、これらが混在した領域も

50

ある。更に、改質領域としては、加工対象物の材料において改質領域の密度が非改質領域の密度と比較して変化した領域や、格子欠陥が形成された領域がある（これらをまとめて高密転移領域ともいう）。

【0022】

また、熔融処理領域や屈折率変化領域、改質領域の密度が非改質領域の密度と比較して変化した領域、格子欠陥が形成された領域は、更に、それら領域の内部や改質領域と非改質領域との境界に亀裂（割れ、マイクロクラック）を内包している場合がある。内包される亀裂は、改質領域の全面に渡る場合や一部分のみや複数部分に形成される場合がある。

【0023】

また、本実施形態においては、切断予定面5に沿って改質スポット（加工痕）を複数形成することによって、改質領域7を形成している。改質スポットとは、パルスレーザー光の1パルスショット（つまり1パルスのレーザー照射：レーザーショット）で形成される改質部分であり、改質スポットが集まることにより改質領域7となる。改質スポットとしては、クラックスポット、熔融処理スポット若しくは屈折率変化スポット、又はこれらの少なくとも2つが混在するもの等が挙げられる。

[第1実施形態]

【0024】

引き続き、図7～13を参照して、本発明の第1実施形態に係る加工対象物切断方法について説明する。この加工対象物切断方法は、六方晶系SiC結晶からなる加工対象物にパルスレーザー光を照射して加工対象物の内部に改質領域を形成し、加工対象物を切断（スライス）する。

【0025】

まず、図7の(a)部に示されるように、本実施形態に係る加工対象物切断方法における加工対象物としてのインゴット1を用意する。インゴット1の直径は、例えば3インチ程度である。インゴット1は、図7の(b)部に示されるような六方晶系SiC結晶10からなる。インゴット1の内部には、切断予定面（第1の切断予定面）5Aが設定されている。切断予定面5Aは、六方晶系SiC結晶10のc軸に直交するc面とオフ角分の角度を成している。

【0026】

したがって、切断予定面5Aに沿ってインゴット1を切断することにより、c面とオフ角分の角度を成す主面を有する六方晶系SiC基板を製造することができる。切断予定面5Aは、例えばインゴット1の表面3に略平行であり、所望する六方晶系SiC基板の厚さに応じて、表面3から任意の位置に設定することができる。なお、オフ角は、例えば4°程度であり、0°の場合も含む。オフ角が0°の場合には、切断予定面5Aはc面と平行になる。

【0027】

続いて、用意したインゴット1を、例えばレーザー加工装置100の支持台107に載置する（図1参照）。このとき、インゴット1の表面3をレーザー加工装置100の集光用レンズ105側に向けて、インゴット1を支持台107に載置する。したがって、本実施形態においては、インゴット1の表面3がレーザー光Lの入射面となる。このため、インゴット1の表面3は、インゴット1へのレーザー光Lの入射を妨げないように研磨されている。

【0028】

続いて、図8の(a)部に示されるように、インゴット1の表面3から所定距離だけインゴット1の内側にレーザー光Lの集光点Pを位置させる。つまり、インゴット1の内部に設定された切断予定面5A上にレーザー光Lの集光点Pを位置させる。ここでは、レーザー光Lの集光点Pは、切断予定面5Aの中心部5Acに位置させられる。レーザー光Lの集光点Pの位置の変更は、例えば、ステージ制御部115の制御の元でステージ111を駆動し、支持台107を移動させることにより行うことができる。

【0029】

続いて、インゴット1の表面3をレーザー光Lの入射面として、パルスレーザー光であるレ

10

20

30

40

50

レーザー光 L を切断予定面 5 A に沿ってインゴット 1 に照射する。このとき、図 8 の (b) 部に示されるように、レーザー光 L の集光点 P を、切断予定面 5 A に沿って、切断予定面 5 A の中心部 5 A c から切断予定面 5 A の縁部 5 A e に向かって (図中の矢印 A 1 の方向に) 直線的に相対移動させながら、インゴット 1 を、切断予定面 5 A に沿って、切断予定面 5 A の中心部 5 A c を中心として (図中の矢印 A 2 の方向に) 回転させる。これにより、レーザー光 L の集光点 P は、切断予定面 5 A に沿って、切断予定面 5 A の中心部 5 A c から縁部 5 A e に向かって渦巻状に相対移動させられる。なお、図 8 の (b) 部は、インゴット 1 の平面図である。

【 0 0 3 0 】

このようにしてレーザー光 L を照射することによって、図 9 に示されるように、インゴット 1 の内部には、切断予定面 5 A に沿って、切断予定面 5 A の中心部 5 A c から縁部 5 A e に向かって渦巻状に改質領域 7 が形成される。改質領域 7 は、レーザー光 L がパルスレーザー光であることから、その 1 パルスショットで形成される改質スポット 9 の集合として形成されている。なお、図 9 及び図 10 は、インゴット 1 の平面図である。

【 0 0 3 1 】

ここで、このレーザー光 L の照射は、レーザー光 L の一の照射点と、該一の照射点に最も近い他の照射点とが所定のピッチ P T となるように行われる。この点について詳しく説明する。上述したように、この工程においては、レーザー光 L の集光点 P が、切断予定面 5 A に沿って、切断予定面 5 A の中心部 5 A c から縁部 5 A e に向かって渦巻状に相対移動させられる。このため、図 10 に示されるように、レーザー光 L の照射点 L P が、切断予定面 5 A に沿って渦巻状に配列され、渦巻状の照射点列 R を成すこととなる。なお、照射点 L P とは、レーザー光 L の集光点 P を相対移動させたときに、1 パルス分のレーザー光 L が照射される点である。

【 0 0 3 2 】

このとき、ある照射点 L P ₁ に着目すると (図中の拡大部分参照)、その照射点 L P ₁ に最も近い他の照射点 L P としては、次の 2 通りの場合がある。まず、その照射点 L P ₁ の次の照射点 L P ₂ (或いは前の照射点 L P ₃) が、その照射点 L P ₁ に最も近い場合がある。換言すれば、インゴット 1 の周方向について照射点 L P ₁ に隣接する照射点 L P ₂ (或いは照射点 L P ₃) が、照射点 L P ₁ に最も近い場合がある。この場合には、照射点 L P ₁ とその次の照射点 L P ₂ (或いはその前の照射点 L P ₃) とのピッチ (すなわちパルスピッチ) P _{1 2} が、所定のピッチ P T となるようにする。

【 0 0 3 3 】

パルスピッチは、レーザー光 L の集光点 P の移動速度 V とレーザー光 L のパルス発振の周波数 F とによって表され (移動速度 V / 周波数 F)、移動速度 V 及び周波数 F を制御することによって調整することができる。したがって、レーザー光 L の集光点 P の移動速度 V とレーザー光 L のパルス発振の周波数 F とを制御することにより、レーザー光 L のパルスピッチを所定のピッチ P T とすれば、レーザー光 L の照射点 L P ₁ と、その照射点 L P ₁ に最も近い照射点 L P ₂ (或いは照射点 L P ₃) とのピッチ P _{1 2} が所定のピッチ P T となる。つまり、この場合には、パルスピッチを調整することにより、インゴット 1 の周方向についての照射点 L P 同士のピッチを、所定のピッチ P T とすることができる。

【 0 0 3 4 】

次に、照射点 L P ₁ が照射点列 R の第 n 周 R _n に属するとしたとき、その前の (或いはその次の) 第 n - 1 周 R _{n - 1} において照射点 L P ₁ に対応する位置にある照射点 L P ₄ が、照射点 L P ₁ に最も近い場合がある。換言すれば、インゴット 1 の径方向について照射点 L P ₁ に隣接する照射点 L P ₄ が、照射点 L P ₁ に最も近い場合がある。この場合には、照射点列 R の各周同士の間隔を所定のピッチ P T とすれば、第 n 周 R _n の照射点 L P ₁ と、その照射点 L P ₁ に最も近い第 n - 1 周 R _{n - 1} の照射点 L P ₄ とのピッチ P _{1 4} を所定のピッチ P T とすることができる。照射点列 R の各周同士の間隔は、例えば、インゴット 1 の径方向についてのレーザー光 L の集光点 P の移動速度と、インゴット 1 の回転速度とを制御することによって調整することができる。つまり、この場合には、照射点列 R

10

20

30

40

50

の各周同士の間隔を調整することにより、インゴット1の径方向についての照射点LP同士の間隔を、所定のピッチとすることができる。

【0035】

なお、照射点列Rの各周同士の間隔とパルスピッチとの両方を調整することにより、インゴット1の周方向と径方向との両方について、照射点LP同士の間隔を所定のピッチPTとしてもよい。

【0036】

ここで、所定のピッチPTは、改質領域7から生じた割れが六方晶系SiC結晶10のc面に沿って延びるようなピッチである(換言すれば、改質領域7から生じた割れが他の方向に比べてc面に沿った方向に最も長く延びるようなピッチである。さらに換言すれば、改質領域7からc面に沿って延びる割れ(c面割れ)がインゴット1に好適に生じるようなピッチである)。本発明者の知見によれば、そのような所定のピッチPTは、1 μ m以上10 μ m未満である。所定のピッチPTが1 μ mよりも小さいと、切断予定面5Aの全体に対するレーザー光Lの照射の回数を多くする必要があるのであるため、スループットが低下する。

10

【0037】

また、所定のピッチPTが10 μ m以上であると、改質領域7から生じた割れがc面に沿って延びにくくなる(すなわち、改質領域7からc面割れが生じにくくなる)。つまり、本発明者の知見によれば、レーザー光Lの一の照射点LPと、該一の照射点LPに最も近い他の照射点LPとのピッチが、1 μ m以上10 μ m未満の範囲であるときに、改質領域7からのc面割れが好適に生じる。なお、c面割れを確実に生じさせる観点から、より好ましくは、所定のピッチPTは、1 μ m以上9 μ m以下である。同様の観点から、さらに好ましくは、所定のピッチは、1 μ m以上8 μ m以下である。c面割れは、インゴット1の内部にのみ生じていてもよいし、インゴット1の側面6に到達していてもよい。

20

【0038】

以上のようにインゴット1の切断予定面5Aに沿ってレーザー光Lを照射して改質領域7を形成することにより、インゴット1の内部には、改質領域7からc面に沿って延びるc面割れが生じている。続く工程では、その状態においてインゴット1の切断を行う。インゴット1を切断する工程について具体的に説明する。この工程では、まず、図11の(a)部に示されるように、インゴット1を支持部材20に固定する。より具体的には、インゴット1の裏面4を、支持部材20の表面20sに接着材によって接着固定する。接着材としては、例えば熱や紫外線で硬化するものも用いることができる。

30

【0039】

続いて、図11の(b)部に示されるように、インゴット1の側面6における切断予定面5よりも表面3側の部分を固定しつつ、インゴット1の切断予定面5よりも上の部分をインゴット1から離間させる方向に(図中の矢印A3の方向に)支持部材20を回転させる。これにより、インゴット1の内部において(或いは側面6から)、c面割れ同士を接続するように切断予定面5Aに沿って割れが進展し、インゴット1が切断予定面5Aに沿って切断される。その後、インゴット1の裏面4と支持部材20の表面20sとの間の接着材を、例えばエッチング液等で除去することによって、インゴット1と支持部材20との固定を解除する。

40

【0040】

これにより、図12の(a)部に示されるように、インゴット1から、六方晶系SiC基板のための切断片11と、新たなインゴット12とが形成される。なお、このインゴット1を切断する工程においては、インゴット1に対して切断予定面5Aに沿ったねじれが生じるように、インゴット1及び支持部材20の少なくとも一方を回転させることにより、インゴット1を切断してもよい。

【0041】

続く工程では、インゴット12の切断面32をレーザー光Lの入射面として利用するために、インゴット12の切断面32を研磨する。また、必要に応じて、切断片11の切断

50

面 1 1 a についても、研磨を施して平坦化してもよい。これにより、六方晶系 S i C 基板が製造される。

【 0 0 4 2 】

続いて、新たに形成されたインゴット 1 2 に対して、上述したようにレーザ光 L の照射を行う。より具体的には、まず、図 1 2 の (b) 部に示されるように、インゴット 1 2 をレーザ加工装置 1 0 0 の支持台 1 0 7 に載置した後に (不図示)、インゴット 1 2 の切断面 (表面) 3 2 から所定距離だけインゴット 1 2 の内側にレーザ光 L の集光点 P を位置させる。つまり、インゴット 1 2 の内部に設定された切断予定面 (第 2 の切断予定面) 5 B 上にレーザ光 L の集光点 P を位置させる。ここでは、レーザ光 L の集光点 P は、切断予定面 5 B の中心部 5 B c に位置させられる。

10

【 0 0 4 3 】

切断予定面 5 B は、例えばインゴット 1 2 の切断面 3 2 に略平行であり、所望する六方晶系 S i C 基板の厚さに応じて、切断面 3 2 から任意の位置に設定することができる。切断予定面 5 B は、六方晶系 S i C 結晶 1 0 の c 面とオフ角分の角度を成している。なお、オフ角は、例えば 4 ° 程度であり、0 ° の場合も含む。オフ角が 0 ° の場合には、切断予定面 5 B は c 面と平行になる。

【 0 0 4 4 】

続いて、インゴット 1 2 の切断面 3 2 をレーザ光 L の入射面として、切断予定面 5 B に沿ってレーザ光 L をインゴット 1 2 に照射する。なお、上述したように、インゴット 1 2 の切断面 3 2 は、インゴット 1 へのレーザ光 L の入射を妨げないように研磨されている。このレーザ光 L の照射においては、上述したように、レーザ光 L の集光点 P を、切断予定面 5 B に沿って、切断予定面 5 B の中心部 5 B c から縁部 5 B e に向かって渦巻状に相対移動させる。また、レーザ光 L の一の照射点と、該一の照射点に最も近い他の照射点とが所定のピッチ P T とされる。

20

【 0 0 4 5 】

これにより、図 1 3 の (a) 部に示されるように、インゴット 1 2 の内部に切断予定面 5 B に沿って渦巻状に改質領域 7 が形成される。また、その改質領域 7 から c 面割れが生じる。そして、インゴット 1 の切断と同様にして、切断予定面 5 B に沿ってインゴット 1 2 を切断する。これにより、図 1 3 の (b) 部に示されるように、インゴット 1 2 から、六方晶系 S i C 基板のための切断片 1 3 と新たなインゴット 1 4 が形成される。その後、このインゴット 1 4 をさらに切断する場合には、インゴット 1 4 の切断面 3 4 をレーザ光 L の入射面として利用するために研磨した後に、上記の工程を繰り返し実施する。また、必要に応じて、切断片 1 3 の切断面 1 3 a についても、研磨を施して平坦化してもよい。これにより、六方晶系 S i C 基板が新たに製造される。

30

【 0 0 4 6 】

以上説明したように、本実施形態に係る加工対象物切断方法においては、六方晶系 S i C 結晶 1 0 からなるインゴット 1 , 1 2 の切断予定面 5 A , 5 B に沿ってレーザ光 L を照射することにより、切断予定面 5 A , 5 B に沿ってインゴット 1 , 1 2 の内部に改質領域 7 を形成する。その際に、レーザ光 L の一の照射点 L P と該一の照射点 L P に最も近い他の照射点 L P とのピッチを、改質領域 7 から生じた割れが六方晶系 S i C 結晶 1 0 の c 面に沿って延びるような所定のピッチ P T (例えば 1 μ m 以上 1 0 μ m 以下の範囲) とする。

40

【 0 0 4 7 】

このため、切断予定面 5 A , 5 B に沿ってインゴット 1 , 1 2 を切断する際には、改質領域 7 から c 面に沿って延びる c 面割れが、インゴット 1 , 1 2 の内部に形成されている。その c 面割れが、インゴット 1 , 1 2 の切断予定面 5 A , 5 B に沿っての切断を容易化するため、短時間でインゴット 1 , 1 2 の切断を行うことができ、スループットを向上させることができる。

【 0 0 4 8 】

また、本実施形態に係る加工対象物切断方法において、切断予定面 5 A , 5 B に沿って

50

インゴット 1, 12 を切断する際には、上述したように、c 面割れが生じているので、切断予定面 5 A, 5 B に沿って正確にインゴット 1, 12 を切断することができる。そのため、インゴット 1, 12 から切り出された切断片 11, 13 の切断面 11 a, 13 a や、インゴット 12, 14 の切断面 32, 34 を平坦化するための研磨の量が少なくすむので、材料のロスを低減することができる。

【0049】

さらに、本実施形態に係る加工対象物切断方法においては、切断予定面 5 A に沿って改質領域 7 を形成してインゴット 1 を切断した後に、新たに形成されるインゴット 12 の切断予定面 5 B に沿って改質領域 7 を形成する。このため、例えば、レーザ光 L の入射面からの距離が異なる複数の切断予定面に予め改質領域 7 を形成する場合に比べて、常にレーザ光 L の入射面に比較的近い位置において改質領域 7 の形成を行うことができる。よって、本実施形態に係る加工対象物切断方法によれば、比較的低い加工エネルギーで改質領域 7 を形成して c 面割れを生じさせることができる。

【0050】

なお、上述した加工対象物切断方法において、インゴット 1, 12 を切断する際には、切断予定面 5 A, 5 B に沿ってワイヤーソーを用いることによって、インゴット 1, 12 を切断してもよい。この場合においても、改質領域 7 から生じた c 面割れが、ワイヤーソーでのインゴット 1, 12 の切断を容易化するので、材料のロスを低減しつつ短時間でインゴット 1, 12 の切断を行なうことができる。

[第2実施形態]

【0051】

引き続き、図 14 ~ 16 を参照して、本発明の第 2 実施形態に係る加工対象物切断方法について説明する。この加工対象物切断方法は、六方晶系 SiC 結晶からなる加工対象物にパルスレーザ光を照射して加工対象物の内部に改質領域を形成し、加工対象物を切断（スライス）する。

【0052】

まず、図 14 の (a) 部に示されるように、本実施形態に係る加工対象物切断方法における加工対象物としてのインゴット 1 を用意する。インゴット 1 は、第 1 実施形態に係る加工対象物切断方法における加工対象物としてのインゴット 1 と同様であるが、裏面 4 から表面 3 に向かって順に配列された 3 つの切断予定面（第 1 の切断予定面）5 A、切断予定面（第 2 の切断予定面）5 B、及び切断予定面 5 C が設定されている。

【0053】

切断予定面 5 A, 5 B, 5 C は、六方晶系 SiC 結晶 10 の c 面とオフ角分の角度を成している。したがって、切断予定面 5 A, 5 B, 5 C のそれぞれに沿ってインゴット 1 を切断することにより、c 面とオフ角分の角度を成す主面を有する六方晶系 SiC 基板を複数製造することができる。切断予定面 5 A, 5 B, 5 C は、例えばインゴット 1 の表面 3 に略平行であり、所望する六方晶系 SiC 基板の厚さに応じて、表面 3 から任意の位置に設定することができる。なお、オフ角は、例えば 4° 程度であり、0° の場合も含む。オフ角が 0° の場合には、切断予定面 5 A, 5 B, 5 C は c 面と平行になる。

【0054】

続いて、用意したインゴット 1 を、例えばレーザ加工装置 100 の支持台 107 に載置した後に（図 1 参照）、図 14 の (b) 部に示されるように、インゴット 1 の表面 3 から所定距離だけインゴット 1 の内側にレーザ光 L の集光点 P を位置させる。つまり、インゴット 1 の内部に設定された切断予定面 5 A の上にレーザ光 L の集光点 P を位置させる。切断予定面 5 A は、切断予定面 5 A, 5 B, 5 C の中で最もレーザ光 L の入射面（表面 3）から離れた位置に設定されている。ここでは、レーザ光 L の集光点 P は、切断予定面 5 A の中心部 5 A c の上に位置させられる。

【0055】

続いて、インゴット 1 の表面 3 をレーザ光 L の入射面として、第 1 実施形態と同様に、レーザ光 L をインゴット 1 に照射する。したがって、レーザ光 L の集光点 P は、切断予定

10

20

30

40

50

面 5 A に沿って、切断予定面 5 A の中心部 5 A c から縁部 5 A e に向かって渦巻状に相対移動させられる。また、レーザ光 L の照射は、第 1 実施形態と同様に、レーザ光 L の一の照射点 L P と、該一の照射点 L P に最も近い他の照射点 L P とが上記の所定のピッチ P T となるように行われる。これにより、図 15 の (a) 部に示されるように、切断予定面 5 A に沿って渦巻状に改質領域 7 が形成されると共に、改質領域 7 から c 面に沿って延びる c 面割れが生じる。

【 0 0 5 6 】

なお、レーザ光 L の一の照射点 L P と他の照射点 L P とが近いとは、例えば切断予定面 5 A に沿った方向についての互いの距離が小さいことを意味しており、例えば、切断予定面 5 A の上の照射点 L P と切断予定面 5 B の上の照射点 L P といったように、互いに異なる切断予定面の上にある照射点 L P 同士の距離関係を意味するものではない。

10

【 0 0 5 7 】

続いて、インゴット 1 の内部に設定された切断予定面 5 B 上にレーザ光 L の集光点 P を位置させる。切断予定面 5 B は、切断予定面 5 A よりもインゴット 1 におけるレーザ光 L の入射面 (表面 3) 側に位置すると共に、切断予定面 5 C よりもインゴット 1 の裏面 4 側に位置している。ここでは、レーザ光 L の集光点 P は、切断予定面 5 B の中心部 5 B c に位置させられる。

【 0 0 5 8 】

続いて、切断予定面 5 A の場合と同様に、切断予定面 5 B に沿ってレーザ光 L をインゴット 1 に照射する。これにより、切断予定面 5 B に沿って渦巻状に改質領域 7 が形成されると共に、改質領域 7 から c 面に沿って延びる c 面割れが生じる。そして、切断予定面 5 A 及び切断予定面 5 B の場合と同様にして、切断予定面 5 C に沿ってレーザ光 L をインゴット 1 に照射する。これにより、図 15 の (b) 部に示されるように、切断予定面 5 A , 5 B , 5 C のそれぞれに沿って改質領域 7 が形成されると共に、それらの改質領域 7 から c 面に沿って延びる c 面割れが生じる。

20

【 0 0 5 9 】

続いて、切断予定面 5 A , 5 B , 5 C のそれぞれに沿ってインゴット 1 を切断する。ここでは、切断予定面 5 C、切断予定面 5 B、切断予定面 5 A の順にインゴット 1 の側面 6 からインゴット 1 にワイヤーソーを挿入することにより、切断予定面 5 C、切断予定面 5 B、切断予定面 5 A のそれぞれに沿って、インゴット 1 を順次切断する。つまり、ワイヤーソーを用いて、切断予定面 5 C に沿ってインゴット 1 を切断した後に、切断予定面 5 B に沿ってインゴット 1 を切断し、その後、切断予定面 5 A に沿ってインゴット 1 を切断する。なお、インゴット 1 の切断は、例えば 3 つのワイヤーソーを同時に用いることにより、切断予定面 5 A , 切断予定面 5 B , 切断予定面 5 C のそれぞれに沿って同時に行なってもよい。

30

【 0 0 6 0 】

これにより、図 16 に示されるように、インゴット 1 から、六方晶系 S i C 基板のための切断片 2 1 , 2 2 , 2 3 と、新たなインゴット 1 2 を得る。その後、このインゴット 1 2 をさらに切断する場合には、インゴット 1 2 の切断面 3 2 をレーザ光 L の入射面として利用するために研磨した後に、上記工程を繰り返し実施する。また、必要に応じて、切断片 2 1 , 2 2 , 2 3 の切断面 2 1 a , 2 2 a , 2 2 b , 2 3 a , 2 3 b についても、研磨を施して平坦化してもよい。これにより、複数の六方晶系 S i C 基板が製造される。

40

【 0 0 6 1 】

以上説明したように、本実施形態に係る加工対象物切断方法においては、六方晶系 S i C 結晶 1 0 からなるインゴット 1 の切断予定面 5 A , 5 B , 5 C のそれぞれに沿ってレーザ光 L を順次照射することにより、切断予定面 5 A , 5 B , 5 C に沿ってインゴット 1 の内部に改質領域 7 を順次形成する。その際に、レーザ光 L の一の照射点 L P と該一の照射点 L P に最も近い他の照射点 L P とのピッチを、改質領域 7 から生じた割れが六方晶系 S i C 結晶 1 0 の c 面に沿って延びるような所定のピッチ P T (例えば 1 μ m 以上 1 0 μ m 以下の範囲) とする。

50

【0062】

このため、切断予定面5A, 5B, 5Cに沿ってインゴット1を切断する際には、改質領域7からc面に沿って延びるc面割れが、インゴット1の内部に形成されている。そのc面割れが、インゴット1の切断予定面5A, 5B, 5Cに沿っての切断を容易化するため、短時間でインゴット1の切断を行うことができ、スループットを向上させることができる。

【0063】

また、本実施形態に係る加工対象物切断方法において、切断予定面5A, 5B, 5Cに沿ってインゴット1を切断する際には、上述したようにc面割れが生じているので、切断予定面5A, 5B, 5Cに沿って正確にインゴット1を切断することができる。そのため、インゴット1から切り出された切断片の切断面や、インゴット1の切断面を平坦化するための研磨の量が少なくすむので、材料のロスを低減することができる。

10

【0064】

また、本実施形態に係る加工対象物切断方法においては、上述したように、切断予定面5A, 5B, 5Cのそれぞれに沿ってレーザー光Lを順次照射して改質領域7を形成した後に、切断予定面5A, 5B, 5Cのそれぞれに沿ってインゴット1を順次切断する。このため、例えば、改質領域7の形成とインゴット1の切断とを交互に繰り返す場合に比べて、インゴット1の複数回の切断を効率よく行なうことができる。特に、改質領域7の形成とインゴット1の切断とを交互に繰り返す場合に比べて、レーザー光Lの入射面の研磨を、切断の都度行なう必要がないため、効率的である。

20

【0065】

さらに、本実施形態に係る加工対象物切断方法においては、レーザー光Lの入射面(表面3)から離れた位置にある切断予定面から順に(すなわち、切断予定面5A, 5B, 5Cの順に)、レーザー光Lを照射して改質領域7を形成する。このため、既に形成された改質領域7が、レーザー光Lの透過を妨げることを防止することができる。

【0066】

以上の第1及び第2実施形態は、本発明に係る加工対象物切断方法の一実施形態を説明したものである。したがって、本発明に係る加工対象物切断方法は、上述した第1及び第2実施形態に係る加工対象物切断方法に限定されるものではない。本発明に係る加工対象物切断方法は、特許請求の範囲に記した各請求項の要旨を変更しない範囲において、上述した第1及び第2実施形態に係る加工対象物切断方法を任意に変更したものとすることができる。

30

【0067】

例えば、第1及び第2実施形態に係る加工対象物切断方法においては、レーザー光Lを照射する際に、レーザー光Lの集光点Pを、切断予定面に沿って渦巻状に相対移動させるものとしたが、レーザー光Lの照射の態様はこれに限定されない。例えば、レーザー光Lの照射の際には、図17に示されるように、切断予定面5に沿って直線的にレーザー光Lの集光点Pを相対移動させることができる。なお、図17には、直交座標系Sが示されている。また、図17~19は、インゴット1の平面図である。

【0068】

この場合には、まず、例えば切断予定面5の一端部にレーザー光Lの集光点Pを位置させて、切断予定面5に沿ってx軸正方向(図中の矢印A5の方向)にレーザー光Lの集光点Pを相対移動させる。レーザー光Lの集光点Pが切断予定面5の他端部に到達したら、レーザー光Lの集光点Pのy軸方向の位置を変更する。そして、切断予定面5に沿ってx軸負方向(図中の矢印A6方向)にレーザー光Lの集光点Pを相対移動させる。つまり、この場合には、レーザー光Lの集光点Pの切断予定面5におけるy軸方向の位置に応じて、レーザー光Lの集光点Pの進行方向を交互に変更しつつ、レーザー光Lの集光点Pを切断予定面5に沿って直線的に相対移動させる。

40

【0069】

このようにレーザー光Lの照射を行なうことによって、図18に示されるように、互いに

50

平行に y 軸方向に配列され、 x 軸方向に延びる直線状の複数の改質領域 7 が、切断予定面 5 に沿って形成される。この場合にも、レーザ光 L の照射は、レーザ光 L の一の照射点 LP と、該一の照射点 LP に最も近い他の照射点 LP とが所定のピッチ PT となるように行われる。より具体的には、この場合、図 19 に示されるように、レーザ光 L の照射点 LP は、切断予定面 5 に沿って配列され、複数の照射点列 R を成すこととなる。

【0070】

したがって、この場合においても、上述した場合と同様に、ある照射点 LP_1 の次の照射点 LP_2 (或いは前の照射点 LP_3) が、その照射点 LP_1 に最も近い場合には (すなわち、 x 軸方向について照射点 LP_1 に隣接する照射点 LP_2 (或いは照射点 LP_3) が、照射点 LP_1 に最も近い場合には)、照射点 LP_1 とその次の照射点 LP_2 (或いはその前の照射点 LP_3) とのピッチ (すなわちパルスピッチ) P_{12} が、所定のピッチ PT となるようにする。つまり、この場合には、パルスピッチを調整することにより、 x 軸方向についての照射点 LP 同士のピッチを、所定のピッチ PT とする。

10

【0071】

或いは、照射点 LP_1 が照射点列 R の第 n 列 R_n に属するとしたとき、その前の (或いはその次の) 第 $n-1$ 列 R_{n-1} において照射点 LP_1 に対応する位置にある照射点 LP_4 が照射点 LP_1 に最も近い場合 (すなわち、 y 軸方向について照射点 LP_1 に隣接する照射点 LP_4 が、照射点 LP_1 に最も近い場合) には、照射点列 R の各列同士の間隔を所定のピッチ PT とすることにより、第 n 列 R_n の照射点 LP_1 と第 $n-1$ 列 R_{n-1} の照射点 LP_4 とのピッチ P_{14} を所定のピッチ PT とする。照射点列 R の各列同士の間隔は、例えば、レーザ光 L の集光点 P の y 軸方向の移動の程度を制御することによって調整することができる。つまり、この場合には、照射点列 R の各列同士の間隔を調整することにより、 y 軸方向についての照射点 LP 同士のピッチを、所定のピッチとする。

20

【0072】

なお、照射点列 R の各列同士の間隔とパルスピッチとの両方を調整することにより、 x 軸方向と y 軸方向との両方について、照射点 LP 同士のピッチを所定のピッチ PT としてもよい。

【0073】

また、 x 軸方向における複数の位置において、レーザ光 L の集光点 P を y 軸方向に直線的に相対移動させつつレーザ光 L をさらに照射することにより、 y 軸方向に延びる複数の改質領域 7 をさらに形成してもよい。その場合には、インゴット 1 の内部には、切断予定面 5 に沿って格子状に改質領域 7 が形成されることとなる。したがって、レーザ光 L の照射点 LP が切断予定面 5 に沿ってより密に配列されることとなるので、 c 面割れが広がり易くなる。

30

【0074】

また、第 1 及び第 2 実施形態に係る加工対象物切断方法においては、レーザ光 L を照射する際に、例えばレーザ光源制御部 102 の制御の元で、レーザ光 L のパルス幅を制御することができる。例えば、レーザ光 L のパルス幅を、 20 ns 未満とするか、或いは、 100 ns より大きくすることによって、改質領域 7 からの c 面割れをより好適に生じさせることが可能となる。

40

【0075】

また、第 1 及び第 2 実施形態において、レーザ光 L を照射して改質領域 7 を形成する際には、切断予定面上の複数の点にレーザ光 L を同時に集光してもよい (多点加工)。図 20 は、多点加工を施した場合の切断予定面の様子を示す拡大写真である。この場合、図 20 に示されるように、複数の列の (ここでは 3 列の) 改質領域 7 を同時に形成することが可能となるので、より効率的にインゴット 1 の切断を行なうことが可能となる。

【0076】

また、インゴット 1 の切断の態様についても、上述した第 1 及び第 2 実施形態の態様に限定されない。例えば、インゴット 1 において改質領域 7 が形成された層をエッチングにより除去することによって、インゴット 1 を切断してもよい。

50

【 0 0 7 7 】

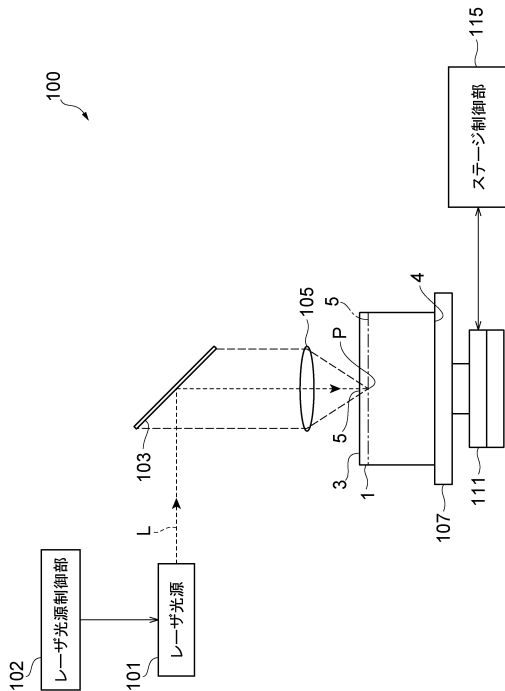
さらに、上述した第 1 及び第 2 実施形態においては、六方晶系 S i C 結晶からなるインゴット 1 を加工対象物としたが、加工対象物はそのようなインゴット 1 に限定されない。六方晶系 S i C 結晶からなる加工対象物としては、例えば、インゴット 1 を切断して得られるウエハを用いてもよい。この場合には、まず、インゴット 1 を用意した後に、そのインゴット 1 をワイヤソー等によって予め切断し、所望する六方晶系 S i C 基板複数分の厚みを有するウエハを得る。その後、得られたウエハの切断面を研磨する。これにより、六方晶系 S i C 結晶からなる加工対象物としてのウエハを用意する。そして、そのウエハに対して、インゴット 1 の場合と同様に後の工程を実施することにより、そのウエハを複数に切断（スライス）することができる。

【符号の説明】

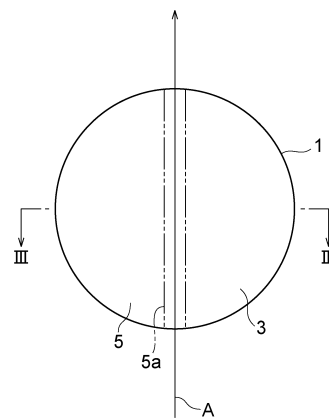
【 0 0 7 8 】

1 ... インゴット（加工対象物）、3 ... 表面（パルスレーザー光の入射面）、5 A ... 切断予定面（第 1 の切断予定面）、5 B ... 切断予定面（第 2 の切断予定面）、7 ... 改質領域、1 0 ... 六方晶系 S i C 結晶、L ... レーザ光（パルスレーザー光）、L P₁ , L P₂ , L P₃ , L P₄ ... 照射点。

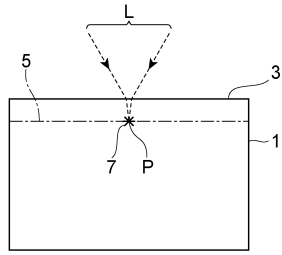
【 図 1 】



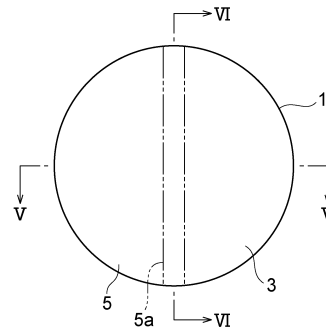
【 図 2 】



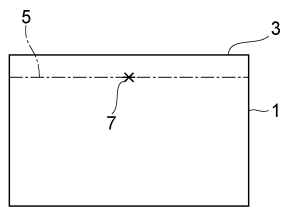
【 図 3 】



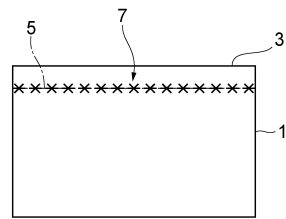
【 図 4 】



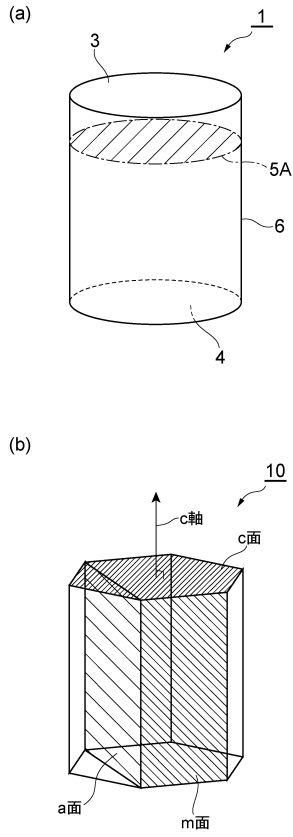
【 図 5 】



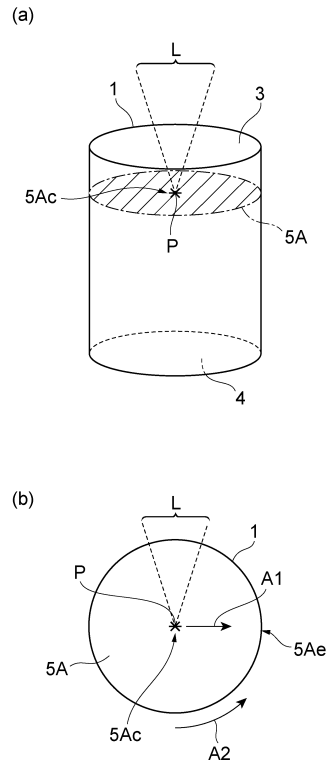
【 図 6 】



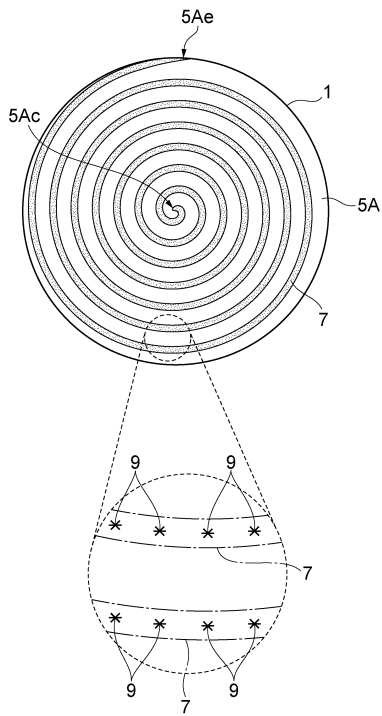
【 図 7 】



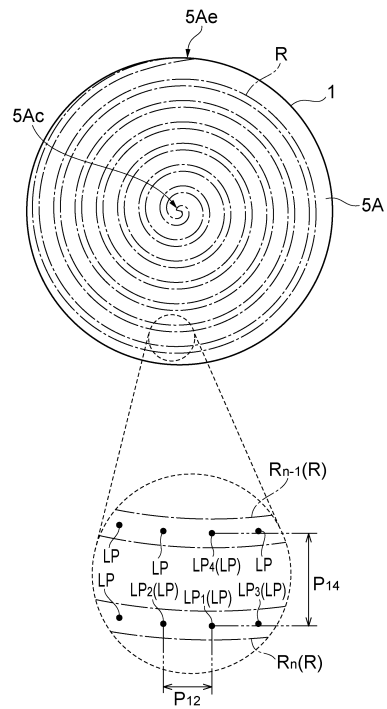
【 図 8 】



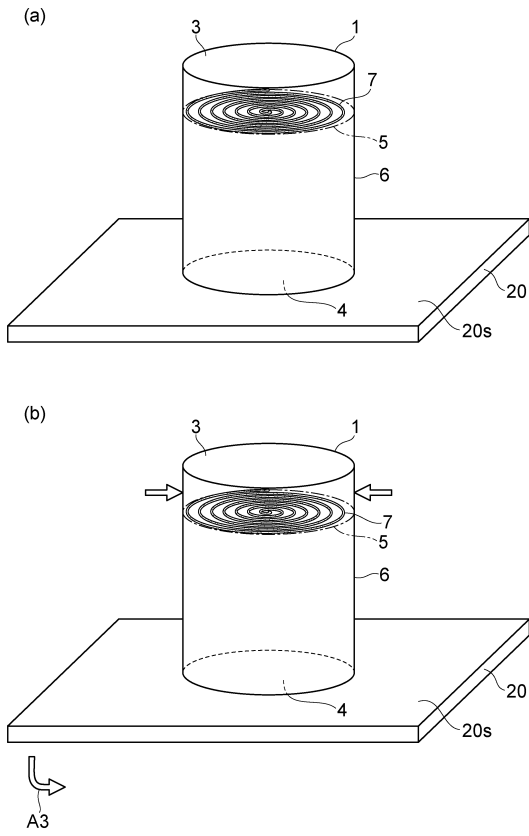
【 図 9 】



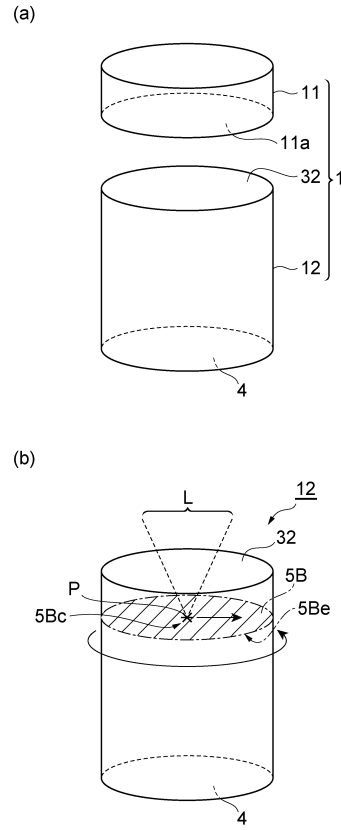
【 図 10 】



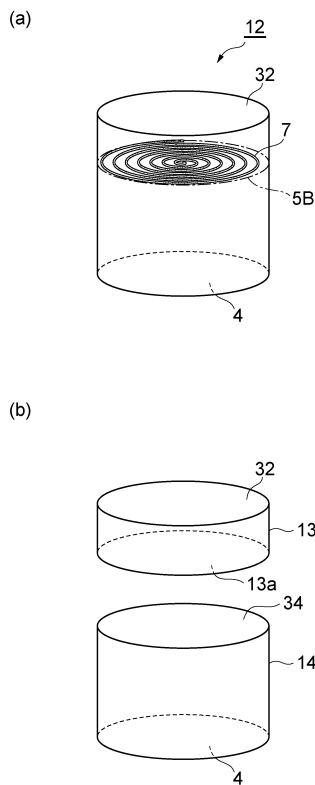
【 図 1 1 】



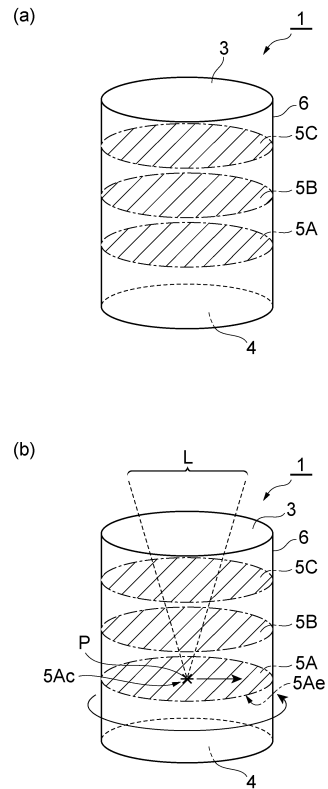
【 図 1 2 】



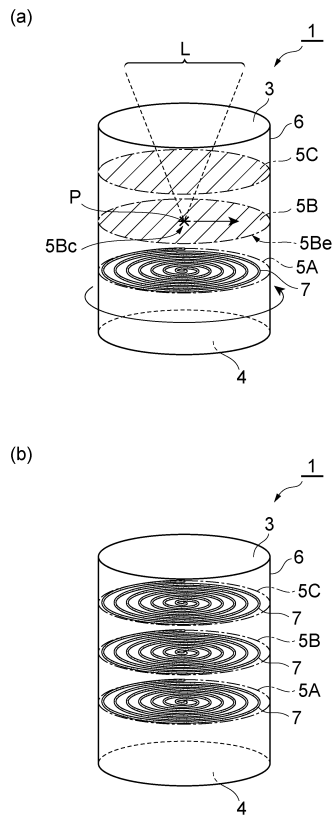
【 図 1 3 】



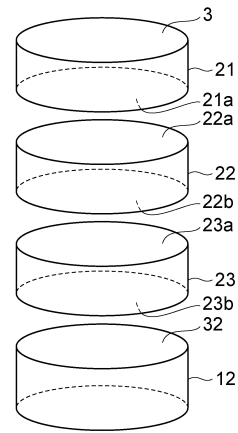
【 図 1 4 】



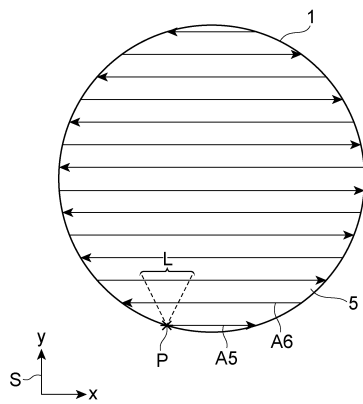
【 図 1 5 】



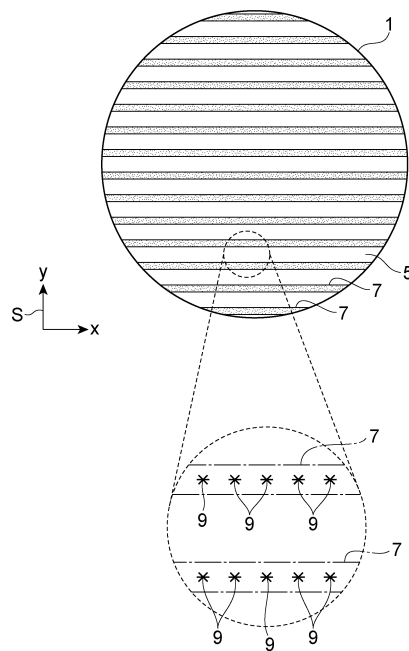
【 図 1 6 】



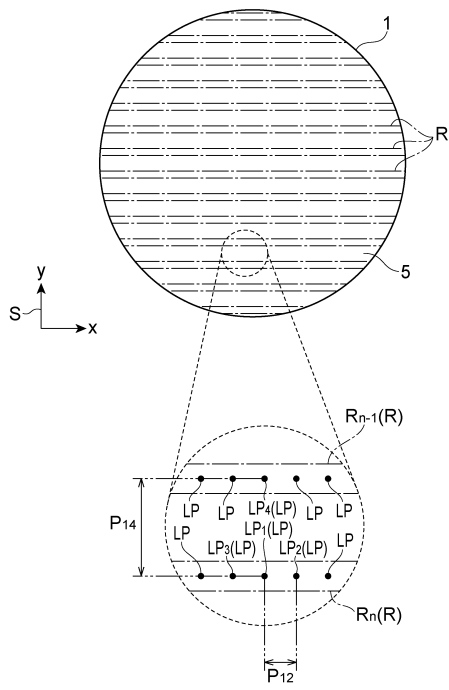
【 図 1 7 】



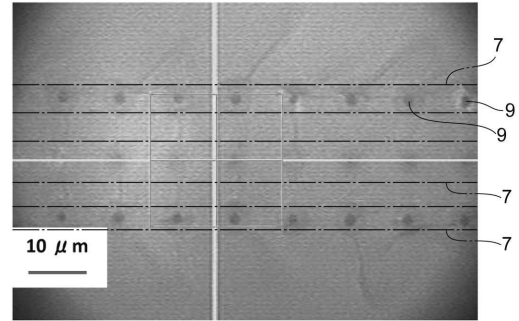
【 図 1 8 】



【 図 19 】



【 図 20 】



フロントページの続き

審査官 細川 翔多

- (56)参考文献 特開2010-188385(JP,A)
特開2009-266892(JP,A)
特開2006-142556(JP,A)
特開2008-201143(JP,A)
特開2011-060860(JP,A)
特開2003-332273(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B28D 5/00
B23K 26/00
B23K 26/40