

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6451006号
(P6451006)

(45) 発行日 平成31年1月16日(2019.1.16)

(24) 登録日 平成30年12月21日(2018.12.21)

(51) Int.Cl.

F 1

B24D	11/00	(2006.01)	B 2 4 D	11/00	G
B24D	3/00	(2006.01)	B 2 4 D	3/00	3 2 O B
B24D	3/28	(2006.01)	B 2 4 D	3/28	
B24B	27/06	(2006.01)	B 2 4 B	27/06	H
B28D	5/04	(2006.01)	B 2 4 D	3/00	3 1 O C

請求項の数 14 (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-157647 (P2014-157647)
 (22) 出願日 平成26年8月1日(2014.8.1)
 (65) 公開番号 特開2015-57303 (P2015-57303A)
 (43) 公開日 平成27年3月26日(2015.3.26)
 審査請求日 平成29年5月29日(2017.5.29)
 (31) 優先権主張番号 特願2013-165918 (P2013-165918)
 (32) 優先日 平成25年8月9日(2013.8.9)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(出願人による申告) 平成25年度経済産業省戦略的基盤技術高度化支援事業、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(73) 特許権者 000003528
 東京製鋼株式会社
 東京都中央区日本橋三丁目6番2号
 (73) 特許権者 506159976
 株式会社S I J テクノロジ
 茨城県つくば市東光台5-9-5
 (74) 代理人 100080322
 弁理士 牛久 健司
 (74) 代理人 100104651
 弁理士 井上 正
 (74) 代理人 100114786
 弁理士 高城 貞晶
 (72) 発明者 蜂須賀 俊次
 茨城県かすみがうら市宍倉5707 東京
 製鋼内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固定砥粒ソーワイヤおよびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

鋼線の表面に任意の所定パターンで、紫外線硬化特性を有しあつ導電特性を有する樹脂の複数の接着液滴が点状に接着されており、上記点状接着液滴に金属被膜付き砥粒が固定されており、上記所定パターンで上記金属被膜付き砥粒が固定した鋼線の表面が金属系接着材により被覆されている、

固定砥粒ソーワイヤ。

【請求項2】

上記所定パターンが上記鋼線の長手方向に繰返し現れている、
 請求項1に記載の固定砥粒ソーワイヤ。

10

【請求項3】

上記点状接着液滴の平均径が10 μm以下である、
 請求項1または2に記載の固定砥粒ソーワイヤ。

【請求項4】

長手方向に隣り合う他の砥粒までの間隔が、上記砥粒の平均径の0.8倍以上である、
 請求項1から3のいずれか一項に記載の固定砥粒ソーワイヤ。

【請求項5】

上記金属被膜付き砥粒が金属被膜ダイヤモンドである、請求項1から4のいずれか一項に記載の固定砥粒ソーワイヤ。

【請求項6】

20

上記金属系接着材がめっき層である，
請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の固定砥粒ソーワイヤ。

【請求項 7】

上記金属被膜付き砥粒の被膜に用いられる金属と上記めっき層に用いられる金属とが同一である，請求項 6 に記載の固定砥粒ソーワイヤ。

【請求項 8】

鋼線の表面に任意の所定パターンで，紫外線硬化特性を有しあつ帯電特性を有する樹脂の複数の接着液滴を点状に接着し，

上記点状接着液滴に金属被膜付き砥粒を固定し，

上記所定パターンで上記金属被膜付き砥粒が固定した鋼線の表面に金属系接着材を被覆する，

固定砥粒ソーワイヤの製造方法。

【請求項 9】

上記所定パターンが上記鋼線の長手方向に繰返し現れている，

請求項 8 に記載の固定砥粒ソーワイヤの製造方法。

【請求項 10】

上記点状接着液滴の平均径が $10 \mu m$ 以下である，

請求項 8 または 9 に記載の固定砥粒ソーワイヤの製造方法。

【請求項 11】

長手方向に隣り合う他の砥粒までの間隔が，上記砥粒の平均径の 0.8 倍以上である，

請求項 8 から 10 のいずれか一項に記載の固定砥粒ソーワイヤの製造方法。

20

【請求項 12】

上記金属被膜付き砥粒が金属被膜ダイヤモンドである，請求項 8 から 11 のいずれか一項に記載の固定砥粒ソーワイヤの製造方法。

【請求項 13】

上記金属系接着材がめっき層である，

請求項 8 から 12 のいずれか一項に記載の固定砥粒ソーワイヤの製造方法。

【請求項 14】

上記金属被膜付き砥粒の被膜に用いられる金属と上記めっき層に用いられる金属とが同一である，

30

請求項 13 に記載の固定砥粒ソーワイヤの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は固定砥粒ソーワイヤおよびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

シリコン，サファイヤなどの高硬度の脆性材料のインゴットを薄く切断してウエハを作成するために，固定砥粒ソーワイヤが用いられている。固定砥粒ソーワイヤは，上記インゴットよりも高い硬度を持つダイヤモンドなどの細かい粉碎物を鋼線の表面に固定したものである。走行する固定砥粒ソーワイヤにシリコンなどのインゴットを押しつけることによって，インゴットが薄く切出されてウエハが製作される。

40

【0003】

特許文献 1 は，圧縮空気によってスプレーノズルから芯線の外周面に向けて接着剤を噴射して塗布し，これにより多数の点状接着剤を芯線の外周面上に付着させる方法を記載する。芯線の外周面上に付着した点状接着部に砥粒が接着される。しかしながら，特許文献 1 の方法では，芯線の外周面上の全体にわたって接着剤が付着しないとしても，過不足なく点状接着剤を付着させるのは容易ではない。スプレーノズルから噴射させる接着剤の時間当たりの量や噴射時間に多大な配慮を払わなければ，芯線に付着する点状接着剤が不足したり，逆に過剰に点状接着剤を付着させてしまう可能性が高い。点状接着部に砥粒が固

50

着されるので、点状接着剤が不足する場合には芯線に付着する砥粒が少なすぎることになり、逆に点状接着剤が過剰であれば芯線に付着する砥粒が多すぎることになる。芯線に付着する砥粒が少なすぎるとインゴットのスライシングに長い時間がかかるてしまう。芯線に付着する砥粒が多すぎるとインゴットをスライシングするときに生じる切子の排出性が悪化し、スライシング製品（ウエハなど）の品質に悪影響を及ぼしかねない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第4073328号公報

【発明の開示】

【0005】

この発明は、適切な密度でかつ適切なパターンで砥粒が付着した固定砥粒ソーワイヤを提供することを目的とする。

【0006】

この発明はまた、切削性の優れた固定砥粒ソーワイヤを提供することを目的とする。

【0007】

この発明による固定砥粒ソーワイヤは、鋼線の表面に所定パターンで複数の点状接着液滴を接着させ、上記点状接着液滴に砥粒を付着させ、上記所定パターンで上記砥粒が付着した鋼線の表面に固着材を被覆させたものであることを特徴とする。上記砥粒には、たとえばダイヤモンド粉碎物を用いることができる。ダイヤモンド粉碎物を金属（たとえばニッケル）で被膜したもの（金属被膜ダイヤモンド粉碎物）を砥粒として用いてもよい。ダイヤモンド粉碎物と金属被膜ダイヤモンド粉碎物の両方を混在させることもできる。

【0008】

この発明は固定砥粒ソーワイヤの製造方法も提供する。この発明による固定砥粒ソーワイヤの製造方法は、鋼線の表面に所定パターンで複数の点状接着液滴を接着し、上記点状接着液滴に砥粒を付着し、上記所定パターンで上記砥粒が付着した鋼線の表面に固着材を被覆することを特徴とする。

【0009】

この発明によると、鋼線の表面に所定パターンで複数の点状接着液滴が接着しており、この点状接着液滴に砥粒が付着しているので、鋼線の表面には上記所定パターンで砥粒が付着している。鋼線の表面に多数の砥粒が比較的広い範囲にわたって凝集して付着した箇所や逆に砥粒が付着していない箇所が無い。適切な密度でかつ適切なパターンで砥粒が付着した、シリコン等のインゴットのスライシングに適する固定砥粒ソーワイヤが提供される。一実施態様では点状接着液滴の大きさ（広がり範囲）が砥粒の大きさ（平均径）以下であり、1つの点状接着液滴に1粒ないし数粒の砥粒が付着する。

【0010】

所定パターンとはあらかじめ定められている規則的な配列であり、複数の点状接着液滴（砥粒）のそれぞれが隣り合う点状接着液滴（砥粒）と所定の間隔をあけて鋼線の表面に接着（付着）され、かつ点状接着液滴（砥粒）同士が所定の配置位置関係を保持していることを意味する。たとえば鋼線の表面において周方向にほぼ一列に複数の点状接着液滴（砥粒）が互いに間隔をあけて並んでいるパターン、鋼線の表面にらせん状に複数の点状接着液滴（砥粒）が互いに間隔をあけて並んでいるパターン、その他のパターンが含まれる。好ましくは上記点状接着液滴（砥粒）の所定パターンは上記鋼線の長手方向に繰返し現れる。

【0011】

点状接着液滴（砥粒）の所定パターンは鋼線の表面に向けて点状接着液滴を噴出する液滴塗布装置によって制御され、点状接着液滴の鋼線の表面への噴出にはたとえば特許第3975272号公報に記載の超微細流体ジェット装置を用いることができる。たとえば複数のノズルを備える液滴塗布装置を用いて複数のノズルのそれぞれから点状接着液滴を一つの鋼線の表面に向けて噴出させることで、点状接着液滴を所定パターンで鋼線の表面に向

10

20

30

40

50

けて噴出することができる。複数のノズルのそれからの点状接着液滴の噴出タイミングは同一とすることもできるし、互いに異ならせることもできる。鋼線に対するノズルの配置（配列）も任意に変更することができる。いずれにしても、液滴塗布装置は噴出する液滴を1粒単位で正確に制御することができ、鋼線の表面においてムラを生じさせることができないようにして点状接着液滴の接着位置（砥粒の付着位置）が制御され、これによって様々な所定パターンで点状接着液滴（砥粒）が鋼線の表面に接着される。

【0012】

上記固着材は、点状接着液滴によって鋼線の表面に付着している複数の砥粒を、鋼線の表面に固定（固着）するためのものである。固着材としては、好ましくはニッケル等の金属が用いられ、この場合固着材はめっき層を構成する。たとえばニッケルめっき液が溜められためっき浴槽に砥粒が付着した鋼線を浸し、上記めっき浴槽に電流を通電することによって、電着によってニッケルめっきが鋼線の表面に被覆される。ニッケルめっきによって砥粒は鋼線の表面に強固に固定される。10

【0013】

金属被膜ダイヤモンド粉碎物を用いる場合、金属被膜ダイヤモンド粉碎物を被膜する金属と上記めっき層に用いられる金属とを同一のものとするのが好ましい。めっきが良好に析出されるので、ダイヤモンド粉碎物をより強固に鋼線の表面に固定することができる。

【0014】

一実施態様では、上記点状接着液滴が紫外線硬化性樹脂である。点状接着液滴として紫外線硬化性樹脂を用いることで、紫外線を用いて点状接着液滴を硬化させることができる。固着材を鋼線に表面に被覆することによって鋼線の表面に砥粒を強固に固定する前段階において、鋼線の表面に砥粒を仮固定することができる。砥粒の脱落が抑制される。20

【0015】

一実施態様では、上記点状接着液滴の平均径（液滴の大きさ）が $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下である。特許第3975272号公報に記載の超微細流体ジェット装置が備えるノズル等を用いることで、鋼線の表面に平均径が $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下の点状接着液滴を接着することができる。シリコン等のインゴットをスライシングするための固定砥粒ソーワイヤは、その基材である鋼線に直径の太いものを用いると、カーフロスが大きくなってしまう。カーフロスを小さくとどめるにはできるだけ直径の小さい鋼線を用いるのが理想である。超微細流体ジェット装置は微少体積の流体を精度良く噴出することができるので、 $0.08\text{mm} \sim 0.25\text{mm}$ 程度の直径の小さい鋼線を用いても、その表面に平均径が $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下の点状接着液滴を所定パターンで接着することができる。すなわち、この発明による固定砥粒ソーワイヤを構成する鋼線は一実施態様において $0.08\text{mm} \sim 0.25\text{mm}$ の直径を持つ。30

【0016】

好ましくは、長手方向に隣り合う他の砥粒までの間隔が、上記砥粒の平均径の0.8倍以上、好ましくは1倍以上、より好ましくは1.5倍以上、特に好ましくは2.5倍以上とされる。シリコン等のインゴットをスライシングするときに発生する切子の良好な排出性を確保することができ、切削性が向上する。

【図面の簡単な説明】

【0017】

- 【図1】固定砥粒ソーワイヤの製造装置を概略的に示す。40
- 【図2】固定砥粒ソーワイヤの製造装置を概略的に示す。
- 【図3】液滴塗布装置と鋼線との位置関係を示す。
- 【図4】固定砥粒ソーワイヤの横断面図である。
- 【図5】固定砥粒ソーワイヤの片側縦断面図である。
- 【図6】(A)、(B)および(C)は液滴の接着パターンを示すもので、鋼線の表面の展開図である。
- 【図7】(A)および(B)は液滴の接着パターンを示すもので、鋼線の表面の展開図である。
- 【図8】鋼線と鋼線に向けて液滴を噴出する液滴塗布装置のノズルとの位置関係を示して50

いる。

【図9】鋼線と鋼線に向けて液滴を噴出する液滴塗布装置のノズルとの位置関係を示している。

【図10】液滴の接着パターンを示すもので、液滴が接着している鋼線の斜視図である。

【図11】砥粒が付着している鋼線の拡大写真である。

【図12】ダイヤモンド粉碎物を砥粒として用いた固定砥粒ソーワイヤーの一部拡大断面写真である。

【図13】ニッケルによってプレコーティングしたダイヤモンド粉碎物を砥粒として用いた固定砥粒ソーワイヤーの一部拡大断面写真である。

【実施例】

10

【0018】

図1および図2は固定砥粒ソーワイヤーの製造装置(システム)を示している。

【0019】

ワイヤ繰出装置10の繰出ボビン11に断面円形の鋼線1が巻き回されている。鋼線1はスチール製のもので、0.08mm以上0.25mm以下の直径を持つ。繰出ボビン11から繰出された鋼線1はダンサー機構12に進む。ダンサー機構12は、固定ロール12A、ダンサーロール12Bおよび固定ロール12Cを含み、鋼線1はこれらのロール12A、12B、12Cにかけられている。ダンサーロール12Bは上下方向に移動可能に支持されており、張力付与装置の一部を形成する。ダンサーロール12Bに負荷される回転トルクにより、鋼線1に加わる張力が制御される。

20

【0020】

ダンサー機構12を経た鋼線1はキャプスタン機構13に進む。キャプスタン機構13は回転自在の2つのキャプスタンロール13A、13Bを含み、鋼線1はこれらのロール13A、13Bに複数回にわたってかけられている。キャプスタンロール13A、13Bの少なくとも一方の回転がサーボ・モータ(図示略)によって制御される。キャプスタン機構13において鋼線1の繰出し速度が制御される。

【0021】

キャプスタン機構13を経た鋼線1は、案内ロール14、15を経て洗浄装置20に進む。

【0022】

洗浄装置20は、鋼線1の進行方向に間隔あけて並べられた2つの浸漬ロール24、25を備える浸漬槽22を含む。浸漬槽22には希塩酸水溶液23が溜められており、上記浸漬ロール24、25は希塩酸水溶液23中に浸かっている。洗浄装置20において、案内ロール21を経た鋼線1は浸漬槽22内の浸漬ロール24、25にかけられ、ここで希塩酸水溶液23に浸漬される。希塩酸水溶液23によって鋼線1の表面の酸化物が除去される。表面の酸化物が除去された鋼線1は案内ロール26を経て液滴塗布装置30に進む。

30

【0023】

図3は、鋼線1の進行方向側から見た液滴塗布装置30のノズル31と鋼線1との配置関係を示している。

【0024】

液滴塗布装置30は、走行する鋼線1の外側周囲において、先端を上記鋼線1に向けて、所定角度間隔をあけて配列された複数のノズル31と、上記複数のノズル31のそれぞれに独立に電圧を印加する制御装置32とを備え、上記制御装置32によって上記複数のノズル31のそれぞれに印加される電圧によって上記複数のノズル31内の流体を帯電させ、帯電した流体と上記鋼線1との間に働く静電力によって、上記流体の一部である液滴3を上記ノズル31の先端から上記鋼線1に向けて飛翔させるものである。上記ノズル31内には供給される流体が通る通路が形成されており、この流体通路がノズル31の先端開口につながっているのは言うまでもない。また、上記制御装置32によって加えられる電圧が与えられる電極(図示略)が上記ノズル31には設けられている。この実施例の液滴塗布装置30は微少体積の液滴3を噴出することが可能な6つのノズル31を備えており、6つのノズル31のいずれもが制御装置32に接続されている。各ノズル31に電圧が印加されることで、流体が帯電し、

40

50

帯電した流体と導体である鋼線 1との間に働く静電力によって，液滴 3が液滴塗布装置30のノズル31の先端から鋼線 1に向けて飛翔する。ノズル31の構造，ノズル31から鋼線 1に向けて液滴 3を飛翔させるための電圧値等については，たとえば特許第3975272号公報に記載のものを用いることができる。

【0025】

図3においては，6つの先細のノズル31が，鋼線 1の外周面の外方において隣り合うノズル31との間に等角度間隔をあけて設けられている。ノズル31は鋼線 1に垂直に設けてもよいし，鋼線 1に対して斜めに(たとえば鋼線 1の走行方向に沿う方向にノズル31の先端が向くように，またはその逆を向くように)設けてもよい。いずれにしてもノズル31の先端は鋼線 1の表面を向いている。走行する鋼線 1に向けてノズル31のそれぞれから微少体積の液滴 3が噴出し，噴出した液滴 3は鋼線 1の表面に着弾する。液滴塗布装置30から噴出される液滴 3としては紫外線硬化特性を有する接着樹脂が用いられる。液滴塗布装置30から噴出された液滴 3が鋼線 1の表面に着弾すると，液滴 3は鋼線 1の表面においてわずかに広がり(飛び散り)，その位置に接着(定着)する。鋼線 1の表面に着弾した液滴 3が鋼線 1の表面から流れ落ちてしまうまたは鋼線 1の表面に際限なく広がってしまうことはない。ノズル31の数は，4つ，5つ，8つその他の数としてもよい。

【0026】

図1に戻って，液滴塗布装置30を経た鋼線 1は砥粒付着装置40に進む。

【0027】

砥粒付着装置40は砥粒堆積槽42を備えている。砥粒堆積槽42の内部に，平均径が8μm～16μm程度のダイヤモンド粉碎物4が多数堆積されている。ダイヤモンド粉碎物4は，後述する工程を経て鋼線 1の表面に固着されて，シリコンなどのインゴットから薄いウエハを切り出すための砥粒として用いられる。以下の説明では，ダイヤモンド粉碎物4を「砥粒4」と呼ぶ。

【0028】

砥粒堆積槽42の内部にはさらに歯付き車41が回転自在に設けられている。歯付き車41が回転することで，砥粒堆積槽42に堆積されている砥粒4が掻き揚げられ，砥粒堆積槽42の内部に多数の砥粒4が浮遊する。多数の砥粒4が浮遊している砥粒堆積槽42内を表面に液滴3が接着した鋼線 1が通過すると，鋼線 1の表面の液滴3に砥粒4が付着する。着弾した液滴3の大きさと砥粒4の大きさとの関係は，液滴3の直径(仮想円相当直径)(平均径)が砥粒4の直径(仮想円相当直径)(平均径)の0.8倍以上であることが好ましく，2倍以下であることが好ましい。砥粒4に対してはみだす部分の少ない量の液滴3を用いることで，後述するめっきの析出を良好なものとすることができます。1つの液滴3に対して1粒ないし数粒の砥粒4が付着する。

【0029】

液滴3によって表面に多数の砥粒4が付着した鋼線 1は，次に紫外線照射装置50に進む。

【0030】

紫外線照射装置50は，紫外線(UV)を射出するランプ51および反射ミラー52を含む。紫外線ランプ51から射出された紫外線および反射ミラー52によって反射された紫外線が鋼線 1のほぼ全体に照射される。紫外線硬化性接着樹脂の液滴3はここで硬化する。鋼線 1の表面に多数の砥粒4が仮固定される。

【0031】

電気めっき装置60に進む。電気めっき装置60は，スルファミン酸ニッケル水溶液63が溜められた電気めっき槽62を備える。電気めっき槽62内には浸漬ロール64，65およびNi(ニッケル)アノード66が設けられている。鋼線 1は案内ロール61，浸漬ロール64，65，および案内ロール67にかけられ，電気めっき槽62に溜められたスルファミン酸ニッケル水溶液63に浸漬される。

【0032】

案内ロール61，67をマイナス，Niアノード66をプラスとして，水溶液63に直流電流を

10

20

30

40

50

通電する。たとえば $8 \mu\text{m}$ の層厚のニッケルめっき層（固着材）が鋼線 1 の表面に積層（析出）されて被覆される。ニッケルめっき層によって、液滴 3 によって付着（仮固定）している多数の砥粒 4 が鋼線 1 の表面に強固に固定される。

【0033】

図 2 を参照して、ニッケルめっきされた鋼線 1 は洗浄装置 70 に進む。洗浄装置 70 は水 73 が溜められた、浸漬ロール 74, 75 を備える洗浄槽 72 を含む。ニッケルめっきされた鋼線 1 は、案内ロール 71, 浸漬ロール 74, 75, および案内ロール 76 にかけられており、洗浄層 72 に溜められた水 73 によって水洗いされる。

【0034】

水洗いされた鋼線 1 は次に乾燥装置 80 に進む。乾燥装置 80 は、案内ロール 81, 82 および電気ヒータ 83 を備える。乾燥装置 80 を通過するときに、電気ヒータ 83 からの熱によって水洗いされた鋼線 1 が乾かされる。

10

【0035】

最後に、乾かされた鋼線 1 はワイヤ巻取り装置 90 に進む。ワイヤ繰出装置 10 と同様に、ワイヤ巻取り装置 90 も、案内ロール 91, 92, キャプスタンロール 93A, 93B を含むキャプスタン機構 93, 固定ロール 94A, 94C およびダンサーロール 94B を含むダンサー機構 94 を備える。上述した工程を経た鋼線 1 が巻取ボビン 95 によって巻取られる。以下、巻取ボビン 95 によって巻取られる最終状態の鋼線 1 を、固定砥粒ソーワイヤ 2 と呼ぶ。

【0036】

図 4 は固定砥粒ソーワイヤ 2 の横断面を模式的に示している。図 5 は固定砥粒ソーワイヤ 2 の片側縦断面を模式的に示している。

20

【0037】

固定砥粒ソーワイヤ 2 は、鋼線（スチール単線）1 と、鋼線 1 の表面に接着した液滴 3 と、液滴 3 に付着した砥粒 4 と、ニッケルめっき層 6 を含む。上述したように、鋼線 1 は $0.08\text{mm} \sim 0.25\text{mm}$ の直径を持つ。液滴 3 は $10 \mu\text{m}$ ないしそれ以下の直径（広がり）を持つ。砥粒 4 は $8 \mu\text{m} \sim 16 \mu\text{m}$ の平均径を持つ。ニッケルめっき層 6 は砥粒 4 の平均径の 70% 程度の厚さを持つ。ニッケルめっき層 6 の層厚は砥粒 4 の全体が覆われてしまわない程度とするのが好ましい。 $6 \mu\text{m}$ 程度の層厚があれば砥粒 4 を鋼線 1 の表面に強固に固着することができる。ニッケルめっき層 6 を厚く積層しすぎることで、固定砥粒ソーワイヤ 2 の使用初期段階の切削性がニッケルめっき層 6 によって低められてしまうことがなく、カーフロスも小さくすることができる。

30

【0038】

液滴 3（砥粒 4）は、鋼線 1 の長手方向に隣り合う液滴 3（他の砥粒 4）との間の間隔を、砥粒 4 の直径に対して特定の倍率で離して鋼線 1 の表面に接着（付着）させることができが好ましい。この離間間隔は、砥粒 4 の直径（仮想円相当直径）に対して 0.8 倍以上であることが好ましく、1 倍以上であることがより好ましく、1.5 倍以上であることがさらに好ましく、2 倍以上であることがさらに好ましく、2.5 倍以上であることが特に好ましい。上限は特にないが、5 倍以下であることが実際的である。上述した離間距離を具体的な数値で示すと、おおよそ $10 \mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、 $20 \mu\text{m}$ 以上であることがより好ましく、 $30 \mu\text{m}$ 以上であることがさらに好ましく、 $50 \mu\text{m}$ 以上であることが特に好ましい。上限としては $200 \mu\text{m}$ 以下であることが実際的である。このように砥粒 4 を適当な距離で離間させて過剰に鋼線 1 の表面に接着しないようにすることで、固定砥粒ソーワイヤ 2 を用いてシリコン等のインゴットをスライシングするときに生じる切子を良好に外部に排出することができる。

40

【0039】

図 6 (A) ~ 図 7 (B) は鋼線 1 の表面の展開図を示すもので、鋼線 1 の表面に付着している液滴 3 の接着パターン（繰返しパターン）を示している。液滴 3 はそれぞれ鋼線 1 の長手方向に間隔をあけて並んで接着されている。上述した液滴塗布装置 30 の 6 つのノズル 31 のそれからの液滴 3 の噴出タイミングを制御すること、または 6 つのノズル 31 の配置位置を調整することで、液滴 3 の鋼線 1 の表面における接着パターンを制御すること

50

ができる。鋼線 1 の周方向にほぼ一列に液滴 3 を並べたパターン（図 6（A）），鋼線 1 にらせん状に液滴 3 を並べたパターン（図 6（B）～図 7（B）），6 つのノズル 31 のうちの 3 つのノズル 31 と残りの 3 つのノズル 31 の噴出タイミングを異ならせたパターン（図 6（C）），6 つのノズル 31 を 2 本ずつ組にして，3 組のノズル 31 の噴出タイミングを異ならせたパターン（図 7（B））など，様々なパターンで液滴 3 を鋼線 1 の表面に接着させることができる。液滴 3 には砥粒 4 が 1 粒ないし数粒ずつ付着するので，図 6（A）～図 7（B）に示す液滴 3 の接着パターンは，そのまま固定砥粒ソーワイヤ 2 における砥粒 4 の配置パターンを示す。

【0040】

図 8 および図 9 は，鋼線 1 と，鋼線 1 に接着している液滴 3 と，鋼線 1 に向けて液滴 3 を噴出する 6 つのノズル 31 との位置関係を示している。10

【0041】

図 8 および図 9 に示す鋼線 1 の表面に接着されている液滴 3 の位置（接着パターン）はいずれも同じらせん状のパターンであるが，6 つのノズル 31 の配置位置が，図 8 と図 9 とでは異なっている。

【0042】

図 8 では，6 つのノズル 31 が，鋼線 1 の一の横断面に沿って互いに等角度間隔をあけて配置されている。6 つのノズル 31 のそれぞれから噴出される液滴 3 の噴出タイミングをずらすこと，走行する鋼線 1 の表面に液滴 3 がらせん状に接着される。20

【0043】

図 9 では，6 つのノズル 31 が，鋼線 1 の外側周囲において互いに等角度間隔をあけて配置され，かつ鋼線 1 の長手方向にも位置を異ならせて（等間隔をあけて）設けられている。図 9 に示す態様では 6 つのノズル 31 から同時に液滴 3 を噴出することができる。ノズル 31 自体の配置によって，らせん状に並ぶ液滴 3 の鋼線 1 の表面への接着が実現される。

【0044】

ノズル 31 の数，各ノズル 31 からの液滴 3 の噴出タイミング，および各ノズル 31 の配置位置を制御することで，鋼線 1 の表面に様々な密度かつパターンで液滴 3 を接着することができ，たとえば図 10 に示すように，異なるらせん方向に並ぶ複数の液滴 3 の接着パターンを鋼線 1 の表面に実現することもできる。30

【0045】

図 11 に複数の砥粒 4 が液滴 3 によって表面に付着している鋼線 1 の拡大写真を示す。

【0046】

上述した実施例では，電気めっきによってニッケルめっき層 6 を鋼線 1 に積層する例を説明したが，電気めっきに代えて無電解めっきや溶融めっきを用いてもよい。また，上述した実施例ではダイヤモンド粉碎物を砥粒 4 として用いる例を説明したが，ニッケルによってプレコーティングしたダイヤモンド粉碎物（金属被膜ダイヤモンド粉碎物）を砥粒 4 として用いてもよい。特にめっき層（接着材）の金属と同じ金属によってダイヤモンド粉碎物をプレコーティングしておくことでダイヤモンド粉碎物の周囲にめっきが良好に析出されることになるので，ダイヤモンド粉碎物をより強固に鋼線 1 の表面に固定することができる。40

【0047】

図 12 はダイヤモンド粉碎物を砥粒 4 として用いた固定砥粒ソーワイヤの一部拡大断面写真である。図 13 はニッケルによってプレコーティングしたダイヤモンド粉碎物を砥粒 4 として用いた固定砥粒ソーワイヤの一部拡大断面写真である。なお，図 12 および図 13 に示す断面写真では，固定砥粒ソーワイヤの外縁を分かりやすくするための画像補正（エッジを明るくする補正）を行っている。

【0048】

ダイヤモンド粉碎物とニッケルによってプレコーティングしたダイヤモンド粉碎物の両方を，鋼線 1 の表面に固定してもよい。上述した砥粒付着装置 40 の砥粒堆積層 42（図 1 参照）に，ダイヤモンド粉碎物とニッケルによってプレコーティングしたダイヤモンド粉碎

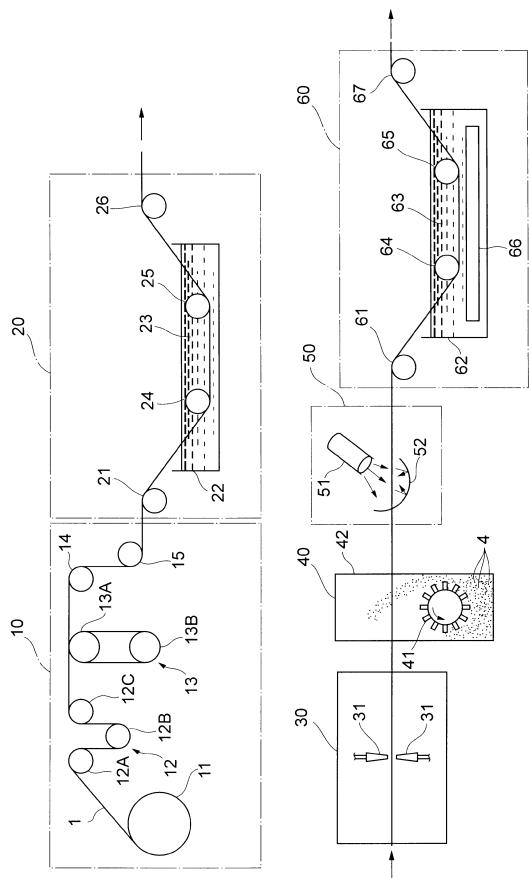
物を混在させておくことで、これらの両方を鋼線 1 の表面に固定することができる。

【符号の説明】

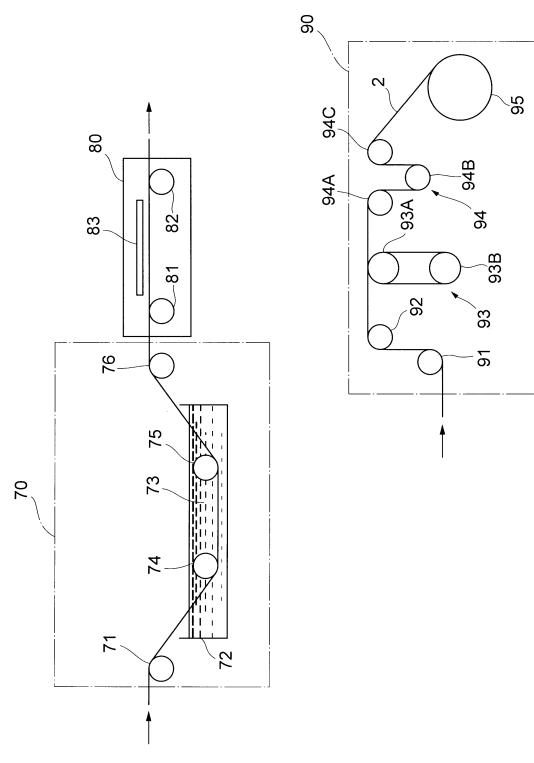
【0049】

- 1 鋼線
- 2 固定砥粒ソーワイヤ
- 3 液滴
- 4 ダイヤモンド粉碎物（砥粒）
- 6 ニッケルめっき層

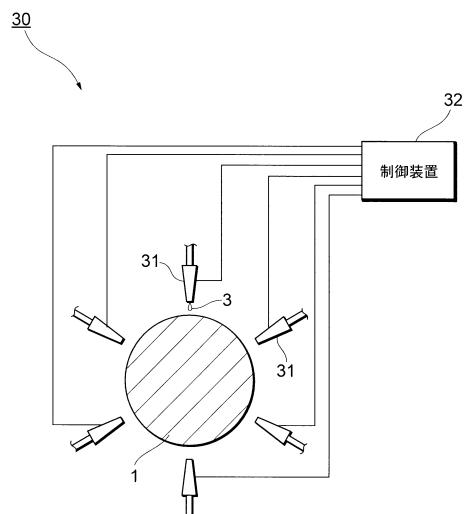
【図1】



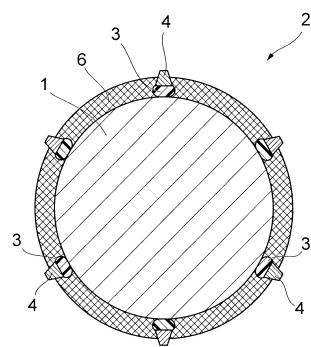
【図2】



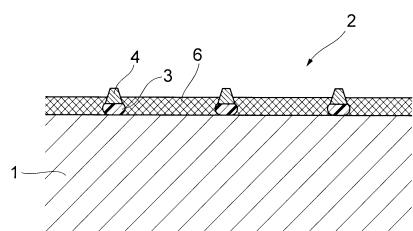
【図3】



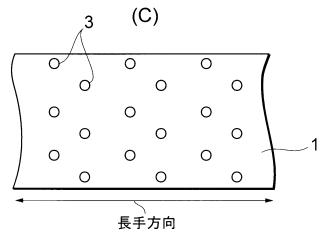
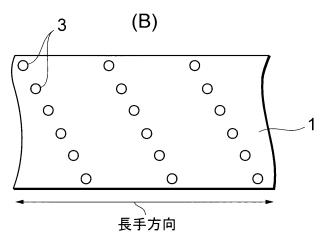
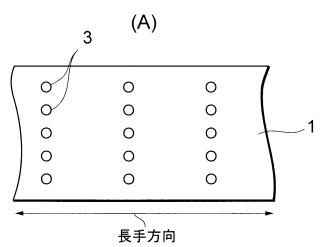
【図4】



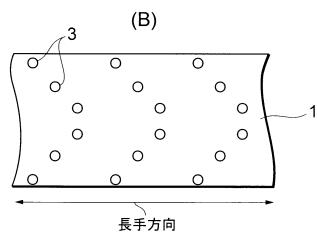
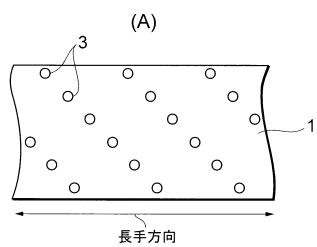
【図5】



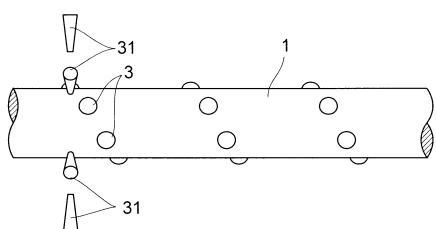
【図6】



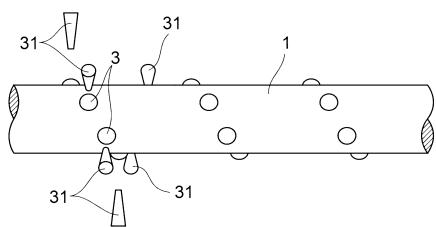
【図7】



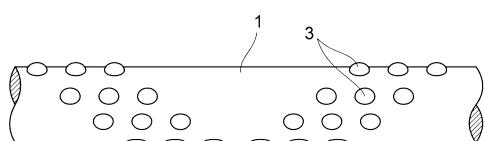
【図 8】



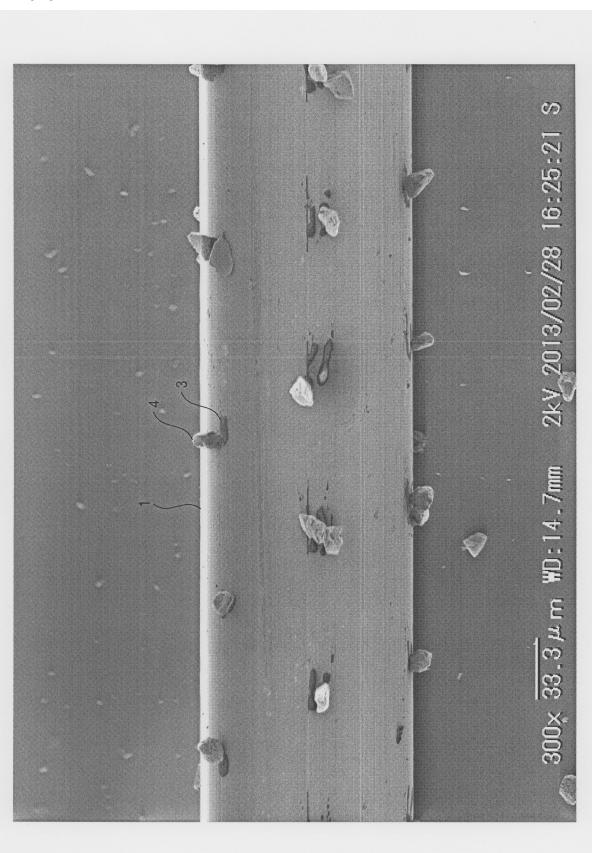
【図 9】



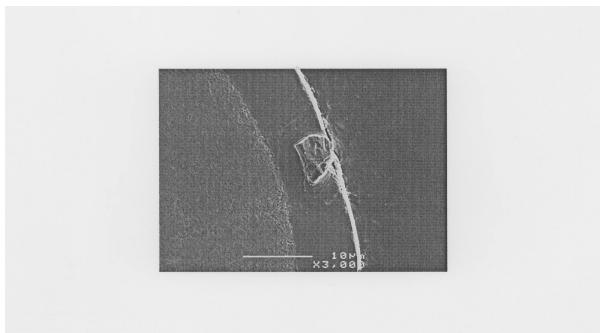
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I
B 2 3 D 61/18 (2006.01)	B 2 4 D 3/00 3 1 0 D
H 0 1 L 21/304 (2006.01)	B 2 8 D 5/04 C
	B 2 3 D 61/18
	H 0 1 L 21/304 6 1 1 W

(72)発明者 木根 弘起
茨城県かすみがうら市宍倉 5 7 0 7 東京製綱内

(72)発明者 玉田 聰
岩手県北上市北工業団地 7 - 1 東京製綱内

(72)発明者 呂 精琢
岩手県北上市北工業団地 7 - 1 東京製綱内

(72)発明者 平勢 理士
茨城県かすみがうら市宍倉 5 7 0 7 東京製綱内

(72)発明者 村田 和広
茨城県つくば市東 1 - 1 - 1 つくば中央第 5 内

審査官 村上 哲

(56)参考文献 特開2009-066689 (JP, A)
特開2011-230258 (JP, A)
特開2001-293649 (JP, A)
特開2001-030178 (JP, A)
特開2004-237376 (JP, A)
特開2003-200353 (JP, A)
米国特許出願公開第2009/0032006 (US, A1)
米国特許出願公開第2011/0009039 (US, A1)
特表2014-530770 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 2 4 D	1 1 / 0 0
B 2 3 D	6 1 / 1 8
B 2 4 B	2 7 / 0 6
B 2 4 D	3 / 0 0
B 2 4 D	3 / 2 8
B 2 8 D	5 / 0 4
H 0 1 L	2 1 / 3 0 4
W P I	