

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6145548号
(P6145548)

(45) 発行日 平成29年6月14日(2017.6.14)

(24) 登録日 平成29年5月19日(2017.5.19)

(51) Int.Cl.

F I

B 2 4 B 9/00 (2006.01)

B 2 4 B 9/00 6 O 1 H

B 2 4 B 1/04 (2006.01)

B 2 4 B 1/04 B

B 2 4 D 5/00 (2006.01)

B 2 4 D 5/00 P

H O 1 L 21/304 (2006.01)

H O 1 L 21/304 6 2 1 E

H O 1 L 21/304 6 2 2 Y

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2016-195412 (P2016-195412)

(22) 出願日 平成28年10月3日(2016.10.3)

審査請求日 平成28年10月3日(2016.10.3)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000151494

株式会社東京精密

東京都八王子市石川町2968-2

(74) 代理人 100163533

弁理士 金山 義信

(72) 発明者 片山 翔

茨城県土浦市北神立町2-14 株式会社
東精エンジニアリング内

(72) 発明者 稲村 雅人

茨城県土浦市北神立町2-14 株式会社
東精エンジニアリング内

審査官 須中 栄治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 面取り研削方法及び面取り研削装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

板状の被加工材の端面を、回転軸を中心に回転する研削砥石で研削する面取り研削方法であって、

前記研削砥石は、前記回転軸の軸方向に平行な加工溝である溝部と、該溝部の上下に形成された斜面と、を有し、

前記研削砥石を回転させると共に前記軸方向に超音波振動を与え、

前記被加工材の端面に前記加工溝を垂直方向より押し付けて当接することで研削し、

前記斜面の番手を前記溝部の番手より大きく、砥粒が細くなるようにされたことを特徴とする面取り研削方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の面取り研削方法であって、

前記被加工材の外周面に形成された、スライシングされた V 字断面形状溝の端面に前記加工溝を垂直方向より押し付けて当接することで面取りされたノッチ溝を形成することを特徴とする面取り研削方法。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の面取り研削方法であって、

前記加工溝の幅は前記被加工材の厚さに対して前記超音波振動の振幅以上大きくされたことを特徴とする面取り研削方法。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の面取り研削方法であって、

前記研削砥石は、該研削砥石を回転させると共に、該研削砥石に前記超音波振動を与える振動部が設けられた研削スピンドルに交換可能として取り付けられ、

前記研削砥石の直径は前記振動部の直径よりも小さくされたことを特徴とする面取り研削方法。

【請求項 5】

板状の被加工材の端面を、回転軸を中心に回転する研削砥石で研削する面取り研削装置において、

前記研削砥石を回転させると共に、前記回転軸の軸方向に対して超音波振動を与える研削スピンドルを備え、

前記研削砥石は、加工溝として前記軸方向に平行な溝部と、該溝部の上下に形成された斜面を有し、

前記斜面の番手を前記溝部の番手より大きく、砥粒が細かくなるようにされ、

前記被加工材の端面に前記加工溝を垂直方向より押し付けて研削することを特徴とする面取り研削装置。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の面取り研削装置において、

前記研削装置は、前記被加工材の外周面に形成された、スライシングされた V 字断面形状溝に前記加工溝を垂直方向より押し付けて面取りされたノッチ溝を形成することを特徴とする面取り研削装置。

【請求項 7】

請求項 5 又は 6 に記載の面取り研削装置において、

前記加工溝の幅は前記被加工材の厚さに対して前記超音波振動の振幅以上大きくされたことを特徴とする面取り研削装置。

【請求項 8】

請求項 5 から 7 のいずれか 1 項に記載の面取り研削装置において、

前記研削砥石は前記超音波振動を与える振動部が設けられた前記研削スピンドルに交換可能として取り付けられ、前記研削砥石の直径は前記振動部の直径よりも小さくされたことを特徴とする面取り研削装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、シリコン、サファイア、化合物、ガラス等の様々な素材、特に半導体ウエーハ、ガラスパネル等の板状被加工材の端面における高精度な面取り研削方法及び面取り研削装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、ウエーハの品質向上の要求が強く、ウエーハ端面（エッジ部）の加工状態が重要視される。シリコンウエーハ等の半導体ウエーハは、半導体デバイス等の作製に使用されるが、ハンドリングによるチッピングを防止するため、縁部を研削することで面取り加工が行われる。また、その後工程として研磨による鏡面面取り加工が行われている。半導体製造工程において、ウエーハ製造からデバイス製造に至るまで、エッジ特性の品質改善は必要不可欠なプロセスとなっている。

【0003】

シリコン等は固くてもろく、ウエーハの端面がスライシング時の鋭利なままでは、続く処理工程での搬送や位置合わせなどの取り扱い時に容易に割れたり欠けたりして、断片がウエーハ表面を傷つけたり汚染したりする。これを防ぐため、切り出されたウエーハの端面をダイヤモンドでコートされた面取り砥石で面取りする。この時、ばらつきのある外周の直径を合わせ、オリエンテーションフラット（OF）の幅の長さを合わせることや、ノッチと呼ばれる微少な切り欠きの寸法を合わせることも必要とされる。

【 0 0 0 4 】

また、スマートフォンやタブレットに用いられる、薄型化、軽量化が追求されたガラス基板には、マスキング印刷、センサー電極の形成、その後に切断することが行われ、面取りの加工品質、加工面粗さ、マイクロクラックの発生などがガラス基板の端面強度に直接影響する。

【 0 0 0 5 】

さらに、通常の研削ではレジン砥石の回転軸に対してウエーハWの主面が垂直となる状態で面取り部を研削するが、この場合、面取り部には円周方向の研削による条痕が発生し易い。そこで、ウエーハに対して例えばレジン砥石を傾けてウエーハの面取り部を研削する、いわゆるヘリカル研削を行うことが知られている。

10

【 0 0 0 6 】

ヘリカル研削を行うと、通常研削に比べ面取り部の加工歪みを低減させるだけでなく、ウエーハの面取り部と砥石との接触領域が増えて面取り部の表面粗さが改善される効果が得られる。

【 0 0 0 7 】

特に、半導体デバイスの製造工程においては、半導体ウエーハの結晶方位を合わせ易くするために、ウエーハ周縁の一部を略V字形あるいは円弧状に切欠して成るノッチ溝の形成が必須とされている。略V字形のノッチ溝は、ウエーハの限られた面積を効率良く活用でき、位置決め精度に優れる等の利点から広く採用されている。

【 0 0 0 8 】

20

ノッチ溝は、ウエーハの周縁部分に設けられた小さい切り欠き部分であり、主な切り欠き形状はU字形状又はV字形状の2種類である。特に近年は製品の歩留まりを上げるために、ウエーハ表面積の損失がより少ないV字形状のノッチ溝が多用されている。ノッチ溝は、シリコン単結晶ブロックの外周表面を円筒研削機により所定の径まで削り、インゴット切断機を用い結晶方位を示すノッチ溝のV字形状を形成する。そして、研削加工した後工程として鏡面研磨される。

【 0 0 0 9 】

通常、ノッチ溝の傾斜面及び端面は、ノッチ溝が外周と大きく異なった形状をしているため、ノッチ専用のノッチ研磨用装置を用いて鏡面研磨される。ノッチ溝の鏡面加工は、ノッチ溝の形状に合わせた周縁部分を有する円板形状又はリング形状の研磨布などで構成される研磨部材を回転させながらウエーハのノッチ溝に圧接させることで行われ、例えば特許文献1に記載されている。

30

【 0 0 1 0 】

ノッチ溝を鏡面研磨する前には、ノッチ溝に対しては、面取りのための研削加工を施すことが一般化され、ノッチ溝を正確な寸法に加工することが要求されている。そこで、ノッチ溝の面取りにおいて、高精度なV斜面を得るため、砥石を半導体ウエーハに設けられたノッチ溝の一方のV斜面に沿って相対移動させる送り機構と、砥石をノッチ溝の他方のV斜面方向に沿って相対移動させる送り機構を設けることが知られ、特許文献2に記載されている。

【 先行技術文献 】

40

【 特許文献 】

【 0 0 1 1 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 0 - 1 0 8 9 6 8 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 2 - 2 8 8 4 0 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 2 】

上記従来技術において、鏡面研磨が必須となるが、研磨時には、研磨部材はノッチ研磨領域に押圧された状態で研磨が遂行される。特許文献1に示されるように研磨部材を回転させながらウエーハのノッチ溝に圧接させるので、研磨部材を頻繁に取り替えることが必

50

要となり、作業効率が悪かった。

【 0 0 1 3 】

また、特許文献 2 に示されるようにノッチ溝の V 斜面に沿って研削砥石を移動させて高精度化を図ったとしても、研削後の粗さが粗いと、後工程である研磨にコストが掛かり形状も崩してしまうことになっていた。

【 0 0 1 4 】

さらに、メタル砥石を単に回転させるノッチ面取り研削は、砥石に含有される砥粒の条痕が被研削面に転写され、表面の仕上がりが悪い。さらに、上記同様に、後工程のノッチ研磨にコストが掛かり、形状も不正確なものとなる。そこで、ノッチ溝に対してもヘリカル研削を行うことが望ましいが、他の外周部と異なりノッチの形状により極めて困難である。

10

【 0 0 1 5 】

さらに、メタル砥石に対して樹脂系レジンボンドを用いた砥石にて行うことも考えられるが、表面粗さの改善が実現されても溝形状の変形、切れ味の低下の発生により、実用的でない。

【 0 0 1 6 】

本発明の目的は、上記従来技術の課題を解決し、特に、ノッチ溝の研削工程において、条痕の発生を抑制し、ヘリカル研削に劣らない良好な面粗さを実現する。そして、後工程である研磨の負担を軽減して、研磨後も研削時点の形状が維持され、正確な形状を形成することにあり。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 7 】

上記目的を達成するため、本発明は、板状の被加工材の端面を、回転軸を中心に回転する研削砥石で研削する面取り研削方法であって、前記研削砥石は、前記回転軸の軸方向に平行な加工溝である溝部と、該溝部の上下に形成された斜面と、を有し、前記研削砥石を回転させると共に前記軸方向に超音波振動を与え、前記被加工材の端面に前記加工溝を垂直方向より押し付けて当接することで研削するものである。

【 0 0 1 8 】

また、上記において、前記被加工材の外周面に形成された、スライシングされた V 字断面形状溝の端面に前記加工溝を垂直方向より押し付けて当接することで面取りされたノッチ溝を形成することが好ましい。

30

【 0 0 1 9 】

さらに、上記において、前記加工溝の幅は前記被加工材の厚さに対して前記超音波振動の振幅以上大きくされたことが好ましい。

【 0 0 2 0 】

さらに、上記において、前記斜面の番手を前記溝部の番手より大きく、砥粒が細くなるようにされたことが好ましい。

【 0 0 2 1 】

さらに、上記において、前記研削砥石は、該研削砥石を回転させると共に、該研削砥石に前記超音波振動を与える振動部が設けられた研削スピンドルに交換可能として取り付けられ、前記研削砥石の直径は前記振動部の直径よりも小さくされたことが好ましい。

40

【 0 0 2 2 】

また、本発明は、板状の被加工材の端面を、回転軸を中心に回転する研削砥石で研削する面取り研削装置において、前記研削砥石を回転させると共に、前記回転軸の軸方向に対して超音波振動を与える研削スピンドルを備え、前記研削砥石は、加工溝として前記軸方向に平行な溝部と、該溝部の上下に形成された斜面を有し、前記被加工材の端面に前記加工溝を垂直方向より押し付けて研削することを備えたものである。

【 0 0 2 3 】

さらに、上記のものにおいて、前記研削装置は、前記被加工材の外周面に形成された、スライシングされた V 字断面形状溝に前記加工溝を垂直方向より押し付けて面取りされた

50

ノッチ溝を形成することが好ましい。

【0024】

さらに、上記のものにおいて、前記加工溝の幅は前記被加工材の厚さに対して前記超音波振動の振幅以上大きくされたことが好ましい。

【0025】

さらに、上記のものにおいて、前記斜面の番手を前記溝部の番手より大きく、砥粒が細かくなるようにされたことが好ましい。

【0026】

さらに、上記のものにおいて、前記研削砥石は前記超音波振動を与える振動部が設けられた前記研削スピンドルに交換可能として取り付けられ、前記研削砥石の直径は前記振動部の直径よりも小さくされたことが好ましい。

10

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、加工溝として軸方向に平行な溝部と、該溝部の上下に形成された斜面と、を有する研削砥石を回転させると共に、軸方向に超音波振動を与え研削するので、特に、ノッチ溝の研削工程であっても、条痕の発生を抑制し、良好な面粗さを実現できる。したがって、後工程である研磨の負担を軽減して、最終的な面粗さと形状精度を向上できる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

20

【図1】本発明の一実施形態に係るノッチ研削装置の主要部を示す平面図

【図2】一実施形態における加工部の構成を示す平面図

【図3】一実施形態におけるノッチ溝の形成工程を示す図

【図4】一実施形態におけるノッチ溝の詳細な形成過程を示す図

【図5】一実施形態における研削スピンドルを示す斜視図

【図6】一実施形態におけるツールホルダを示す斜視図

【図7】一実施形態におけるノッチ研削砥石を示す外観図

【図8】他の実施形態におけるツールホルダを示す斜視図

【図9】一実施形態における加工とウエーハWの形状を示す断面図

【図10】一実施形態における加工溝の詳細を示す断面図

30

【図11】一実施形態における改善効果を示す図（斜面部分の表面粗さ）

【図12】一実施形態における改善効果を示す図（端面部分の表面粗さ）

【発明を実施するための形態】

【0029】

ノッチ溝を正確な寸法に加工することは、次工程の微細加工時の位置合わせ時間を短縮することができるため、高精度の研削加工が要求されている。以下に、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。この実施形態により発明が限定されるものでなく、実施形態における構成要素には当業者が容易に想定できるもの、あるいは実質的に同一のものも含まれる。

【0030】

40

図1は本発明の一実施形態に係るノッチ研削装置を有する面取り装置の主要部を示す平面図である。面取り装置は、主に供給回収部20、加工部10を有し、その他図示していないが、ブリアライメント部、洗浄部、後測定部、搬送部等から構成される。

【0031】

ウエーハ加工工程は、スライス 面取り ラップ エッチング ドナーキラー 精面取りの順で行われ、工程間には汚れを取り除くため、各種洗浄が用いられる。シリコン等は固くてもろく、ウエーハの端面がスライシング時の鋭利なままでは、続く処理工程での搬送や位置合わせなどの取り扱い時に容易に割れたり欠けたりして、断片がウエーハ表面を傷つけたり汚染したりする。これを防ぐため、面取り工程では切り出されたウエーハの端面をダイヤモンドでコートされた面取り砥石で面取りする。

50

【 0 0 3 2 】

面取り工程は、ラッピング工程の後に行われることもある。この時、ばらつきのある外周の直径を合わせ、オリエンテーションフラット（OF）の幅の長さを合わせることや、ノッチと呼ばれる微少な切り欠きの寸法を合わせることも行われる。

【 0 0 3 3 】

供給回収部 20 は、面取り加工するウエーハ W をウエーハカセット 30 から加工部 10 に供給すると共に、面取り加工されたウエーハをウエーハカセット 30 に回収する。この動作は供給回収口ボット 40 で行われる。ウエーハカセット 30 は、カセットテーブル 31 にセットされ、面取り加工するウエーハ W が多数枚収納されている。供給回収口ボット 40 はウエーハカセット 30 からウエーハ W を 1 枚ずつ取り出したり、面取り加工されたウエーハをウエーハカセット 30 に収納したりする。

10

【 0 0 3 4 】

供給回収口ボット 40 は 3 軸回転型の搬送アーム 50 を備えており、搬送アーム 50 は、その上面部に図示しない吸着パッドを備えている。搬送アーム 50 は、吸着パッドでウエーハ W の裏面を真空吸着してウエーハ W を保持する。すなわち、この供給回収口ボット 40 の搬送アーム 50 は、ウエーハ W を保持した状態で前後、昇降移動及び旋回することができ、この動作を組み合わせることによりウエーハ W の搬送を行う。

【 0 0 3 5 】

加工部 10 はウエーハ面取り装置の正面部に配置されており、ウエーハ W の外周面取りの全加工、すなわち、粗加工から仕上げ加工までを行う。この加工部 10 は、ウエーハ送り装置 60、外周研削装置 62、ウエーハ W を搬送するトランスファーアーム 63 及びノッチ研削装置 61 から構成されている。ウエーハ送り装置 60 は、ウエーハ W を吸着保持するチャックテーブル（ウエーハテーブル）66 を有している。

20

【 0 0 3 6 】

図 2 は、加工部 10 の詳細を示す平面図であり、チャックテーブル 66 は、図示しない駆動手段に駆動されることにより、前後方向（Y 軸方向）、左右方向（X 軸方向）、及び上下方向（Z 軸方向）の各方向に移動すると共に、チャックテーブル駆動モータ（図示せず）に駆動されることにより中心軸（ 軸 ）回りに回転する。

【 0 0 3 7 】

外周研削装置 62 は、チャックテーブル 66 に対して Y 軸方向に所定距離だけ離れた位置に配置される。この外周研削装置 62 は、外周粗研モータ（図示せず）に駆動されて回転する外周スピンドル 68 を有している。外周スピンドル 68 は、図示しない駆動手段に駆動されることにより前後方向（Y 軸方向）及び上下方向（Z 軸方向）の各方向に移動可能に構成される。

30

【 0 0 3 8 】

外周スピンドル 68 には、ウエーハ W の外周を研削する外周研削砥石 69 が装着され、その回転軸となる。外周研削砥石 69 は、その外周面に複数の外周研削溝が形成されており（総形砥石）、この溝にウエーハ W の外周を押し当てることにより、ウエーハ W の外周が研削される。

【 0 0 3 9 】

ノッチ研削装置 61 は、チャックテーブル 66 に対して X 軸方向に所定距離だけ離れた位置に配置される。ノッチ研削装置 61 は、ノッチ研削モータ（図示せず）に駆動されて回転する研削スピンドル 71 を有している。研削スピンドル 71 は、図示しない駆動手段に駆動されることにより左右方向（X 軸方向）及び上下方向（Z 軸方向）の各方向に移動可能に構成される。研削スピンドル 71 には、ウエーハ W に形成された V 字形状のノッチ溝を面取り加工するノッチ研削砥石 72 が装着される。ここで、図 2 においては、分かりやすくするためにノッチ研削砥石 72 と、研削スピンドル 71 とを大きく描いているが、実際のサイズは、ノッチ溝 1 内を研削できるような小さいサイズである。

40

【 0 0 4 0 】

ノッチ研削砥石 72 は、その外周面にノッチ研削溝が形成されており（総形砥石）、切

50

断されて形成されたノッチ溝を押し当てることにより、ノッチ溝の面取り及び研削加工される。このとき、ノッチ研削砥石 7 2 は、研削スピンドル 7 1 により回転すると共に、軸方向に超音波振動が与えられて V 字形状のノッチ溝が所定形状となるように研削加工される。

【 0 0 4 1 】

超音波振動を与えながら研削加工することにより、ヘリカル研削と同様に、砥粒の運動方向がウエーハ W の外周の運動方向と交差する。これにより、接触面積が増大すること、作用する砥粒数が増加すること、研削によるキリコが加工面に落下することがないこと等より、砥石摩耗が抑制され、外周の形状崩れ等を低減できる。

【 0 0 4 2 】

さらに、加工面にキリコによる傷、引っ掻きによる条痕を生じることもないため、通常の研削に比べて加工面（研削面）の粗さが良好となる。したがって、ノッチ溝の研削だけでなく、外周研削砥石 6 9 に対しても軸方向に超音波振動を与えて研削すれば、同様の効果が得られる。

【 0 0 4 3 】

次に、ノッチ溝の形成から仕上げ加工までの詳細について説明する。図 3 はノッチ溝 1 の形成工程を示す図である。単結晶ブロック 1 1 の外周表面を円筒研削機により所定の結晶径まで削り、結晶方位を示すノッチ溝 1 となる V 字断面溝 1 2 あるいはオリエンテーションフラット 1 4 用の平坦面 1 3 を形成して単結晶塊とする。

【 0 0 4 4 】

次に、単結晶塊はスライス工程で、厚さが約 1 mm 前後の薄いウエーハ状にスライス加工される。その後、ウエーハ表面の凹凸を平滑にするためのラッピング工程に移され、割れや欠け防止あるいは大きさを整えるために、ウエーハ外周部の角や外周を削る面取り加工が施される。

【 0 0 4 5 】

次に、スライスやラッピングでウエーハ表層に生じた加工歪みを取り除くために、ウエーハを薬品処理する化学エッチング（化学研磨）が行われる。化学エッチングの後には、ウエーハ抵抗値を安定させる等を目的に熱処理工程を経て、シリコン単結晶ウエーハの表面を機械的・化学的研磨（ポリッシング）により鏡のように磨き、最終的なシリコン単結晶ウエーハとなる。

【 0 0 4 6 】

以上のように、単結晶ブロック 1 1 の周方向における予め定められた結晶方位位置には、単結晶ブロック 1 1 をウエーハ W に加工したときに、結晶方位を示すノッチ溝 1 を結晶主軸方向に形成することができる。また、ウエーハの W の規格が、オリエンテーションフラットの付与を要求するものであった場合は、単結晶ブロック 1 1 の外周面の、V 字断面溝 1 2 を含む周方向の一部区間を、溝形状が消滅するまで平坦面とする加工を行い、その形成された平坦面をオリエンテーションフラット 1 4 として用いることができる。

【 0 0 4 7 】

図 4 は、ノッチ研削加工前からノッチ研磨加工後までのノッチ溝 1 の形成過程を詳細に示す図である。ノッチ研削加工前、V 字断面溝 1 2 がスライシング、切断されたときのノッチ溝 1 の形状は、上左図に示すように端部がスライシング時の鋭利なままであり、続く処理工程での搬送や位置合わせなどの取り扱い時に容易に割れたり欠けたりして、断片がウエーハ表面を傷つけたり汚染したりする。

【 0 0 4 8 】

上右図はノッチ溝 1 の端面を面取り加工した状態を示し、上下端部を面取りすると共に、V 字部には R が付くように研削加工を施した様子である。下図は、研削加工の後に研磨を行った状態を示す。研削加工された端部は、さらに鏡面研磨され、丸味を帯びた形状となっている。

【 0 0 4 9 】

ウエーハ W の外周部と同様に、ノッチ溝 1 の縁部は、チップングを防止するため鋭利で

10

20

30

40

50

なく、滑らかで高品質である必要がある。同時に、半導体ウエーハの結晶方位を合わせる基準となるため、位置精度が得られるように正確な寸法で溝形状の変形がないことが求められる。これに対して、図4に示されるように研削加工ではノッチ溝1の形状を正確に、さらにはV斜面を高精度とすることができ、表面の仕上がりを十分なものとするのは困難である。

【0050】

また、研磨加工では、表面粗さ等の表面の仕上がりは改善することができるが、加工量、加工負担が大きいと溝形状の変形が大きく、正確さが劣化する。さらに、研磨部材が痛むことで却って表面に傷を付けたり、研磨部材を頻繁に取り替えることが必要であった。そこで、ノッチ溝1は、研削加工で表面の仕上がりをより良好とすることが求められる。

10

【0051】

ダイヤモンド砥粒のメタルボンド砥石を用い、単に回転させてノッチ面取り研削を行っただけでは、砥石に含有される砥粒の条痕が被研削面に転写され、表面の仕上がりが悪く、後工程のノッチ研磨にコストが掛かり、結果的にノッチ溝1の形状も不正確なものとなる。そこで、ノッチ溝1の研削加工において、形状精度を向上させつつ条痕の発生をなくし面粗さを改善するため、回転だけでなく、ノッチ溝1におけるスラスト方向に振動を与えることでヘリカル研削と同様の効果を得ることとする。

【0052】

図5ないし図7を参照して、ノッチ溝1に対してスラスト方向に振動を与えて研削する具体例を説明する。図5は、ノッチ研削砥石72が取り付けられた研削スピンドル71を示し、図6は、ツールホルダ73、図7はノッチ研削砥石72の外観を示す。ノッチ研削砥石72は、研削スピンドル71の先端にツールホルダ73を介して取り付けられる。

20

【0053】

研削スピンドル71は、軸受け部74、振動部75が設けられ、振動部75は軸受け部74に回転支持される。ツールホルダ73は振動部75の先に交換可能として取り付けられる。振動部75には超音波振動子(図示せず)が内蔵され軸方向に超音波振動する。したがって、ノッチ研削砥石72は、回転すると共に、軸方向に超音波振動が与えられる。軸方向はウエーハWの厚さ方向に相当する。

【0054】

また、研削スピンドル71に振動部75が設けられるので、加工時に少ない電力で超音波振動を有効に与えることができる。特に、被加工材であるウエーハW側を超音波振動させるものと比べて超音波振動を効率良く加工に寄与させることができる。

30

【0055】

さらに、ウエーハWの固定は従来と同様であるので、超音波振動が被加工材を弾性変形することがない。また、ウエーハW側を超音波振動させたとき、ウエーハW外周部の振れ等を小さくし、その衝撃を受けることがない。したがって、加工面に傷等のダメージを与えことなく形状精度を向上できる。

【0056】

ノッチ研削砥石72の加工溝72-1は放電加工によって形成されている。また、加工溝72-1は、同形状のものが3段設けられており、溝部72-4は、ノッチ研削砥石72の回転軸の軸方向に平行に、かつ回転軸の回転方向に沿って形成され(図6、図7)、ウエーハWの厚さ方向に対する面取り用の斜面72-2、72-3が溝部72-4の上下それぞれに形成されている(図6、図7)。ノッチ研削砥石72は直径が4mm程度で、長さが12mm程度であり、振動部75の直径Dより小さくされている。

40

この溝部72-4は、被加工材の端面に垂直方向から押しつけられて当接することによりこの端面を研削する。

【0057】

また、ノッチ研削砥石72としては、例えば、Fe、Cr、Cu等の金属粉等を主成分とし、ダイヤモンド砥粒を混ぜて成形したメタルボンド砥石が用いられる。メタルボンド砥石は、砥粒の保持力が強いので砥粒の突き出し量が大きく、砥粒当たりの切り込み量を

50

大きくでき、後工程である研磨加工の負担を低減できる。

【 0 0 5 8 】

ツールホルダ 7 3 の直径 d は、振動部 7 5 の直径 D より小さくされ、段差の位置は振動部 7 5 の振動数で定常波の腹となる位置とされる。ノッチ研削砥石 7 2 の位置での振幅は、直径比 D/d に応じて増大して、振動部 7 5 の振動エネルギーが効率良く先端のノッチ研削砥石 7 2 へ伝達される。ツールホルダ 7 3 は、振動部 7 5 に内蔵された超音波振動子の縦方向の基本振動に共振し、振幅を拡大するステップホーン型の振動子用ホーンとなっている。

【 0 0 5 9 】

図 8 は、ツールホルダ 7 3 の他の実施例を示し、上図がコニカル型ホーン、下図がエキスポネンシャル型ホーンである。振幅拡大率、応力集中係数、コストを考慮して、さらにはノッチ研削砥石 7 2 の材料、研削量、加工精度により適宜に選択して用いる。振幅拡大率は、図 5 のステップホーン型が最も高く、次いでエキスポネンシャル型ホーン、コニカル型ホーンの順となり、応力集中係数はその逆となる。

【 0 0 6 0 】

図 9 は、ノッチ研削砥石 7 2 の加工溝 7 2 - 1 の形状と面取り加工されるウエーハ W の断面を示している。加工溝 7 2 - 1 は中央部の溝部 7 2 - 4 と、その上下に形成された斜面 7 2 - 2、7 2 - 3 とで構成される。斜面 7 2 - 2、7 2 - 3 は、ウエーハ W の端部を鋭利にならないように面取りする角度と同じになるように、溝部 7 2 - 4 は垂直に形成されている。

【 0 0 6 1 】

斜面 7 2 - 2、7 2 - 3 の角度は、 $3 \sim 55^\circ$ 、望ましくは $5 \sim 45^\circ$ であり、傾斜角度があまりに大きいと、研削抵抗の増大、端面における上下角部の欠け、傷などの点で好ましくない。また、加工溝 7 2 - 1 の幅 T はウエーハ W の厚さに対して超音波振動の振幅以上大きくなっている。図 9 で、矢印は、超音波振動を軸方向に与えたことを示し、超音波振動の振幅を $\pm 3 \mu\text{m}$ とすると、加工溝 7 2 - 1 の幅 T はウエーハ W の厚さ t よりも $6 \mu\text{m}$ 大きくなっている。

【 0 0 6 2 】

図 10 は加工溝 7 2 - 1 の詳細を示し、ノッチ研削砥石 7 2 は、矢印方向に $30 \sim 50 \text{ kHz}$ で超音波振動しながら $3000 \sim 30000 \text{ rpm}$ 程度で回転する。したがって、ウエーハ W の端面では垂直な溝部 7 2 - 4 がウエーハ W に当接し、ノッチ研削砥石 7 2 の回転によるウエーハ W に対する接線方向の力と矢印の振動方向の力が合成されて研削が進行する。これにより、超音波振動による微細な切り込みとなる。また、ヘリカル研削と同様な効果により作用砥粒数が増加し、回転だけによる研削では避けられない被研削面に生じる条痕を無くすることができる。

【 0 0 6 3 】

一方、ウエーハ W の面取り部では斜面 7 2 - 2、7 2 - 3 が同様にウエーハ W に当接するが、加工溝 7 2 - 1 の幅 T はウエーハ W の厚さに対して大きくなっているため、断続的な研削となる。そこで、斜面 7 2 - 2、7 2 - 3 の番手である粒度は $\#3000 \sim \#6000$ とし、溝部 7 2 - 4 の粒度は $\#1500 \sim \#3000$ としている。さらに、斜面 7 2 - 2、7 2 - 3 の粒度を溝部 7 2 - 4 の粒度よりも大きくし、砥粒が細くなるようにしている。断続的な研削となる上下面の研削はノッチ研削砥石 7 2 の番手を中央面の研削の番手よりも高くして均一化を図っている。

【 0 0 6 4 】

また、ノッチ研削砥石 7 2 は、ポーラスな表面を有する面取り砥石素材に飽和脂肪酸溶液と共に潤滑剤を含ませ、表面を乾燥させて潤滑剤含浸砥石とし、この潤滑剤を含む砥石を研削時に水冷却して使用することが望ましい。これにより、砥石の切削点へ潤滑剤が確実に供給されて切削点温度を所定温度以下にすることができる。

【 0 0 6 5 】

また、加工溝 7 2 - 1 の幅を広くするには、あらかじめ放電加工により広く加工してお

10

20

30

40

50

く。

【 0 0 6 6 】

以上のように、ウエーハWに対してノッチ研削砥石72を回転と共に、超音波振動を加えることにより、砥粒の運動方向がウエーハWの運動方向と交差すること、かつ、加工溝72-1の幅を被加工材に対して幅広とすること、により、面取り加工にヘリカル研削を適用した同様な効果が得られる。これにより、端面の面粗さ、加工歪を小さくし、高番手の砥石でも長時間の使用が可能である。

【 0 0 6 7 】

本実施の形態を適用した場合の改善効果の一例を図11、図12に示す。図11は、面取りされた斜面部分の表面粗さを示す顕微鏡写真、図12は端面部分の表面粗さを示す顕微鏡写真であり、それぞれで右図が従来技術であるノッチ研削砥石72を回転しただけによる研削加工、左図が超音波振動を加えた研削加工である。

10

【 0 0 6 8 】

図11における斜面部分においては、超音波振動によって、ウエーハWの面取り部の加工面に対しては上下方向に断続的な研削となり、小刻みに切り屑を生成して行く。また、ノッチ研削砥石72とウエーハWとの接触している界面において潤滑状態が改善され、摩擦低減効果、研削面の洗浄、研削屑の排出が促進される。これにより、元々の切削能力と砥粒の振動加速運動が追加されて切削抵抗が減少し、研削性能が向上する。

【 0 0 6 9 】

図11ではノッチ研削砥石72の番手を#3000とした場合であるが、回転しただけによる研削加工による表面粗さ $1.1\mu\text{m}$ に対して超音波振動を加えた研削加工では表面粗さが $0.5\mu\text{m}$ となり、50%以上の改善効果が得られた。

20

【 0 0 7 0 】

図12における端面部分においては、超音波振動は、加工面に対して平行になる研削となり、砥粒の運動性が高まり平行面にキャピテーションを起こす低ダメージ加工となる。それにより、ノッチ研削砥石72を回転しただけによる研削加工である右図では、ノッチ研削砥石72に含有される砥粒による条痕が被研削面に認められるが、超音波振動を加えた研削加工である左図では、砥粒の運動がクロスハッチ軌跡となり、条痕が平坦化される。

【 0 0 7 1 】

図12ではノッチ研削砥石72の番手を#3000とした場合であるが、回転しただけによる研削加工による表面粗さ $1.6\mu\text{m}$ に対して超音波振動を加えた研削加工では表面粗さが $0.4\mu\text{m}$ となり、70%以上の改善効果が得られた。

30

【 0 0 7 2 】

以上のように、超音波振動を加えたノッチ溝の研削工程において、ノッチ研削砥石72は、回転すると共に軸方向に超音波振動が与えられるので、条痕の発生を抑制し、良好な面粗さを実現できる。そして、後工程である研磨の負担を軽減して、研磨後も研削時点の形状が維持され、正確な形状を形成することができる。また、加工能率、目詰まり防止と加工性能が向上することで、形状精度と砥石ライフも向上できる。研削面の洗浄、研削屑の排出も促進し、研削性能維持、あるいは砥石形状の精度維持を図ることができる。

40

【 0 0 7 3 】

さらに、端面に化学強化されていない状態でも良好な加工面粗さが得られ、マイクロクラックの発生を抑えることができる。そして、その結果、生産効率が極めて向上し、実用上で十分な端面強度を得ることができる。

【 0 0 7 4 】

さらに、面粗さのみならず、研削溝を1回修正(ツールイング)した後、研削能力の低下、所定の外周面幅、外周角度、外周形状を満たさなくなるまでに連続して加工できる枚数も増加できる。

【 0 0 7 5 】

以上、ノッチ研削砥石72を用いてノッチ溝の超音波振動を加えた研削加工として説明

50

したが、オリエンテーションフラット、ウエーハの外周部における面取り加工、平面形状の端部に円形以外の直線部を有する被加工材の端面加工に適用しても良い。その他、半導体デバイス等の作製に使用されるシリコンウエーハ等の半導体ウエーハに限らず、シリコン、サファイア、化合物、ガラス等の様々な素材、ガラスパネル等の板状被加工材の端面における高精度な面取り加工に対しても有効である。

【符号の説明】

【 0 0 7 6 】

1 ... ノッチ溝、10 ... 加工部、11 ... 単結晶ブロック、12 ... V字断面溝、13 ... 平坦面、14 ... オリエンテーションフラット、20 ... 供給回収部、30 ... ウエーハカセット、31 ... カセットテーブル、40 ... 供給回収ロボット、W ... ウエーハ、50 ... 搬送アーム、60 ... ウエーハ送り装置、61 ... ノッチ研削装置、62 ... 外周研削装置、63 ... トランスファアーム、66 ... チャックテーブル、68 ... 外周スピンドル、69 ... 外周研削砥石、71 ... 研削スピンドル、72 ... ノッチ研削砥石、72-1 ... 加工溝、72-2、72-3 ... 斜面、72-4 ... 溝部、73 ... ツールホルダ、74 ... 軸受け部、75 ... 振動部

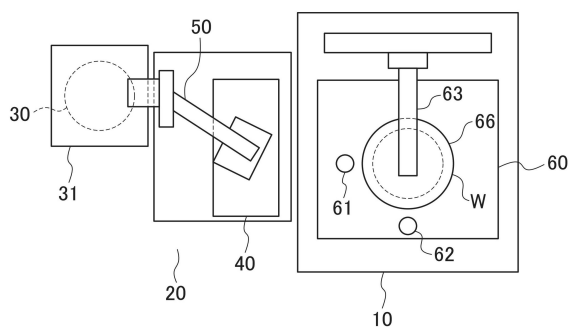
【要約】

【課題】ノッチ溝の研削工程であっても、良好な面粗さを実現し、後工程である研磨の負担を軽減して、最終的な面粗さと形状精度を向上する。

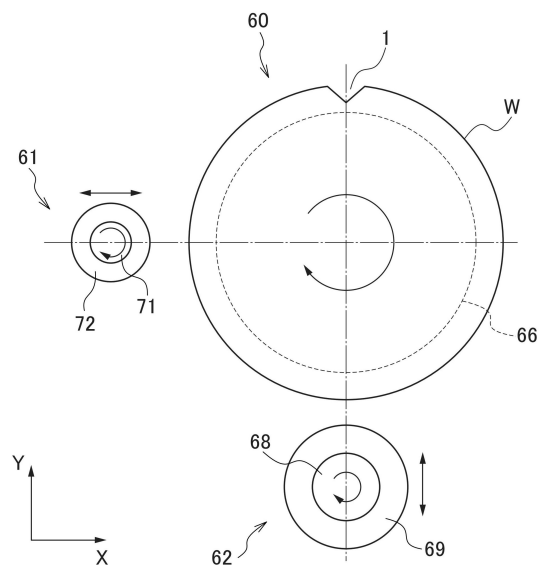
【解決手段】板状の被加工材Wの端面を研削砥石72で研削する面取り研削方法であって、研削砥石72は加工溝72-1として軸方向に平行な溝部72-4と、該溝部の上下に形成された斜面72-2、72-3と、を有し、研削砥石72を回転させると共に軸方向に超音波振動を与え、被加工材Wの端面に加工溝72-1を垂直方向より押し付けて当接することで研削する。

【選択図】図9

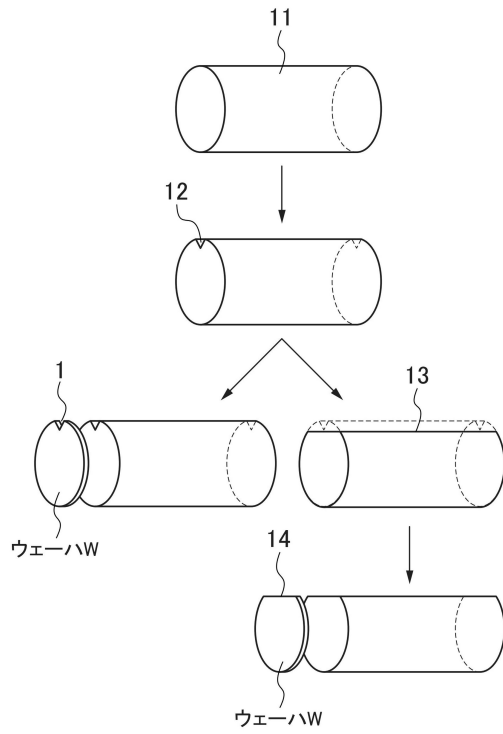
【図1】



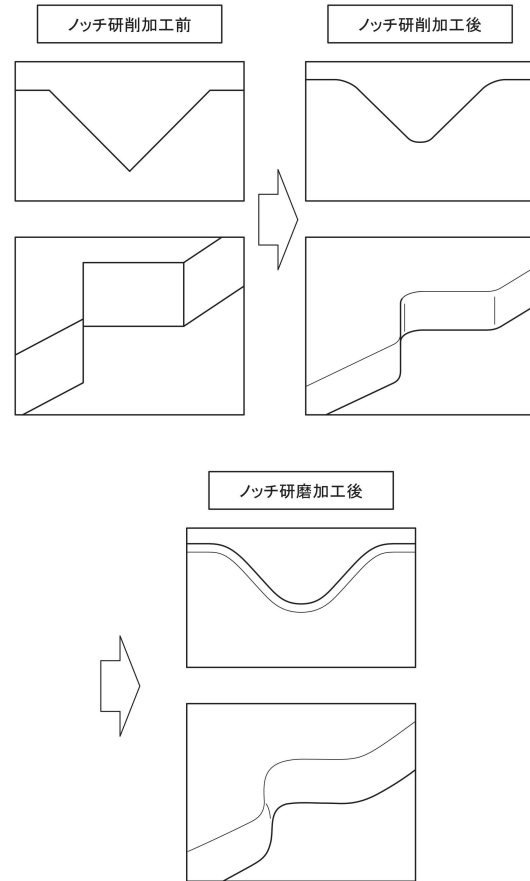
【図2】



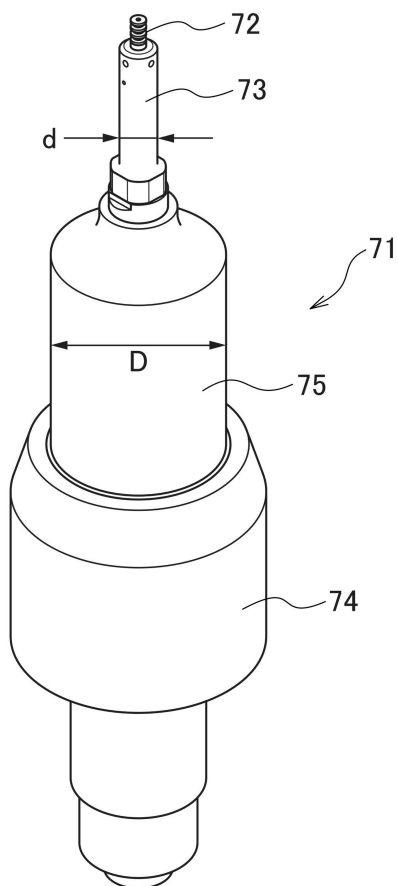
【図 3】



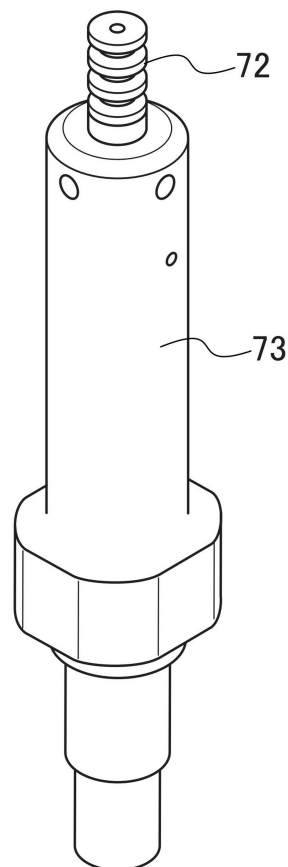
【図 4】



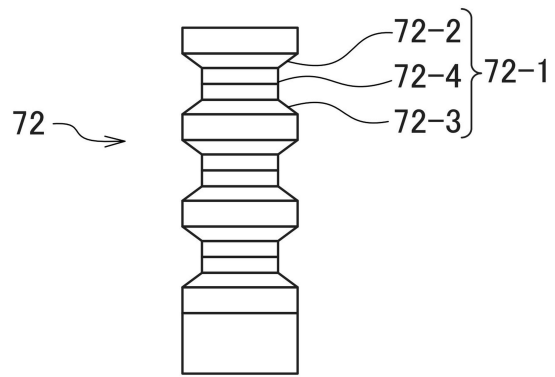
【図 5】



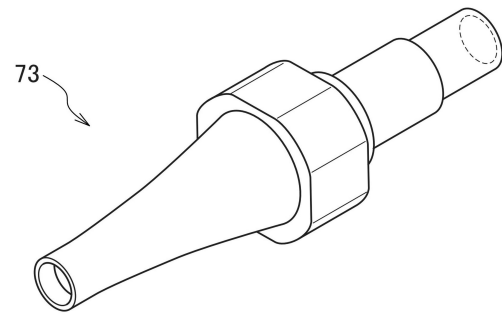
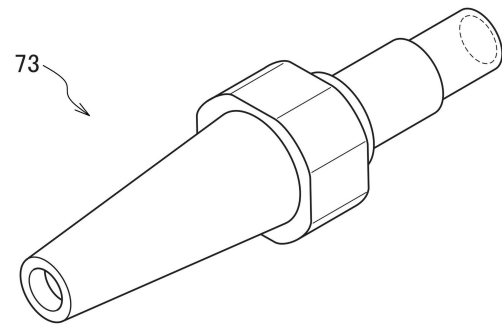
【図 6】



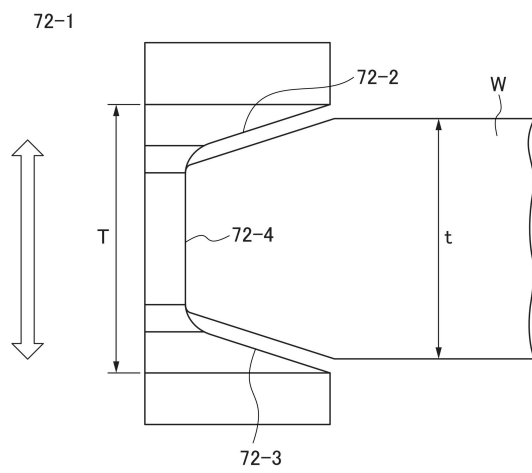
【図 7】



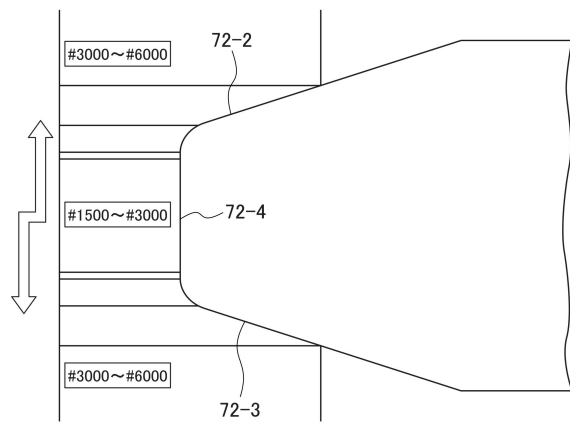
【図 8】



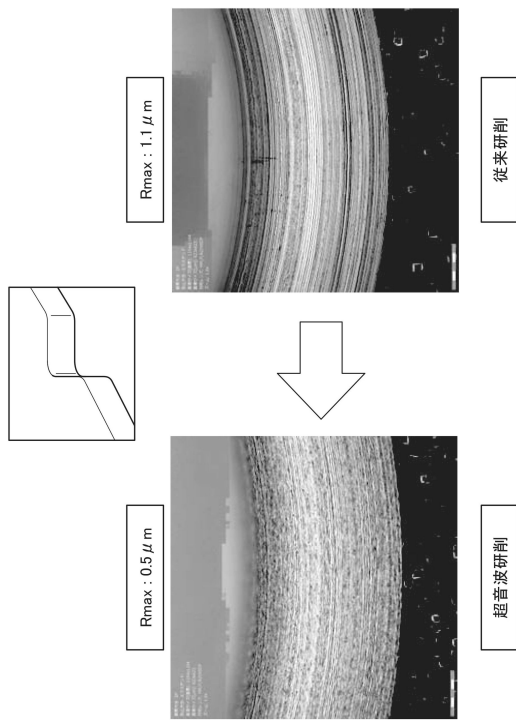
【図 9】



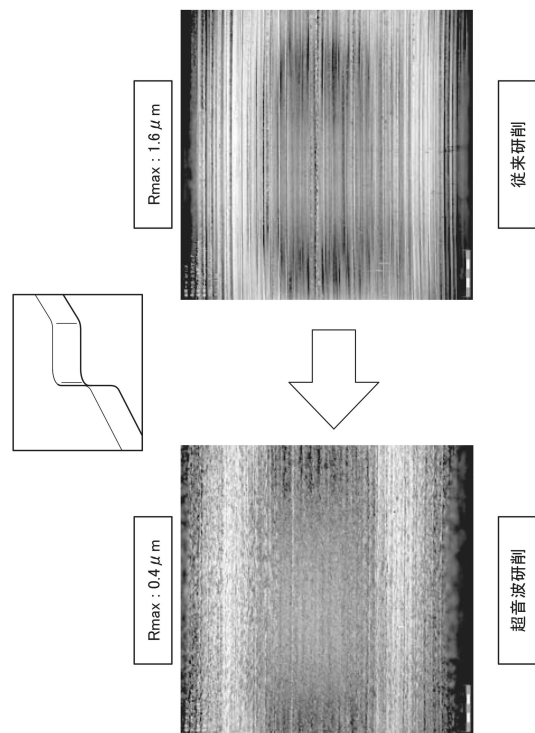
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2015 - 174180 (JP, A)
特開 2005 - 153129 (JP, A)
特開平 09 - 168947 (JP, A)
特開 2005 - 231022 (JP, A)
特開 2008 - 155287 (JP, A)
特開 2015 - 223669 (JP, A)
特開 2010 - 207984 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B24B1/04; 9/00
H01L21/304