

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4008660号
(P4008660)

(45) 発行日 平成19年11月14日(2007.11.14)

(24) 登録日 平成19年9月7日(2007.9.7)

| | | |
|--------------------------------|---------------|---------|
| (51) Int. Cl. | F I | |
| B 2 4 D 11/00 (2006.01) | B 2 4 D 11/00 | G |
| B 2 3 D 61/18 (2006.01) | B 2 3 D 61/18 | |
| B 2 4 D 3/00 (2006.01) | B 2 4 D 3/00 | 3 1 0 B |
| B 2 4 D 3/06 (2006.01) | B 2 4 D 3/00 | 3 2 0 B |
| B 2 4 B 27/06 (2006.01) | B 2 4 D 3/00 | 3 4 0 |
| 請求項の数 10 (全 14 頁) 最終頁に続く | | |

| | | | |
|---------------|-------------------------------|-----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2000-535477 (P2000-535477) | (73) 特許権者 | 391010770 |
| (86) (22) 出願日 | 平成11年3月2日(1999.3.2) | | サンーゴバン アプレイシブズ, インコーポレイティド |
| (65) 公表番号 | 特表2003-525130 (P2003-525130A) | | アメリカ合衆国, マサチューセッツ 01615-0138, ウースター, ピー. オー. ボックス 15138, ニュー ボンド ストリート 1 |
| (43) 公表日 | 平成15年8月26日(2003.8.26) | (74) 代理人 | 100077517 |
| (86) 国際出願番号 | PCT/US1999/004874 | | 弁理士 石田 敬 |
| (87) 国際公開番号 | W01999/046077 | (74) 代理人 | 100092624 |
| (87) 国際公開日 | 平成11年9月16日(1999.9.16) | | 弁理士 鶴田 準一 |
| 審査請求日 | 平成14年12月25日(2002.12.25) | (74) 代理人 | 100080919 |
| (31) 優先権主張番号 | 09/038,300 | | 弁理士 田崎 豪治 |
| (32) 優先日 | 平成10年3月11日(1998.3.11) | (74) 代理人 | 100082898 |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (US) | | 弁理士 西山 雅也 |
| (31) 優先権主張番号 | 09/244,022 | | |
| (32) 優先日 | 平成11年2月4日(1999.2.4) | | |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (US) | | |
| 最終頁に続く | | | |

(54) 【発明の名称】 超砥粒ワイヤソーおよびそのソーの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

金属ワイヤ、ならびに10～30wt%のスズと残りは銅から本質的になる青銅合金を含むろう付け金属結合剤およびスズと銀の合金を含むはんだ付け金属結合剤からなる群から選ばれる金属結合剤によりワイヤに直接に固着された砥粒を有する砥粒層を含み、砥粒は超砥粒を含むワイヤソー。

【請求項 2】

金属ワイヤの最大径が150～250μmである請求項1記載のワイヤソー。

【請求項 3】

金属ワイヤがタングステンである請求項1または2に記載のワイヤソー。

【請求項 4】

砥粒層が単一粒子の厚さの層として存在する請求項1～3のいずれか1項に記載のワイヤソー。

【請求項 5】

ろう付け金属結合剤が、チタン、タンタル、クロムおよびジルコニウムからなる群より選ばれる活性金属をさらに含む請求項1～4のいずれか1項に記載のワイヤソー。

【請求項 6】

請求項1～5のいずれか1項に記載のワイヤソーを用いてセラミック素材を切断するセラミックウェハーの製造方法。

【請求項 7】

10

20

(a) 金属ろう付組成物を含むペーストと最大断面寸法150～250μmの金属ワイヤを供給すること；

(b) ワイヤ表面をペーストの層で被覆すること；

(c) 実質的に単一粒子厚さのダイヤモンドまたは立方晶窒化硼素からなる砥粒層をペースト層に付着させること；

(d) 金属ろう付組成物を溶融するのに有効な時間及び最高約950の温度で、ワイヤを不活性雰囲気中で加熱すること；ならびに

(e) ワイヤを冷却し、それによって砥粒をワイヤに結合させること、の工程を含む、請求項1～5のいずれか1項に記載のワイヤソーの製造方法。

【請求項8】

(a) 400未満の温度で流動する金属はんだ組成物を含むペーストを供給すること；

(b) ワイヤ表面をペーストの層で被覆すること；

(c) ペースト層に砥粒層を付着させること；

(d) 結合組成物を溶融するのに有効な時間及び温度で、ワイヤを不活性雰囲気中で加熱すること；ならびに

(e) ワイヤを冷却し、それによって砥粒をワイヤに結合させること、の工程を含む、請求項1～5のいずれか1項に記載のワイヤソーの製造方法。

【請求項9】

砥粒は、ワイヤをペーストで被覆するに先立ち、ペーストと混合して均一な濃度とし、さらに、ペーストを含むこの砥粒はワイヤに付着し、それにより被覆と付着工程を同時に
行なわれる請求項7または8に記載の方法。

【請求項10】

砥粒が予め選ばれた表面分布でワイヤに付着される請求項7～9のいずれか1項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は超砥粒を点在させた(studded)ワイヤソー(wire saw)に関する。特に、本発明は、活性金属ろう付けもしくははんだで、細い金属ワイヤ基体に直接結合された超砥粒を有するワイヤソーに関する。

【0002】

ワイヤソー技術は、多くの産業用途に用いられている。ワイヤソーは鋳業において岩石を切断するのに用いられてきた。一般的なワイヤソーは、砥粒ビーズ(abrasive beads)を通常有しており、各ビーズの中心孔に通されたワイヤ、ケーブルもしくはロープに沿って張られている。砥粒は、ビーズの外部表面に埋込まれて(embedded)おり、そのビーズはスペーサーによりワイヤ上に長さ方向に置き換えられる。たとえば、Tankらの米国特許第5,377,659号明細書を参照されたい。さらに、Buyensの米国特許第5,383,443号明細書は、ビーズ付きのワイヤソーの改良を提供しており、ビーズはワイヤ上に偏心的に取りこまれている。

【0003】

中華民国、台北のChina Grinding Wheel Co., は、ビーズにろう付けされたダイヤモンド粒を用いるビーズ付きワイヤソーを上市している。これらのビーズは、大理石、蛇紋石、花こう岩、およびコンクリートのような建築材料を切断するのに用いられており、「Kinik」(登録商標)「Diagrid」(登録商標)Pearlsの商標のもとに入手しうる。

【0004】

ダイヤモンド含有金属マトリックスセグメントは、建設業用の石材切断ソーを製造するために、重い重量のワイヤに切り込まれた溝穴にろう付けされてきた。米国特許第3,886,925号明細書を参照されたい。

薄いウェハを製造するために、セラミック、特に単結晶シリコンのブロック(時々、ここではシリコン素材(a boule of silicon)という)を切断すること(slicing)は

10

20

30

40

50

、マイクロ電子工学、光学および光電池産業にとって非常に重要である。

【0005】

切断の精度は、高度の寸法許容誤差内まで平滑なウェハを製造するのに重要である。従来、セラミックウェハは、センチ穴の内径に接する研磨材を有する特異な砥石を用いてシリコン素材をソーイング（のこ引き）することによって製造されてきた。このような「内径ソーイング」（“inner diameter sawing”）は、非常に精密な切断をすることを可能にするが、一度にただ一つのウェハを切断することに限定される。

【0006】

最近、ワイヤソーイングは、セラミックウェハの製造に用いられてきた。増大した生産性は、素材の長さにわたって多く通過するように張られた長いワイヤソーを用い、それにより多くのウェハを同時に切断することによって、得られることができる。加工物は非常に高品質であり、したがって原料のわずかな損耗も非常に高価となりうる。このように以前のワイヤソー技術は、普通の金属ワイヤ、ならびにワイヤと素材との間の接触面に付着されるゆるい砥粒とを用いることを伴う。従来のビーズ付きワイヤソーもしくは石切りソー（stoneworking saws）は、通常、ウェハ切断に要求される精密な研削（grinding）に適していない。ビーズは、加工物への切り目をあまりに幅広く切る工具の有効厚みを増大する。ビーズ付きのソーにより除かれる加工物の質量は、単一ウェハの質量の何倍にもなりうる。スパーサーおよびスリーブの使用は、さらにビード付きソーの製造を複雑にする。

【0007】

ウェハ切断のためのワイヤソーの切り目を減少させるもう一つの技術は、ワイヤ基体へ直接に砥粒を電気化学的に付着させることを含む。電気化学的付着には、金属化合物の、反対に帯電した溶液中の砥粒床に電氣的に帯電したワイヤを置くことを必要とする。金属はワイヤに付着するので、薄い金属層内に砥粒を取込み、それによりワイヤに砥粒を結びつける。たとえば、Schmidらの米国特許第5,438,973号明細書は、涙滴（tear-drop）断面ステンレス鋼ワイヤコアの切刃表面にニッケルめっきで固定したダイヤモンド砥粒を有する刃を開示する。

【0008】

電気化学的付着で製造されたワイヤソーは、砥粒と付着された被覆との間に化学的な結合がないという主な短所を有する。作業中に、薄層の外側表面がすぐに減り、砥粒は、付着金属の半分より少く腐食されると、ワイヤから容易に脱離する。したがって、ソーは、はやく、すなわち砥粒が切れ味が悪くなるまえに効果がなくなる。さらにめっきされた金属は周期的な負荷でワイヤから脱離しうる。

【0009】

電気化学的に付着されたワイヤソーのもう一つの短所は、製造するのに高価であることである。該床における砥粒の質量は、ワイヤに実際に付着する質量よりはるかに超過しているにちがいない。もちろん、超砥粒はきわめて高価であり、該床に超砥粒の在庫を維持する必要は、コストを上昇させる。さらに、ワイヤにおける砥粒分布のコントロールは、実用的ではない。

【0010】

小さな断面寸法を有する超砥粒ワイヤソーを得ることは、特にセラミックウェハのような薄片を切断するためには、望ましい。長い耐用年数を有し、製造が容易で比較的安価である超砥粒ワイヤソーも、必要とされる。さらに、熱的損傷を最小にし、ワイヤの機械的強度を維持すると同時に、ワイヤにおける砥粒分布を精密に、敏感にコントロールすることを提供するような、ワイヤソーを製造する方法も望まれている。

【0011】

したがって、本発明は、金属ワイヤ、ならびにろう付けもしくははんだ付け金属結合剤によりワイヤに固着された超砥粒を含み、砥粒は好適には予め選ばれた表面分布で、ワイヤ表面に付着される。ワイヤソーを提供する。さらに、（a）金属ろう付け組成物および金属はんだ付組成物よりなる群から選ばれる金属結合組成物を含むペーストを供給すること

10

20

30

40

50

- ;
- (b) ペースト層でワイヤ表面を被覆すること；
 - (c) 砥粒層をペースト層に付着させること；
 - (d) 結合組成物を溶融するのに有効な温度および時間で、ワイヤを不活性雰囲気中で加熱すること；ならびに
 - (e) ワイヤを冷却し、それによって砥粒をワイヤに結合させること、
- の工程を含むワイヤソーの製造方法を提供する。

【0012】

一つの態様において、本発明によるワイヤソーは、金属ワイヤのコア、ならびに、好適には活性金属結合剤である、ろう付けもしくははんだ付け金属結合剤によりワイヤに直接に固着された砥粒の単一層、を含む。ソーは従来の切断作業に用いられうる。したがって、ソーは、そのようなソーが通常うける張力、熱および曲げに耐えることができなければならない。それゆえ、ワイヤ材料は、切断にうまく役立つことができるように、十分な強度、柔軟性および高融点を有するべきである。さらに、ワイヤ金属は、ワイヤが砥粒をろう付けもしくははんだ付けすることにより、弱化されず、または不利に影響をうけないような、金属結合剤の液相線温度よりはるかに高い温度で溶融するべきである。代表的なワイヤ金属は、鉄、ニッケル、コバルト、クロム、モリブデン、タングステン、およびそれらのいずれかを含む合金（たとえば、Inconel ニッケル合金）、を含む。鋼は、はんだ付け工程に受け入れられるが、ろう付けの間に高温にさらされるために引張強さを失いうる。高炭素鋼は、高温ろう付けによりあまり影響されないのがふつうである。鋼ワイヤの強度は、方法にクエンチング（すなわち急冷）工程を含ませることにより大いに回復されうる。タングステンは、ワイヤソーの製造に伴う熱処理に実質的に影響されないため、好ましいが、特定の形状および物理的特性を有するいかなる金属ワイヤも本発明での使用に適する。

10

20

【0013】

ここで、「ろう付け」（“brazing”もしくは“brazing”）は、結合する材料よりも低い融点を有する結合剤金属が、金属が流動する400 もしくはそれを超えて加熱され、ついで金属が固化して接合を形成する温度に冷却する方法をいう。「はんだ付け」（“soldering”もしくは“soldering”）なる用語は、400 未満（たとえば200～399）の温度で流動するろう付け様の金属結合剤材料をいう。

30

【0014】

好適には、ワイヤは、長手方向の軸およびそれに垂直な円形断面で特徴づけられる円筒形状を有する。限定された用途向けに適したワイヤソーは、非円形断面ワイヤを用いて得られる。たとえば、断面は、楕円形、長尺状（flat）、非長尺状（non-flat）、正方形のような長方形、不等辺四角形、および低次多角形、すなわち3～6辺多角形でありうる。「長尺状」（“flat”）は、ワイヤが、リボンのような高アスペクト比の長方形断面を有すること、すなわち特徴的な長い寸法、および長さの寸法の約10%未満である幅の寸法を有する特徴的な幅寸法を有することをいう。本発明で製造されるリボンは、バンドソーの刃として有用であり得、それは刃の全表面もしくは表面の一部に置かれた砥粒を有することを理解できるであろう。

40

【0015】

薄いセラミックウェハを切断するワイヤソーの主な目的、すなわち「精密切断」（“precision cutting”）によれば、ワイヤの径は、切り目損失（kerf loss）を最小にするためできるだけ小さくすべきである。最大寸法でワイヤ径は、約140～1000 μm、好ましくは、約150～250 μmの範囲にあるのが通常である。

【0016】

本発明のもう一つの態様において、ワイヤソーは建築材料、または鉱業での使用のような岩石、の切断、すなわち「粗い切断」（“coarse cutting”）にも有用でありうる。このような用途に、十分な工具寿命を有する強いワイヤを効果的に得るために、

50

ワイヤの径は約1～5mmの範囲に著しく増加されるべきである。粗い切断の用途では、単一ストランド金属ワイヤが使用され得、または金属ワイヤの多ストランドが望ましい全体としての径のケーブルもしくはロープを得るために、いっしょに編まれうる。砥粒は、その単一もしくは多ストランド基体にろう付けされうる。

【0017】

セラミックウェハ、そして特にシリコンウェハを切断するために新規なワイヤソーの上述の第1の目的に沿って、好適には砥粒は超砥粒を含む。ダイヤモンド、立方晶窒化ホウ素およびそれらのいかなる割合の混合物も、適する。ダイヤモンドは天然もしくは合成でよい。ソーの砥粒成分は、非-超砥粒が、ワイヤに付着させるための金属ろう付け工程に耐え得ることを条件として、超砥粒と一緒に非-超砥粒をも含みうる。好適には、大きい方の成分、すなわち砥粒成分の50vol.%より大きい、は、超砥粒である。有用な代表的な非超砥粒は、500gの適用荷重のもとで測定された約1000～3000のヌープ(Knoop)硬度値を有する、炭化ケイ素、酸化アルミニウム、炭化タングステン等である。特に好適には、砥粒成分がもっぱら超砥粒であるワイヤソーである。

10

【0018】

好ましい態様において、砥粒は、実質的に単一粒子の厚さの層にワイヤに置かれる。「単一粒子の厚さの層」(“single particle thickness layer”)という用語は、砥粒の単一層が基体上に存在することをいう。砥粒も、狭い粒径分布を与えるように選ばれるべきである。これにより、ソーのもっと均一な切刃が得られる。ソーは、「形直しされて」(“true d”)、もっと精密に均一な切刃になりうるが、一般に粒径が同様であればあるほど形直しの必要さは小さくなる。粒径分布は、砥粒在庫の選択的な多くのふるいによりコントロールされうる。精密切断のために、好適には粒径約5～50μmで、かつ砥粒の少くとも約90%が約0.85～1.15の平均粒径であるような均一な粒径分布であるのがよい。したがって、セラミックウェハの精密研削のために、砥粒を含む新規ワイヤソーの全体的断面寸法は、好ましくは約180～300μmである。粗い研削のために、大きい粒径の砥粒、すなわち約600μm、が好適であり、ソーの全体の断面寸法は約2.2～6.2mmである。上述のように、砥粒は、好ましくはろう付けもしくははんだ付け金属結合剤、およびもっと好ましくは活性金属結合剤により金属ワイヤに直接に固着される。砥粒を金属工具プリフォームに固着するためのろう付けもしくははんだ付け金属結合剤組成物は、よく知られている。例証となる金属結合剤組成物は、金、銀、ニッケル、亜鉛、鉛、銅、スズ、これらの金属の合金、ならびにこれらの金属と他の金属、たとえばリン、カドミウム、バナジウム等との合金、を含む。一般に、少ない方の追加成分は、結合剤の性質を変えるため、たとえば、融点、熔融粘度、砥粒表面のぬれ、および結合強さを変えるために、組成物中に含みうる。銅/スズ 黄銅を主原料とする合金もしくはニッケルを主原料とする合金が、砥粒、特に超砥粒を金属に結合するのに好適である。

20

30

【0019】

「活性金属結合剤」(“active metal bond”)は、あるいわゆる「活性金属」(“active metals”)もしくは「反応性金属」(“reactive metals”)がさらに混合される上述の金属組成物からつくられる結合剤を意味する。これらの活性金属は、金属結合剤組成物が、ろう付け工程の高温で熔融される間に、炭素もしくは窒素と反応して炭化物もしくは窒化物を生成する能力により特徴づけられる。このように生成された炭化物もしくは窒化物は、超砥粒と化学的に両立し得、その結果溶解した液体結合剤組成物により超砥粒のぬれを向上させ、そして砥粒と結合剤の間の付着強度を促進する。特にダイヤモンドに高い結合力を有する代表的な活性金属は、チタン、タンタル、クロムおよびジルコニウムを含む。通常、反応性金属は、金属結合剤組成物の少ないほうの成分として存在すべきであり、その約0.5wt%程度でありうる。

40

【0020】

特に好適な活性金属結合剤組成物は、青銅合金およびチタンを含む。青銅合金は好ましくはスズ約10～30wt%、もっと好ましくはスズ約23～25wt%であり、合計が100wt%になる残りは銅である。チタンは約2～25%、好ましくは約5～10wt

50

%存在する。特に好ましくは、スズ約19~21wt%、銅約69~73wt%およびチタン約8~10wt%を含む活性金属結合剤組成物である。

【0021】

チタンは、ろう付けの間に反応しうる形で結合剤組成物中にあるべきである。それは元素もしくは化合物のいずれの形ででも添加されうる。元素チタンは低温で水と反応して二酸化チタンを形成し、ついでろう付けの間にダイヤモンドとの反応に利用できなくなる。したがって、元素チタンを添加するのは水が存在するときにはそれほど好適ではない、水は、以下のように、時々液体バインダーの成分でありうる。チタンが化合物の形で添加されると、ろう付け工程の間に解離することができ、チタンを超砥粒と反応させる。好ましくは、チタンは、約500まで安定な水素化チタン、 TiH_2 として結合剤材料に添加される。約500を超えると、水素化チタンはチタンと水素に解離する。

10

【0022】

さらにもう一つの好ましい態様において、活性金属結合剤組成物は、青銅、チタン、ならびにジルコニウムおよび元素の炭素のような、少ない方の成分である他の活性成分を含みうる。ジルコニウムは、ろう付けの間に熔融状態で結合剤材料の粘度を増加させるために主に添加される。好ましくは、ジルコニウムは元素の形で添加される。水素化ジルコニウムのような化合物の形のジルコニウムは、化合物がろう付け温度以下で元素ジルコニウムに解離しないので、通常、不適切である。炭素は、ろう付けの間に結合剤材料中に存在する過剰の遊離チタンと反応して、炭化チタン粒子を生成する。炭化チタンの利点は以下に述べる。さらに、炭素はジルコニウムと反応して硬い炭化ジルコニウムを生成する。そのような組成物は、スズ約10~30wt%、ならびに残りが銅、約10~20pbwのチタン、約5~10pbwのジルコニウムおよび約0.1~0.5pbwの元素炭素より本質的になる100質量部(pbw)の青銅合金を含む。

20

【0023】

さらにもう一つの好適な態様において、硬い材料、特に炭化チタンの細かい粒子は、米国特許第5,846,269号明細書に開示されるように結合剤組成物に添加されうる。さらに、有用なのは、ニホウ化チタン、工具鋼および鉄カルボニル、ならびに硬充填材の混合物、のような他の硬材料である。炭化チタンは前述のようにその場で製造されうる。炭化チタン粒子はろう付け金属結合剤の衝撃強さを高め、それによって、改善された耐磨耗性の結合剤を提供することが見出されている。好ましくは硬材料は約1μm~約10μmの粒径とすべきである。

30

【0024】

はんだが用いられるとき、金属被覆ダイヤモンド(たとえば、1~10μmの銅、チタン、ニッケルもしくはクロム被覆)は、ダイヤモンドの十分なぬれを確実にし、ワイヤにダイヤモンドを効果的に結合するために必要とされる。

適切な被覆ダイヤモンドは、Tomei Diaから入手しうる(たとえば、50%(約2μm)銅被覆されたIRM-CP5ダイヤモンド)。この目的のためにろう付け組成物に用いられる反応性元素は、はんだ付け温度で反応せず、したがって砥粒の保持を改良するはんだ付け組成物に有用ではない。

【0025】

ワイヤソーを製造するために適したはんだ組成物は、221で流動するスズと銀のほとんど共晶である。好適なはんだ組成物は、銅1~2wt%および硬材料としてのTiB210wt%とともに、このスズ-銀合金(合金中に銀4wt%)を含む。適切なはんだ組成物は、銀、スズ、銅、亜鉛、カドミウムおよび鉛を含み得、そして好適な組成物は共晶スズ・鉛のような硬いスズを主原料とする合金はんだを含む。

40

【0026】

活性金属によるろう付けに先立ち、砥粒を被覆する方法は、本発明に適用されうる。ニッケルを主原料とする合金ろう付けの場合、好ましくは炭化物を形成する、チタン、タングステンおよびジルコニウムのような活性金属の層が使用されうる。金属は、周知の方法、たとえば物理蒸着および化学蒸着により、砥粒上に置かれうる。ここで引用して組

50

みいれらる米国特許第5,855,314号明細書に開示されるように、第2の活性成分を含む銅/スズ合金ろう付け組成物の使用と提携して、第1の活性成分の機械的に結合された層を有する予め被覆した超砥粒からある利点が生じることが最近認知されている。特に、得られるろう付け組成物に存在する活性成分の総量は、ろう付け組成物において活性成分を混合することによってのみ得られる結合材に必要な量よりもはるかに少ない。これは、金属間組成物を形成するのに利用しうる活性成分の量を最小にする超砥粒への強い結合剤をつくる。

【0027】

通常、結合剤材料の成分は、粉末の形で供給される。粉末の粒径は重要ではないが、約325メッシュ(44 μ m粒径)より小さい粉末が好ましい。結合剤材料は、成分が均一な濃度に分散されるまで成分を混合することにより調製される。

10

乾燥粉末結合剤材料は、低粘度の、一時的な(fugitive)液体バインダーとともに混合されうる。そのバインダーは有効な割合で粉末成分に添加され、粘性の、粘着性ペーストを形成する。ペーストの形態で、結合剤材料は正確に分配され、ワイヤおよび砥粒の両方の表面に粘着性である。ペースト粘度は、ワイヤへのペーストの付着に用いられる方法により、広い範囲で変化しうる。好ましくは結合剤材料ペーストは練り歯磨きの粘りを有するべきである。

【0028】

「一時的」("fugitive")という用語は、バインダーが、結合剤の機能を妨げる残渣を残さず、ろう付けのあいだに実質的に完全に蒸発および/または熱分解するように十分に揮発性であるべきことを意味する。好ましくはバインダーは約400未満で蒸発する。しかし、バインダーの揮発性は、結合剤材料および砥粒をワイヤに付着させるに適度な時間(「乾燥時間」("drying time"))、室温でペーストが流動体で粘着性のままであるのに十分低いものであるべきである。好ましくは乾燥時間は、室温で約1~2時間とすべきである。新規な結合剤材料の要求を満たすのに適した液体バインダーは、市場から入手しうる。本発明での使用に適する代表的なペースト生成バインダーは、Vitta CompanyのBraz(商標)-バインダー;Wall Colmony Corporation(Madison Heights, Michigan)の「S」バインダー;およびWesgo(Bemont, California)のCusil-ABA, Cusin-ABA, およびIncusil-ABAペーストである。金属ろう付け組成物成分と予め混合されたバインダーを含む活性金属ろう付け組成物ペーストは、Lucas-Millane Company(Cudahy, Wisconsin)から、商標Lucanex,たとえばLucanex721として入手しうる。

20

30

【0029】

バインダーは、この分野で周知の多くの方法、たとえば高せん断混合により粉末と混合されうる粉末と液体バインダーの混合の順序は重要ではない。ペーストは、この分野で周知の方法、たとえば、はけ塗り、スプレー、ドクターもしくはペーストのワイヤ工具への浸漬、によりワイヤに被覆される。

新規なワイヤソーは、連続法により非常に効果的に製造されうる。ワイヤは巻き枠に便利に供給されうる。巻き枠は、砥粒および結合剤前駆体が付着されている帯域を通してワイヤを引張ることにより解かれる。任意に、ワイヤは、添加される砥粒および結合剤材料のより良好な粘着のために、表面を機械的もしくは化学的に洗浄するような、前処理をされ、酸化物を除去し、もしくは粗面化され得る。

40

【0030】

一つの態様において、結合剤前駆体および砥粒は逐次的に付着される。すなわち、付着帯域を通してワイヤを連続的に引張ると同時に、まず、ろう付けペースト組成物は、ワイヤ表面に被覆される。ペースト層は砥粒を受け取るためのベッドを形成する。その後、砥粒はペーストのベッドに付着される。

ろう付けペースト層の厚さは通常、平均粒径の約100~200%であるべきである。その厚さは、砥粒温度および望ましい性質のペーストを得るために用いられるバインダ

50

一量のような要因に支配される。砥粒は、いかなる方法、たとえば、個々に置くこと、振りかけもしくは散布により付着されうる。このような方法は、予め選ばれた表面分布で砥粒が基体上に置かれるのを可能にする。砥粒の表面分布は連続的もしくは断続的であってもよい。断続的な表面分布は砥粒が占める領域の間にワイヤに沿って砥粒のない領域により特徴づけられる。断続的な表面分布は、ワイヤに及ぼされる力を減少し、そして効率的な切りくず (swarf) 除去を促進するのに役立つ。連続的な表面分布は、ワイヤの長さに沿って均一、もしくは任意に、不均一であってもよい。砥粒の不均一な連続的な分布は断続的な表面分布の性能に接近させうる。任意に、研磨工具で使用される周知のいかなる充填剤成分も他の成分を希釈するのに使用されうる。通常、このような充填剤成分は、ろう付け工程に不活性である。すなわち、それらは、ろう付け組成物成分、砥粒もしくは金属ワイヤに、感知できるほどに反応しない。

10

【0031】

砥粒が被覆ワイヤ上に垂直に下向きに散布される間に、ある特別の製造方法は、付着帯域を通して水平にワイヤを引張ることを伴う。この方法はワイヤ上の砥粒の表面分布をコントロールする能力を特徴とする。すなわち、ワイヤの単位表面当たりの砥粒の数、体積もしくは質量で示される表面分布は、いかなる所望の表面分布を得るために、動いている被覆ワイヤ上への、結合されていない砥粒を散布する速度を変えることにより容易に調整されうる。したがって、散布の量は、表面付着で周期的な長さ方向の変化を得るために、律動もしくは他に周期的に変えられうる。あるいは、ワイヤは、キャリアガス中の砥粒の流動床を通過されうる。

20

【0032】

被覆一付着工程の逐次の性質は、さらに実質的に単一粒子の厚さの層に砥粒を付着させる能力を特徴とする。砥粒は、ワイヤと接続する層に、ろう付けに先立ち、ペーストの粘着性により、一時的に保持されるので、砥粒の多層が積み上げられるのは不可能である。任意の工程として、ワイヤは過剰の、もしくはゆるく保持された砥粒を除去するために、おだやかに振り動かされうる。さらに、ワイヤは、全体の表面分布を増加させ、または密度の低い領域の分布を増大させるために、付着帯域を通して再び引張られうる。

【0033】

水平なワイヤ上に垂直に付着された砥粒はワイヤの下側に接触することが期待される。ワイヤ表面を均一に被覆するために、予め選ばれた回転角で長さ方向の軸のまわりにワイヤを回転させることが勧められる。

30

ついで、回転されたワイヤは、ワイヤ表面の新たにひっくり返された部分に砥粒を落とさせるために付着帯域を通して再び引張られうる。

もう一つの方法が、一回の通過でワイヤ表面にわたって砥粒を付着させるのに期待される。これはろう付けペースでワイヤの周囲を被覆することを伴う。ついで、被覆ワイヤは、結合されていない砥粒を含む円錐ピンの底部のオリフィスを通して下方に引張られうる。そのオリフィスの形状および寸法は、これらのワイヤよりわずかに大きく選ばれる。好ましくは、オリフィスとワイヤのすき間は、砥粒がオリフィスから落下するのを妨げるために、その平均砥粒より小さい。ワイヤはオリフィスを通して引張られるので、砥粒は粘着表面に接着し、ワイヤとともに引張られる。新たな砥粒は、ピンの円錐形状により、下方から出てくるワイヤに衝突する刺激を与えられる。円錐形ピンはオリフィスマわりの砥粒の一樣な分布を促すために振動もしくは他の方法で動かされうる。

40

【0034】

もう一つの態様において、ペーストおよび砥粒は同時に付着される。すなわち、砥粒は、ろう付けペーストとともに予め混合される。砥粒を有するペーストは、ついでむきだしのワイヤに付着される。好ましくは、砥粒は、均一濃度にペースト中に分散されるべきである。ペーストは、ついで従来のワイヤ被覆法によりワイヤに付着される。砥粒を有するペーストの過剰の厚さは、砥粒の単一粒子の厚さの層のみがワイヤ上に残ることを確実にするために除去されるのが好適である。

50

【 0 0 3 5 】

多粒子の厚さの砥粒層は、きわめて重要なことがある砥粒の耐久性延長を付与しうることがよく理解されうる。長い耐久性は、多粒子の厚さのワイヤソーの幅広い切れ目が耐えられる粗切断用途に特に望ましい。したがって、本発明の予め混合された砥粒/ろう付けペーストの態様も、多粒子厚さの砥粒層を付与するのに用いられうる。これは、一回の通過で、予め混合された砥粒/ろう付けペーストの適切に厚い層を置くこと、または多数回の通過で、薄い層をくり返して付着、ろう付けすることによって厚い層をつくり上げることによって、達成される。一回の通過の方法が、ワイヤを弱くする高温にワイヤをさらすのを減少させるので、好適である。

【 0 0 3 6 】

ろう付けペーストおよび砥粒を付着する上述の方法は、限定されるものではない。ワイヤ、ろう付け金属結合剤組成物およびろう付け砥粒の複合体を調製するための他の変更例も当業者に明らかであり、本発明の範囲内にあたると考えられる。ろう付け金属結合剤組成物および砥粒がワイヤ上に置かれた後に、結合剤組成物は熱処理を受け、ついにワイヤに砥粒を堅くろう付けする。そのワイヤ/結合剤組成物/砥粒複合体は、通常ろう付け温度よりはるかに低い中間温度で、液体バインダーの一時的成分を揮発させるのに十分な時間、保持されるべきである。

【 0 0 3 7 】

その後、温度は結合剤成分を溶融するために上昇されうる。この工程は、適切に予め選ばれた条件に保持された処理帯域を、移動するワイヤを通過させることにより連続的に実施されうる。その工程の終わりに、ワイヤは貯蔵のための巻き枠に巻き取られうる。ろう付けは、ろう付け金属結合剤組成物の固相線/液相線温度範囲、ワイヤ構成の形状および材料、ならびに砥粒の物理的特性、のような多くの系のパラメータを考慮して選ばれる高温で実施される。たとえばダイヤモンドは、大気中で約 1 0 0 0 を超えて、そして真空もしくは不活性雰囲気中で約 1 2 0 0 を超える温度で黒鉛化しうる。もちろん、ダイヤモンドが黒鉛化する温度は、さらす時間による。

【 0 0 3 8 】

上述のように、高温にさらすことは、ワイヤの強度に不利に影響しうる。それゆえ、できるかぎりの最低温度でろう付けするのが望ましいことが多い。金属ろう付け組成は、好ましくは約 8 0 0 ~ 1 1 5 0 、もっと好ましくは約 8 5 0 ~ 9 5 0 でろう付けするように選ばれるべきである。

熱処理は、ろう付け成分を望ましくない酸化から守るために不活性雰囲気中で実施されるべきである。不活性雰囲気は、窒素もしくはアルゴンのような不活性ガスでも、または十分な真空、すなわち約 0 . 0 0 1 m m H g 絶対圧未満で実施されうる。

【 0 0 3 9 】

加熱は炉内で行なわれうる。加熱の他の適切な方法は、電気抵抗加熱、および局地加熱法、たとえば誘導加熱、レーザー加熱、赤外線加熱および電子線加熱、ならびにこれらのいくつかの組み合わせ、を含む。局地加熱法は、高温にさらすことによるワイヤの弱化的可能性を減少させる。さらに、局地加熱法は、ワイヤ上のろう付け金属および砥粒の精密な模様を含む断続的な砥粒被覆をつくる機会を与える。このような場合、ろう付けされていない材料は、たとえばワイヤをブラッシング、振動、もしくはエアジェットにより、除去されうる。除去された材料は可能な再生により回収されうる。

【 0 0 4 0 】

ワイヤの製造にはんだ付けが用いられるとき、有効なはんだ付けに要求される炭化水素フラックスは水性バインダー系と両立しないので、金属はんだは水性バインダー系と一緒に使用されることができない。代わりに、はんだ組成物の金属は、炭化水素を主原料とするペーストとして使用される。適した炭化水素は石油ゼリーである。さらに有用なのは、パラフィン油およびワックスである。

【 0 0 4 1 】

新規なワイヤソーを製造する特に好適な方法において、円形断面の金属ワイヤは、供給

10

20

30

40

50

巻き枠から引張られ、垂直な円筒ペーストチャンバの中心軸に沿って下方に導かれる。ワイヤは密閉されたオリフィスを通してチャンバのふたに入る。チャンバは、超砥粒、ろう付けもしくははんだ付け金属結合剤組成物ならびに一時的な液体バインダーもしくは炭化水素原料の均一な混合物で、それぞれに、充填されている。ワイヤは、ワイヤ径より大きい内径を有する円形オリフィスをとってチャンバの底から引張られる。任意に、圧力が、たとえば、チャンバに新たな砥粒/ろう付けペースト混合物をポンプで注入することにより、またはピストンで混合物を圧縮することにより、混合物に及ぼされる。オリフィスを離れるワイヤは、このように金属ペーストに埋め込まれる砥粒で被覆される。オリフィスの径は、ワイヤ上の砥粒層が単一粒子の厚さ、もしくは多粒子の厚さであることを確実にするために選ばれる。

10

【0042】

次いで、被覆ワイヤは多くの温度帯域である垂直炉に下降する。ワイヤが最初にさらされる炉の一番上の領域は、約250～500の範囲の中間の高い温度にコントロールされる。ワイヤの温度がこの領域で増加するにつれて、バインダーの一時的液体成分は揮発する。

水素化チタンのような反応性金属成分が存在すると、それはさらに反応してろう付け組成物の活性金属を付着させる。炉の低いほうの領域は、一つもしくはそれより多い帯域でろう付け温度までの比較的高温に独立してコントロールされる。炉帯域の高さ、帯域温度および炉を通過するワイヤの線速度は種々の温度にさらす時間を決定する。炉は周囲雰囲気から隔離するために密閉されうる。炉の底部入り口および頂部出口は不活性ガスで内部をそうじするために備えられる。

20

【0043】

熱い、ろう付けされたワイヤは底部の中央オリフィスを通して炉を離れる。それは、巻き上げられた巻き枠を水平に振動させてワイヤを向け直す回転プーリ(turning pulley)により引張られる。回転プーリは、巻き上げに先立ち、ワイヤを急冷するために低温の液状冷却体中に位置されうる。さらにプーリは、ワイヤがオリフィスおよび炉の中心を通過するように、ワイヤを張力下に置く。

【0044】

上述のように、本発明のワイヤソーは、加工物から薄いセラミックウェハを切断するのによく適する。セラミック加工物の形状は重要ではない。典型的には、それは約8インチ(20cm)までの径の円筒形素材である。ワイヤソーは、バンドソーに類似に配置された単一のワイヤ刃を含むことができ、各通過で加工物から一つのウェハを切断するか、または一回の通過で多数のウェハを切断する。たとえば、Egg Huberの米国特許第5,616,065号明細書(ここで引用され、組み入れられる)に開示されているように。さらに、前述の米国特許第5,438,973号明細書の図4に示されるように、一連の単一刃は、ペアで配列されることができ、同時に加工物から多数のウェハを切断する。小さな断面寸法のワイヤに直接に、小さい、均一な大きさの砥粒の単一層を付着することにより、新規なソーは加工物材料の非常に少ないきりくずしか出さないうで薄いウェハ(すなわち約300μmほどに薄い)を切断しうる。下記の実施例で述べられるワイヤがセラミック切断テストに使用されたときに、最小のくずおよび高い切断効率が見られた。

30

40

【0045】

本発明は次の実施例により例証されるが、すべての部、割合及び%は特に示さない限り質量に基づく。初めにSI単位で得られていない質量および測定のすべての単位は、SI単位に換算された。

実施例1

予め混合された23%Sn/73%Cu粉末(<44μm粒径)14.823g、水素化チタン粉末(<44μm粒径)1.467g、および10/20μmダイヤモンド超砥粒3.480gを混合することにより、乾燥混合物が調製された。この混合物は33体積%ダイヤモンド組成物を生じた。一時的な液体バインダーは、Vitta Braze -

50

ゲル (Vitta Corporation) 20 質量部を蒸留水 50 質量部と一緒にすることにより別に調製される。液体バインダーは乾燥混合物に添加され、均一なペーストが形成されるまで、ガラスピーカーの中でスパチュラにより手で攪拌される。

【0046】

約 2 m の高炭素鋼の、鉛浴で急冷された 0.008 インチ (0.178 mm) のワイヤが、ワイヤ上にペーストを被覆するために約 0.25 m/s でペーストを通過した。被覆ワイヤは空気乾燥され、ついで 880 で 30 分間炉内で真空下 (< 1 mmHg) でろう付けされた。ろう付けされた金属結合ダイヤモンド砥粒ワイヤはこのように製造された。

実施例 2

乾燥混合物は、予め混合された 23% Sn / 73% Cu 粉末 (< 44 μm) 90.9 g、および水素化チタン粉末 (< 44 μm 粒径) 9.1 g を混合することにより調製された。ついで、平均粒径 20 μm の天然ダイヤモンドが、25 体積%ダイヤモンドに対して 75 体積%金属の比で添加された。一時的な液体バインダーが、Vitta Brazing-Gel (Vitta Corporation) 85 質量部をプロピレングリコール 15 質量部と一緒にすることにより別に調製された。液体バインダーは乾燥混合物に添加され、均一なペーストが 40 質量%として形成されるまでガラスピーカー中でスパチュラにより手で攪拌された。ついで、250 μm 径の Inconel 718 ワイヤが、高温部が 915 に保持された管状炉 (< 1 ppm 酸素のアルゴン流通下) へ、1 m/分の速度でこのペーストを通過して引張られる。十分な機械的強度とセラミックウェハを切断するの

10

20

実施例 3

乾燥混合物が、予め混合された 96% Sn / 4% Ag 粉末 (< 44 μm 粒径) 99 g および銅粉末 (< 44 μm 粒径) 1 g を混合することにより調製された。ついで、平均粒径 20 μm の薄い銅被覆を有する天然ダイヤモンドが、25 体積%の被覆ダイヤモンドに対し 75 体積%金属の比で添加された。乾燥混合物は、塩化亜鉛フラックス 2 質量%を含む石油ゼリーの混合物に添加され、均一なペーストが 75 質量%の固体混合物を含んで形成するまでガラスピーカー中でスパチュラにより手で攪拌された。ついで、250 μm 径の Inconel 718 ワイヤが、高温部が 350 に保持された管状炉に 1 m/分の速度でこのペーストを通過して引張られた。十分な機械的強度とセラミックウェハを切断するの

30

実施例 4

実施例 2 および 3 のワイヤが、Laser Technology West, Inc により製造された実験室用ワイヤソー機械についてテストされ、多結晶シリコンの 25 mm 立方体に切断するのに使用された。使用されたワイヤ張力は 10 ニュートン、平均ワイヤ速度は 2 ~ 3 m/s および使用された切断負荷は 440 g であった。両方のワイヤとも切断に滴下される冷却体としてグリコールを使用して、1.5 ~ 2.1 mm/min の初期切断速度を有していた。10 個の切断後、実施例 3 のワイヤの切断速度は 1 mm/min より小さくなったが、実施例 2 のワイヤは、衰えを見せない切断速度を有していた。

40

【0047】

本発明の特定の形態は、実施例における例証から選ばれ、先の説明は本発明のこれらの形態を説明する目的で特定の用語で述べられているけれども、これらの説明は請求項で規定される本発明の範囲を限定しようとするものではない。

本発明の権利範囲は特許請求の範囲に記載されているとおりであるが、本発明の出願時の開示事項には下記の態様が含まれており、これらの事項は本発明の変形の要素として考慮することができる。

(1) 金属ワイヤ、ならびにろう付け金属結合剤およびはんだ付け金属結合剤からなる群から選ばれる金属結合剤によりワイヤに直接に固着された砥粒を有する砥粒層を含み、砥粒は超砥粒を含むワイヤソー。

50

- (2) 砥粒層が単一粒子の厚さの層として存在する(1)記載のワイヤソー。
- (3) 砥粒が予め選ばれた表面分布で、ワイヤに存在する(2)記載のワイヤソー。
- (4) 表面分布が連続的である(3)記載のワイヤソー。
- (5) 連続的な表面分布が均一である(4)記載のワイヤソー。
- (6) 表面分布が断続的である(3)記載のワイヤソー。
- (7) 砥粒は、もっぱら超砥粒であり、ダイヤモンド、立方晶窒化ホウ素もしくはそれらの混合物からなる群より選ばれる、(1)記載のワイヤソー。
- (8) 金属結合剤が、金、銀、ニッケル、亜鉛、鉛、銅、スズ、これらの金属の合金、ならびにこれらの金属とリン、カドミウムもしくはバナジウムとの合金、からなる群より選ばれるろう付け金属を含む(7)記載のワイヤソー。 10
- (9) 金属結合剤が、スズ10～30wt%、および残りは銅、から本質的になる青銅合金を含む(8)記載のワイヤソー。
- (10) 金属結合剤が、チタン、タンタル、クロムおよびジルコニウムからなる群より選ばれる、少量の活性金属をさらに含む(9)記載のワイヤソー。
- (11) ワイヤが、鉄、ニッケル、コバルト、クロム、タングステン、モリブデンおよびそれらを含む合金からなる群より選ばれる金属である(1)記載のワイヤソー。
- (12) ワイヤ金属が、タングステンである(11)記載のワイヤソー。
- (13) ワイヤ金属が、銅である(11)記載のワイヤソー。
- (14) ワイヤが、円形断面を有する(11)記載のワイヤソー。
- (15) ワイヤが非円形断面を有する(11)記載のワイヤソー。 20
- (16) ワイヤ断面が、楕円形、長方形、正方形、不等辺四角形の、もしくは3～6の辺を有する多角形である(15)記載のワイヤソー。
- (17) ワイヤ断面が長尺状である(15)記載のワイヤソー。
- (18) 砥粒層がさらに充填剤成分を含む(1)記載のワイヤソー。
- (19) 砥粒がろう付け金属結合剤により直接に固着されている多数の金属ワイヤを含む(1)記載のワイヤソー。
- (20) 金属結合剤が、銀、スズ、銅、亜鉛、カドミウム、鉛、およびこれらの金属の合金、ならびにこれらの金属および合金と少くとも一つの充填剤成分との組み合わせよりなる群から選ばれるはんだ付け金属を含む(1)記載のワイヤソー。
- (21) はんだ付け金属がスズおよび銀の合金を含む(20)記載のワイヤソー。 30
- (22) (a) 金属ろう付組成物および金属はんだ付組成物よりなる群から選ばれる金属結合組成物を含むペーストを供給すること；
 (b) ペースト層でワイヤ表面を被覆すること；
 (c) 砥粒層をペースト層に付着させること；
 (d) 結合組成物を溶融するのに有効な温度および時間で、ワイヤを不活性雰囲気中で加熱すること；ならびに (e) ワイヤを冷却し、それによって砥粒をワイヤに結合させること、の工程を含むワイヤソーの製造方法。
- (23) 砥粒が実質的に単一粒子の厚さの層に置かれる(22)記載の方法。
- (24) 工程(d)の温度が高々約1150である(23)記載の方法。
- (25) 工程(b)～(e)が、被覆、付着、加熱および冷却帯域を通じて、ワイヤを引張ることによって連続的に実施される(23)記載の方法。 40
- (26) 引張りは付着帯域で水平にワイヤに付着させることを含み、そして付着は水平に配置されたワイヤに下向に砥粒を散布することを含む(25)記載の方法。
- (27) (C1)最初に砥粒を付着させた後で、かつ加熱前にワイヤの長さ方向のまわりに、ワイヤを回転させること；そして(C2)ワイヤ表面の予め選ばれた部分が砥粒を付着されるまで(C)および(C1)工程をくりかえすこと、の工程をさらに含む(26)記載の方法。
- (28) 付着工程が、キャリアガス中で砥粒の流動床を、ワイヤに通過させることを含む(23)記載の方法。
- (29) 砥粒は、ワイヤをペーストで被覆するに先立ち、ペーストと混合して均一な 50

濃度とし、さらに、ペーストを含むこの砥粒はワイヤに付着し、それにより被覆と付着工程を同時に行なわれる(22)記載の方法。

(30) 砥粒は単一粒子の厚さの層に付着される(29)記載の方法。

(31) 砥粒は、多数粒子の厚さの層に付着される(29)記載の方法。

(32) 金属ろう付組成物に充填剤成分を添加する工程をさらに含む(22)記載の方法。

(33) 砥粒が予め選ばれた表面分布でワイヤに付着される(29)記載の方法。

(34) 予め選ばれた表面分布が連続的である(33)記載の方法。

(35) 連続的表面分布が均一である(34)記載の方法。

(36) 予め選ばれた表面分布が断続的である(33)記載の方法。

(37) 加熱工程が、誘導加熱、レーザ加熱、赤外線加熱および電子線加熱よりなる群から選ばれる局地加熱法を含む(22)記載の方法。

(38) 砥粒が、ダイヤモンド、立方晶窒化ホウ素、もしくはそれらの混合物である(22)記載の方法。

(39) ワイヤが、鉄、タングステン、モリブデンおよびそれらを含む合金よりなる群から選ばれる金属である(36)記載の方法。

(40) 金属結合剤が、金、銀、ニッケル、亜鉛、鉛、銅、スズ、これらの金属の合金、ならびにこれらの金属とリン、カドミウムもしくはバナジウムとの合金、からなる群より選ばれるろう付け金属を含む(37)記載の方法。

(41) 金属結合剤が、スズ10～30wt%および残りが銅より本質的になり、さらにチタン、タンタル、クロムおよびジルコニウムよりなる群から選ばれる少量の活性金属を含む(40)記載の方法。

(42) 金属結合剤が銅約69～73wt%、スズ約19～21wt%、およびチタン約8～10wt%を含む(40)記載の方法。

(43) 超砥粒が、ろう付けに先立ち活性金属を生成する炭化物の層で被覆される(40)記載の方法。

(44) 金属結合組成物が金属はんだ組成物である(22)記載の方法。

(45) (d)工程が、400より低い温度で実施される(44)記載の方法。

10

20

フロントページの続き

- (51) Int.Cl. F I
B 2 8 D 5/04 (2006.01) B 2 4 D 3/06 C
 B 2 4 B 27/06 H
 B 2 8 D 5/04 C
- (74)代理人 100081330
 弁理士 樋口 外治
- (72)発明者 ブルジャン, セルゲイ - トミスラフ
 アメリカ合衆国, マサチューセッツ 0 1 7 2 0 , アクトン, ワシントン ストリート 2 3
- (72)発明者 アンドリューズ, リチャード エム.
 アメリカ合衆国, マサチューセッツ 0 1 5 8 1 , ウエストボロウ, アップトン ロード 5 6
- (72)発明者 ギアリー, アール ジー.
 アメリカ合衆国, マサチューセッツ 0 1 7 0 1 , フラミンガム, ウエイブニー ロード 1 2

審査官 栗田 雅弘

- (56)参考文献 特開平03 - 104553 (JP, A)
 特開平03 - 079264 (JP, A)
 特開平10 - 264034 (JP, A)
 特開平03 - 131475 (JP, A)
 特開平06 - 210571 (JP, A)
 特開平09 - 109139 (JP, A)
 特開平08 - 039435 (JP, A)
 特開昭53 - 096589 (JP, A)
 特開昭50 - 039661 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B24D 3/00
 B24D 3/06
 B24D 11/00
 B23D 61/18
 B24B 27/06
 B28D 5/04