



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98800112.8

[45] 授权公告日 2003 年 12 月 3 日

[11] 授权公告号 CN 1129506C

[22] 申请日 1998.2.9 [21] 申请号 98800112.8

[30] 优先权

[32] 1997. 2. 14 [33] JP [31] 47153/1997

[32] 1997. 10. 30 [33] JP [31] 316482/1997

[86] 国际申请 PCT/JP98/00532 1998.2.9

[87] 国际公布 WO98/35784 日 1998.8.20

[85] 进入国家阶段日期 1998.10.7

[71] 专利权人 住友电气工业株式会社

地址 日本东京都

共同专利权人 同类材料株式会社

[72] 发明人 上冈勇夫 菅原润 沟口晃

大下秀男 山中正明 小川秀树

浦川信夫 吉永博俊

[56] 参考文献

JP7-96454 1995.04.11 B24B27/06

JP8-126953 1996.05.21 B24B27/06

审查员 冯宪萍

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

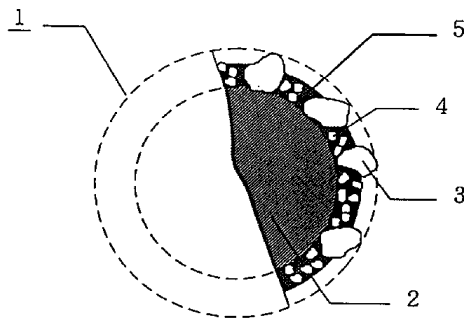
代理人 李晓舒

权利要求书 1 页 说明书 13 页 附图 2 页

[54] 发明名称 线锯及其制造法

[57] 摘要

本发明提供电子材料或光学材料切割用的线锯及其制造方法。线锯的特征是，在高强度芯线 2 上固定磨料颗粒 3，磨料颗粒具有不小于在芯线 2 上的树脂粘结剂 4 的层厚的三分之二，但不超过所述芯线直径的一半的颗粒度，并由所述粘结剂固定，所述树脂粘结剂含有颗粒度小于所述树脂粘结剂层的厚度的三分之二的填料。这种结构的线锯在切割中具有提高的效率和精度。线锯可使用上釉炉方便地制造。



1. 一种线锯, 包括: 高强度的芯线和涂敷到所述芯线的树脂粘结剂层, 所述树脂粘结剂的树脂具有 100 公斤/毫米² 或以上的弹性模量, 和 200°C 或
5 以上的软化温度, 所述树脂粘结剂含有: 填料, 具有比所述树脂粘结剂层的厚度的三分之二小的颗粒度; 和磨料颗粒, 磨料颗粒固定到所述树脂粘结剂层, 并具有不小于所述树脂粘结剂层厚度三分之二, 但不超过所述芯线直径的一半的颗粒度。
2. 根据权利要求 1 所述的线锯, 其特征在于所述磨料颗粒在所述树脂粘
10 结剂层的外表面上部分地突出。
3. 根据权利要求 1 或 2 所述的线锯, 其特征在于所述磨料颗粒的含量为包括所述树脂, 填料和磨料颗粒的所述树脂粘结剂的体积的 1% - 30%。
4. 根据权利要求 1 或 2 所述的线锯, 其特征在于所述填料的含量为包括
15 所述树脂, 填料和磨料颗粒的所述树脂粘结剂的体积的 1% - 50%。
5. 根据权利要求 1 或 2 所述的线锯, 其特征在于所述磨料颗粒包括强力
磨料颗粒。
6. 根据权利要求 5 所述的线锯, 其特征在于所述强力磨料颗粒是镀金属
的。
7. 根据权利要求 1 或 2 所述的线锯, 其特征在于所述填料包括强力磨料
20 颗粒, 或所述填料包括常规磨料颗粒。
8. 根据权利要求 1 或 2 所述的线锯, 其特征在于所述高强度芯线包括表
面处理的钢琴线。
9. 一种生产线锯的方法, 包括: 制备涂层复合剂, 含有树脂粘结剂; 在
25 芯线上涂敷所述涂层复合剂; 加热涂敷了涂层复合剂的芯线, 使得形成固定到所述芯线外周表面上的所述树脂粘结剂层, 所述涂层复合剂含有: 所述树脂粘结剂, 所述树脂粘结剂的树脂具有 100 公斤/毫米² 或以上的弹性模量, 和 200°C 或以上的软化温度; 磨料颗粒, 具有不小于所述树脂粘结剂层厚度三分之二, 但不超过所述芯线直径的一半的颗粒度; 和填料, 具有比所述树脂粘结剂层的厚度的三分之二小的颗粒度, 所述磨料颗粒和所述填料被加入
30 到在溶剂中的所述树脂的溶液中。
10. 根据权利要求 9 所述的方法, 其特征在于在所述涂层复合剂中的所述溶剂的体积比例为整个涂层复合剂的 20 - 75%。

线锯及其制造法

5 本发明涉及电子材料加工和光学材料加工方面用的线锯，如用于将大直径的硅晶块切割成晶片，或玻璃透镜切割，以及制造这种线锯的方法。

迄今，金刚石内锯或内径刀片一直用于将硅晶块切成晶片，但是，近来，随着硅晶块直径逐渐变大，由于产量，生产率，受影响层，尺寸限制等因素，进行这类工作普遍使用散装磨料和线锯。

10 然而，用散装磨料加工不仅涉及到环境健康问题，并且还要做清洁工作，造成不能令人满意的工作效率和精度，还使得处理作业线拉长或加工时间延长。现在，在该行业中急需包括有带固定强力磨料的线的线锯进行这类工作。

上述类型的线锯已被公开过。例如，在日本公开特许公报 No.Sho 50-
15 102993 中包括一个粘结强力磨料的芯线和施加到具有强力磨料层的芯线外表面的包层。而日本公开特许公报 No.Hei8-126953 详细说明了用于硅晶片切割操作的线锯的特征，提出用聚乙烯、尼龙等作为这样的线锯芯线的材料的优点。

而且，日本公开特许公报 No.Hei9-155631 建议，使用电镀工艺，或合成
20 树脂粘结剂溶液在芯线上固定金刚石磨料。

上述方案肯定是在已有技术上的改进。然而，为了这样的线锯的商业规模的生产达到实际应用的水平，需要公开和提供线锯结构及其这种结构造成的优点，以及提供这样的线锯的制造方法，所述线锯固定有从常规磨料如 SiC 和 Al₂O₃ 到所谓强力磨料如金刚石和 CBN(立方氮化硼) 的硬磨料。

25 因此，本发明的目的在于提供一种线锯和其制造方法，解决上述现有技术问题，其中，在第一方面，提供一种高强度的芯线，它具有固定到它的外周表面的磨料和树脂粘结剂层，所述磨料的颗粒度不小于所述树脂粘结剂层的三分之二，但不超过所述芯线直径的一半，所述树脂粘结剂层的树脂粘结剂包括一种树脂，它具有 100 公斤/平方毫米或以上的弹性模量，和 200°C 或
30 以上的软化温度，所述树脂含有一种填料，它具有比所述树脂粘结剂层的厚度的三分之二小的颗粒度。

上述磨料的颗粒度必须大于或等于树脂粘结剂层厚度三分之二，因为，如果它比所述厚度小，磨料很难在树脂粘结剂层表面的部分上存在而同时由所述表面向外突出。

而且，如果磨料颗粒尺寸超过芯线直径的一半，将磨料颗粒固定就位将是困难的，会造成切割能力的降低。而且，为长期保持高的切割精度，磨料颗粒度最好应达到大约芯线直径的三分之一。

填料是镶在树脂粘结剂层中强化树脂粘结剂用的，可以具有小于树脂粘结剂层厚度三分之二的颗粒度。

作为高强度芯线，可用金属，金属氧化物，金属碳化物，金属氮化物，有机物或碳材料等的线材。在这些之中，最好用钢琴线，因为它容易加工而成为优质细线，并且具有高的均匀性和强度。钢琴线可不经任何特殊处理使用，但最好，经过表面处理使用，以提高树脂粘结剂的粘结性和磨料颗粒的牢固性。

表面处理包括用黄铜或铜事先镀钢琴线，或在钢琴线上施加打底的树脂涂层。

根据本发明的第二方面，使用的磨料颗粒和填料的比比例特别限定。即，在树脂粘结剂中的磨料颗粒的体积含量是从1%到30%，在树脂粘结剂中的填料体积含量是从1%到50%。

磨料颗粒体积含量在1%以下的，由于磨料颗粒的过高的切割阻力，切削速度显著降低。磨料颗粒体积含量在30%以上的，由于切削产生的切屑的排出不及时也造成切削速度降低。

因此，磨料颗粒体积含量最好在4 - 25%。

树脂粘结剂的填料体积含量不小于1%时，能够改善磨料颗粒的固着、耐磨损性和导热性，而填料体积含量超过50%时降低树脂粘结剂层的柔性，相反造成固着性和耐磨性降低。

因此，填料的体积含量最好在5% - 40%。

根据本发明的第三方面，就切割质量和最终线锯的使用寿命来说，最好使用金刚石等的强力磨料颗粒。为改善强力磨料颗粒和树脂粘结剂间的粘结性，最好预先在强力磨料颗粒表面镀金属，如Ni或Cu。考虑上述的固着、耐磨和导热性能，作为填料，最好使用硬材料，如强力磨料颗粒或常规磨料颗粒。

如上所述, 因为根据本发明, 树脂粘结剂层是由特定颗粒度的磨料颗粒和填料制成, 它们含在具有高弹性模量和高软化温度的树脂中, 产生的线锯可用于连续切割或其他加工。

而且, 根据本发明, 因为磨料包括的颗粒具有比填料颗粒大的特定尺寸, 即使磨料颗粒基本与树脂粘结剂层表面齐平而不在树脂粘结剂表面上显著突出, 磨料的端部接触在切割下的工件, 磨料颗粒也起切割作用。当线锯用于接续的切割加工时, 由于切割磨损, 树脂粘结剂层表面向内退后, 磨料颗粒在它的表面上变得较突出, 这使得切割质量改善。当然, 不用说, 最好在线锯制造之初, 使得磨料颗粒的一部分在树脂层表面上突出, 因为在这样的设置中, 当线锯首次切割工作时, 磨料颗粒的突出端起切割刀的作用, 这样的突出端也起容屑槽的作用。

至于制造上述线锯的线的方法, 使用所谓的上釉 (enamelling process) 工艺是较好的, 其中上述芯线首先涂一层涂料, 涂料包括上述磨料颗粒和填料的用溶液混合的混合物, 溶液含溶解在内的上述树脂, 然后涂层干燥并固化, 因为这样的工艺易于使磨料突出。

将芯线浸泡通过涂料溶池容易完成上釉工艺, 然后将其干燥固化。引入到干燥固化阶段的部分最好是垂直的, 从而确保磨料颗粒均匀分散和树脂粘结剂层的厚度均匀。

最好在引入部分使用一个浮套模(floating die), 控制涂料流体在芯线上的粘结状态。

涂层复合剂的溶剂比例最好是为整个涂层复合剂体积的 25 - 75 %。为了在干燥固定颗粒时达到涂料性能和磨料颗粒的突出, 涂层复合剂必须含有体积含量不小于 25 % 的溶剂, 而当超过 75 % 时, 也成问题, 即干燥的速度降低, 溶剂在干燥中突然挥发, 在树脂粘结剂层中形成泡沫, 这造成固着强度和磨料颗粒耐磨性的降低。因此, 鉴于影响磨料颗粒的可加工性和突出的形成方面的涂层复合剂的粘度, 在涂层复合剂中的溶剂体积比例最好在 40 - 60 %。

对于树脂粘结剂, 任何满足上述弹性模量和软化温度条件的树脂均可采用。从易于涂敷和物理性能来看, 最好是, 醇酸树脂, 酚醛树脂, 甲醛树脂, 聚氨酯甲酸乙酯树脂, 聚酯树脂, 聚亚酰胺树脂, 环氧树脂, 三聚氰胺甲醛树脂, 尿素树脂, 不饱和聚酯树脂, 烯丙基树脂, 聚酯-亚胺树脂, 聚酰胺-亚胺树脂, 聚酯-聚氨酯树脂, 双马来酰亚胺树脂, 双马来酰亚胺-三嗪

树脂, 羧酸盐酯树脂, 聚醚-亚胺树脂, polyparabanate 树脂, 芳香聚酰胺树脂等。

5 根据本发明, 可用任何能够溶解上述树脂的溶剂, 根据使用的特定树脂选择, 包括烷基苯类, 如二甲苯, 甲苯, 苯, 乙基苯等; 酚醛类, 如酚醛, 甲酚, 二甲苯等; 乙醇类, 如乙醇, 丁醇等; 酮类, 如丙酮, 丁酮, 环己酮等; 醚, 如四氢呋喃, 二氧杂环己烷等; 和质子惰性的溶剂, 如 NM_2P , DMF , DMAC , DMSO 等。

10 还必须通过向上述树脂溶液加入填料, 提高树脂粘结剂层的强度和耐磨性, 填料包括细颗粒的金刚石, Al_2O_3 , SiC , SiO_2 , CrO_2 , BN , 云母, 滑石, 碳酸钙, 高岭土, 粘土, 氧化钛, 硫酸钡, 氧化锌, 氢氧化镁, 钛酸钾, 硫酸镁, 或金属粉末如铜或铁。在这些当中, 细颗粒的金刚石最好, 因为它能有效地改善树脂粘结剂层的强度, 耐磨性和导热性, 生产的线锯的使用寿命和切割精度。次于细颗粒金刚石, 硬材料如 SiC 和 Al_2O_3 也是较好的。填料应具有比树脂粘结剂层厚度的三分之二小的颗粒度, 填料具有扁平形或
15 针形颗粒, 只要它们具有的厚度或直径小于树脂粘结剂层厚度的三分之二, 在本发明的范围内都可用。

通过首先加热熔化用作粘结剂的树脂, 然后将磨料颗粒和填料加入到熔化树脂中, 随后将制成的混合溶液加入到一个熔化挤压器, 芯线通过它, 使得它的外表面挤压-涂敷所述混合溶液复合剂而实现涂敷过程。

20 在后者情况中, 制成的带涂层的芯线具有图 2 剖视的结构, 与前述涂敷方法比较, 磨料颗粒的突出较低。

图 1 是本发明线锯 1 的结构剖视示意图, 它具有芯线 2, 磨料颗粒 3, 填料 4 和树脂粘结剂层 5, 所述磨料颗粒固定在树脂粘结剂层上, 使得在所述树脂粘结剂层的外表面上突出至少它的一部分;

25 图 2 是本发明另一个实施例线锯的剖视示意图, 其中磨料颗粒 3 仅在树脂粘结剂层 5 外突出很小的高度, 并在极端情况, 磨料颗粒的外端基本与粘结剂层表面齐平;

图 3 是显微照相, 示出图 1 线锯外周在放大 200 倍时的情况, 金刚石颗粒用作磨料颗粒, 在所述外周边表面上以颗粒状突出。

30 下面根据试验确定本发明线锯结构完成的四个优选试验例, 和为确定本发明线锯结构要求完成的 29 个优选例子, 与 5 个对比例比较, 详细说明本发明。

优选试验例 1

在 Totoku Paint Co.,Ltd.生产的聚氨基甲酸乙酯树脂溶液(聚氨基甲酸乙酯树脂体积含量: 45%)中加入平均 25 微米颗粒度的细颗粒金刚石和平均 10 微米颗粒度的 SiO_2 , 制备涂层复合剂, 所述树脂溶液包括溶解在至少一种酚醛和至少一种烷基苯混合物中的聚氨基甲酸乙酯树脂, 使得产生的涂层复合剂分别含有 2.2 克拉/厘米³的平均 25 微米颗粒度的细颗粒金刚石和平均 10 微米颗粒度的 SiO_2 .

然后, 涂层复合剂加到直径 0.18 毫米镀黄铜的钢琴线上, 通过承载 (bearing) 直径 0.24 毫米的浮套模后的涂敷的线被干燥, 以便在垂直烘烤炉中以 300°C 固化, 形成线锯。

产生的线锯具有 0.22 毫米的直径和约 14 微米的树脂膜厚度 (树脂粘剂层厚度)。

优选试验例 2

除了使用的涂层复合剂外, 与上述试验例 1 相似方法制造线锯。涂层复合剂的制备是在酚醛树脂溶液 (酚醛树脂重量含量: 50%) 中加入平均 25 微米颗粒度的细颗粒金刚石和平均 5 微米颗粒度的 SiO_2 , 酚醛树脂溶液包括在甲酚中溶解酚醛树脂 (Sumitomo Bakelite Co.,Ltd. 制造), 使得制成的涂层复合剂分别含 2.2 克拉/厘米³的细金刚石颗粒和 1.1 克拉/厘米³的 SiO_2 。

制成的线锯具有 0.22 毫米的直径和约 15 微米的树脂膜厚度。

20 优选试验例 3

在双马来酰亚胺树脂溶液中加入平均 25 微米颗粒度的细颗粒金刚石和平均 5 微米颗粒度的 Cu 粉末, 制备涂层复合剂, 除了用双马来酰亚胺树脂 (Mitsui Toatsu Chemicals,Inc.生产, 现在是 Mitsui Chemicals,Inc.) 替代酚醛树脂外, 制备方法与上述的试验例 2 相似, 使得制成的涂层复合剂分别含有 3.3 克拉/厘米³的细颗粒金刚石和体积 6.3% 的铜粉末。线锯是用与上述试验例 2 的相似方式制造。

制成的线锯具有 0.22 毫米的直径和约 15 微米的树脂膜厚度。

优选试验例 4

酚醛树脂 (Sumitomo Bakelite Co.,Ltd.制造) 溶解在甲酚中, 获得含有体积 45% 的酚醛树脂的酚醛树脂溶液。向制成的酚醛树脂溶液加平均 35 微米的颗粒度的细颗粒金刚石和平均 5 微米颗粒度的 SiC , 使得制成的涂层复合剂含有体积比例为 60: 10: 30 的酚醛树脂溶液, 细颗粒金刚石和 SiC 。

然后，制成的涂层复合剂加到直径 0.18 毫米镀黄铜的钢琴线上，在通过承载直径 0.28 毫米的浮套模的涂敷的线被干燥，以便在烘烤炉中以 300°C 固化，形成线锯。

制成的线锯具有 0.25 毫米的直径和约 18 微米的树脂膜厚度。

5 优选试验例的线锯的切割测试

对上述试验例 3 制成的线锯进行切割单晶硅块的测试。使用的单晶硅块是边长 100 毫米的正方形，厚 30 毫米，切割的面积是 100 毫米×30 毫米。

用的线锯是 30 米长。工作条件是，线锯以 400 毫米/分的速度往复运动，线的张力为 2.5 公斤力，用自来水作工作介质。

10 切割缝具有 0.25 毫米宽，在切割截面积为 1500 平方厘米上切割，进给速度稳定在 3.7 毫米/分。

对上述试验例 4 制成的线锯进行切割单晶硅块的测试。使用的单晶硅块是边长 100 毫米的方形，30 毫米厚，切割的面积是 100 毫米×30 毫米。

15 用的线锯是 30 米长。工作条件是，线锯以 500 毫米/分的速度往复运动，线的张力为 2.5 公斤力，用自来水作工作介质。

切割缝具有 0.29 毫米宽，在切割面截积为 1500 平方厘米上切割进给速度稳定在 4.6 毫米/分。

优选例 1

通过混合酚醛树脂涂层材料(由 Showa Highpolymer Co.,Ltd 生产的 BRP - 5980，溶解在甲酚中)，平均 2.5 微米颗粒度的金刚石填料(由 Tomei Diamond Co.,Ltd.生产的 IRM2 - 4)和平均 30 微米颗粒的金刚石磨料颗粒(由 Tomei Diamond Co.,Ltd.生产的 IRM30-40)制备涂层复合剂，这些固体含量的体积比例是 60%：20%：20%。甲酚作为溶剂加入，制成的涂层复合剂含有体积 50% 的溶剂。然后，制成的涂层复合剂加到直径 0.18 毫米镀黄铜的钢琴线上，涂敷线在通过直径 0.18 毫米的浮套模后被干燥，并在垂直上釉炉中以 300°C 固化，形成线锯。制成的线锯具有 0.239 毫米的直径和烘干固化后约 19 微米厚的树脂粘结剂层。图 1 示出制成的线锯结构剖视图。它的外周表面状态示于图 3 的放大 200 倍的显微照片。

表 1 示出，由激光衍射颗粒度分布测量系统(SALD-2000A，由 Shimadzu Corporation 制造)测量的上述平均 2.6 微米颗粒度的金刚石填料和平均 30 微米颗粒度的金刚石磨料颗粒的实际颗粒度分布。

表 1

IRM2 - 4 标称平均颗粒度 2.6 μm		IRM30 - 40 标称平均颗粒度 30 μm		IRM20 - 30 标称平均颗粒度 21 μm	
颗粒度 (μm)	含量 (%)	颗粒度 (μm)	含量 (%)	颗粒度 (μm)	含量 (%)
小于 1.1	2	小于 12.5	0	小于 10.0	2
1.1~2.1	17	12.5~15.3	4	10.0~14.0	10
2.1~3.1	55	15.3~18.7	9	14.0~16.0	5
3.1~4.6	20	18.7~22.9	4	16.0~18.0	8
4.6~6.9	3	22.9~28.0	18	18.0~20.0	11
6.9~10.3	1	28.0~34.3	32	20.0~22.0	15
10.3~15.3	1	34.3~41.9	24	22.0~25.0	21
大于 15.3	1	41.9~51.2	8	25.0~30.0	18
		大于 51.2	1	30.0~40.0	9
				大于 40.0	1

假定本发明的线锯具有厚度 20 微米（树脂膜厚度）的树脂粘结剂层，磨料颗粒应具有 $20 \text{ 微米} \times 2/3 = 13 \text{ 微米}$ 或更大的颗粒度，填料颗粒度应小于 13 微米。

- 5 因此，根据表 1 的结果，IRM2 - 4 可用作含有约 1% 磨料颗粒的填料，IRM30 - 40 和 IRM20 - 30 可用作分别含有约 4% 和 12% 填料的磨料颗粒。

在优选例 1 中用的酚醛树脂涂层材料施加到铝箔片上，烘烤两小时，在 200°C 恒温室固化。结果，约 $30\mu\text{m}$ 厚的酚醛树脂膜形成在铝箔的表面上。在拉力器（AG - 1000E，Shimadzu Corporation 制）测量，膜具有 170 公斤/毫米² 的弹性模量。

根据 JISC - 3003 上釉线的测定法测量，在优选例 1 中获得的线锯的树脂粘结剂层具有 330°C 的软化温度。

- 15 具有上述结构的优选例 1 的线锯进行切割测试，其中，边长 100 毫米的方形单晶硅在循环冷却水之下，加紧压力是 2.5 公斤，以 400 米/分的线锯速度切割。在切割刚开始时以 6.8 毫米/分的切割速度而开始切割后 1 小时以 4.6 毫米/分的切割速度进行连续切割。

优选例 2 - 6 和对比例 1 - 3

代替上述优选例中用的酚醛树脂涂层, 分别使用聚酯材料 (Delacoat E-220, Ntto Denko Corporation 生产; 优选例 2), 聚酯 - 亚胺涂层材料 (Isomid 40, Nippon Shokubai Kagaku Kogyo Co.,Ltd. 生产; 优选例 3), 聚酰胺 - 亚胺涂层材料 (HI - 406, Hitachi Chemical Co.,Ltd. 生产; 优选例 4), 5 聚氨基甲酸酯涂层材料 (TPU-6155, Totoku Paint Co.,Ltd. 生产; 优选例 5), 双马来酰亚胺树脂涂层 (Mitsui Toatsu Chemicals, Inc. 现在名是 Mitsui Chemicals, Inc 生产的 BMI-S, 溶解在甲酚中; 优选例 6), 聚酰胺树脂涂层材料 (Toray Industries Inc. 生产的 CM3001, 溶解在甲酚中; 对比例 1), 10 苯氧树脂涂层材料 (Toto Chemical Industry Co.,Ltd. 生产的 YP - 50, 溶解在甲酚中; 对比例 2), 硅树脂涂层材料 (Toray Silicone, Ltd. 生产的 H - 19, 溶解在甲酚中; 对比例 3)。制成线锯, 在其他与上述优选例 1 相似的情况下, 在单晶硅块上对线锯进行切割测试, 结果示于表 2。

制成的各线锯的软化温度和它们的树脂膜的弹性模量也示于表 2。

15

表 2

	优选例 1	优选例 2	优选例 3	优选例 4	优选例 5	优选例 6	对比例 1	对比例 2	对比例 3
涂层材料	酚醛树脂	聚酯	聚酯 - 亚胺	聚酰胺 - 亚胺	聚氨基甲 酸乙酯	双马来 酰亚胺	聚酰胺	苯氧树脂	硅树脂
弹性模量 kg/mm ²	170	160	180	200	190	220	50	140	30
软化温度 °C	330	320	360	410	250	380	60	110	50
芯线外径 mm	0.239	0.237	0.237	0.236	0.238	0.236	0.238	0.239	0.237
树脂粘结剂层 厚度 mm	0.019	0.017	0.018	0.017	0.018	0.017	0.018	0.019	0.018
切割速度 A mm/min	6.8	6.5	6.7	7.1	6.3	6.7	2.5	4.1	3.1
切割速度 B mm/min	4.6	4.6	4.8	4.9	4.3	5.1	1.3	1.8	1.6

切割速度 A: 切割刚开始时的切割速度

切割速度 B: 开始切割 1 小时后的切割速度

优选例 7 - 13

除酚醛树脂, 金刚石填料, 金刚石磨料颗粒的固体体积含量分别变化为 75 %、5 %、20 % (优选例 7); 70 %、10 %、20 % (优选例 8); 50 %、30 %、20 % (优选例 9) 外, 以与优选例 1 相似的方式制成线锯。

- 5 制成的各线锯在单晶硅块上进行切割测试, 结果示于表 3。该表也示出, 在使用很少的填料含量的优选例 10 和 11, 以及相反地, 使用高填料含量的优选例 12 和 13 上的切割测试结果。在优选例 10 中, 如表所示, 虽然填料的混合比是 0 %, 磨料颗粒的分布变化产生出由磨料颗粒替代的 1 % 的填料。

表 3

	优选例 1	优选例 7	优选例 8	优选例 9	优选例 10	优选例 11	优选例 12	优选例 13
磨料颗粒	金刚石	金刚石	金刚石	金刚石	金刚石	金刚石	金刚石	金刚石
磨粒平均颗粒度 μm	30	30	30	30	30	30	30	30
填料	金刚石	金刚石	金刚石	金刚石	金刚石	金刚石	金刚石	金刚石
填料平均颗粒度 μm	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
填料体积含量 %	20.6	5.8	10.7	30.5	1.0	2.0	40.0	50.0
芯线外径 mm	0.239	0.236	0.238	0.239	0.222	0.227	0.224	0.225
树脂粘结剂层厚度 mm	0.019	0.016	0.018	0.019	0.012	0.013	0.015	0.016
切割速度 A mm/min	6.8	4.5	5.7	6.7	4.1	4.2	5.3	4.3

- 10 切割速度 A: 切割刚开始时的切割速度

填料含量: 占(树脂 + 填料 + 磨料颗粒)的体积百分数(根据颗粒度的分布确定)

优选例 14 - 16

- 除了分别用平均 21 微米的颗粒度的金刚石磨料颗粒 (IRM20 - 30, Tomei DiamondCo.,Ltd.生产;优选例 14), 平均 30 微米的颗粒度的镀镍的金刚石颗粒(IRM-NP30 - 40, Tomei DiamondCo.,Ltd 生产;优选例 15), 和平均 21 微米的颗粒度的镀镍金刚石 (IRM-NP20 - 30, Tomei DiamondCo.,Ltd.生产;优选例 16) 代替平均 30 微米的颗粒度的金刚石磨料外, 以与优选例 1 相似方式制造线锯。制成的各线锯在单晶硅块上进行切割测试, 结果示于表 4。
- 20

平均 21 微米颗粒度的金刚石颗粒的颗粒度分布，也以与例 1 相似的方式测量，它的结果示于前面的表 1。

表 4

	优选例 14	优选例 15	优选例 16	优选例 17	优选例 18
磨料颗粒	金刚石	镀 Ni 金刚石	镀 Ni 金刚石	SiC	金刚石
磨料平均颗粒度 μm	21	30	21	32	30
填料	金刚石	金刚石	金刚石	金刚石	SiC
填料平均颗粒度 μm	2.6	2.6	2.6	2.6	1.2
填料体积含量 %	22.2	20.6	22.2	19.8	20.0
芯线外径 mm	0.233	0.238	0.232	0.237	0.238
树脂粘结剂层厚度 mm	0.018	0.018	0.017	0.017	0.017
切割速度 A mm/min	5.6	8.7	6.5	4.6	6.5
切割速度 B mm/min		6.9	4.2		

5 切割速度 A：刚开始切割时的切割速度

切割速度 B：切割开始 1 小时后的切割速度

填料含量：占(树脂 + 填料 + 磨料颗粒)的体积百分数(根据颗粒度分布确定)

优选例 17 和 18

10 除了用平均 32 微米的颗粒度的 SiC 磨料颗粒 (Green SiC Mesh 400,FUJIMI Abrasive Materials Co.,Ltd.生产; 优选例 17) 代替平均 30 微米的颗粒度的金刚石磨料颗粒; 用平均 1.2 μm 的颗粒度的 SiC (Green SiC Mesh 8000,FUJIMI Abrasive Materials Co.,Ltd.生产; 优选例 18) 代替平均 2.6 微米的颗粒度的填料外, 以与优选例 1 相似方式制造线锯。制成的各线锯在
15 单晶硅块上进行切割测试, 结果也示于表 4。

优选例 19 - 21 和对比例 4 和 5

根据表 5 所示的磨料颗粒度和体积混合比, 除了使用镀镍的金刚石磨料颗粒和金刚石填料外, 以与优选例 1 相似方式制成线锯。制成的各线锯在单晶硅块上进行切割测试, 结果也示于表 5。虽然优选例 21 的切割速度 A 和

B 达到较高的切割速度，切割表面与其它优选例比，具有较大的不平整度。而且，使用较小平均颗粒度的对比例 4 具有很低的切割速度，而使用比芯线直径的一半大的平均颗粒度的对比例 5，造成不能通过烘烤固定磨料颗粒的情况。

5

表 5

	优选例 19	优选例 20	优选例 21	对比例 4	对比例 5
磨料颗粒 μm	镀 Ni 金刚石	镀 Ni 金刚石	镀 Ni 金刚石	镀 Ni 金刚石	镀 Ni 金刚石
磨料平均颗粒度 μm	16	14	85	7	115
填料	金刚石	金刚石	金刚石	金刚石	金刚石
填料平均颗粒度 μm	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
填料体积含量 %	20.9	21.8	20.9	30.2	20.9
芯线外径 mm	0.195	0.196	0.288	0.212	-
树脂粘结剂层厚度 mm	0.019	0.017	0.018	0.017	-
切割速度 A mm/min	6.3	5.5	9.5	1.9	-
切割速度 B mm/min	2.1	1.8	7.0	0.0	-

优选例 22 - 29

根据表 6 所示的磨料颗粒度和体积混合比，除了使用镀 Ni 的金刚石磨料颗粒和金刚石填料外，以与优选例 1 相似方式制成线锯。制成的各线锯在单晶硅块上进行切割测试，结果也示于表 6。

由上述试验优选例，优选例和对比例的结果清晰见到，根据本发明的线锯，在切割刚开始时的切割速度和一小时后的切割速度上，远高于对比例。另外，当进行进一步的切割测试时，本发明的线锯保持比切割开始 1 小时后的速度水平减少较小的恒定速度，连续作业。

可以认为，本发明的线锯的上述高性能是由于向外突出的磨料颗粒通过设计用含有填料的树脂粘结剂，被快速而牢固地固定到高强度芯线的外周上，从而具有经受得住工作压力和切割操作中产生的热量的高的耐热性和耐磨性。

表 6

	优选例 22	优选例 23	优选例 24	优选例 25	优选例 26	优选例 27	优选例 28	优选例 29
磨料颗粒	镀 Ni 金刚石	镀 Ni 金刚石	镀 Ni 金刚石	镀 Ni 金刚石	镀 Ni 金刚石	镀 Ni 金刚石	镀 Ni 金刚石	镀 Ni 金刚石
磨料平均颗粒度 μm	30	30	30	30	30	30	30	30
填料	金刚石	金刚石	金刚石	金刚石	金刚石	金刚石	金刚石	金刚石
磨料颗粒体积含量 %	4.2	7.9	11.3	15.0	18.7	22.4	1.5	30.0
填料平均颗粒度 μm	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
填料体积含量%	23.6	22.7	22.0	21.1	20.2	19.3	20.9	20.9
芯线外径 mm	0.222	0.227	0.230	0.231	0.233	0.230	0.223	0.227
树脂粘结剂层厚度 mm	0.015	0.017	0.018	0.018	0.019	0.018	0.015	0.017
切割速度 A mm/min	5.5	7.5	8.3	9.5	9.0	7.6	4.4	4.5
切割速度 B mm/min	3.2	4.8	5.0	5.0	4.9	2.0	2.8	1.9

为了确保突出磨料颗粒的快速而牢固的固定，使用的树脂必须具有 100 公斤/毫米²或更高的弹性模量，和 200°C 或更高的软化温度，并应含有硬的填料。

使用具有小于树脂粘结剂层厚度的三分之二的颗粒度的上述填料，通过镶在树脂粘结剂层中，强化树脂粘结剂，根据本发明的使用具有大于或等于树脂粘结剂层三分之二厚度的颗粒度的上述磨料颗粒，允许涂层复合剂烘烤时固化在芯线的上述外周，从而使磨料颗粒在树脂粘结剂层表面上突出，形成切割刃和容屑槽。

因此，不言而喻，根据被切割的特定物件和切割条件，在权利要求书所限定本发明的范围内，需对芯线直径，树脂，磨料颗粒和填料类型和数量，磨料和填料的颗粒度，以及磨料颗粒突出高度进行符合要求的选择，以便保证最优的加工效率和精度。

工业应用

如上所述，本发明作为现有用松散磨料切割晶片技术的改进，提供磨料颗粒线锯，允许容易地且经济可行地用线锯进行切割。而且，本发明的线锯的切割能力至少为松散磨料方式的十倍，并具有足够的加工性能和精度。

5

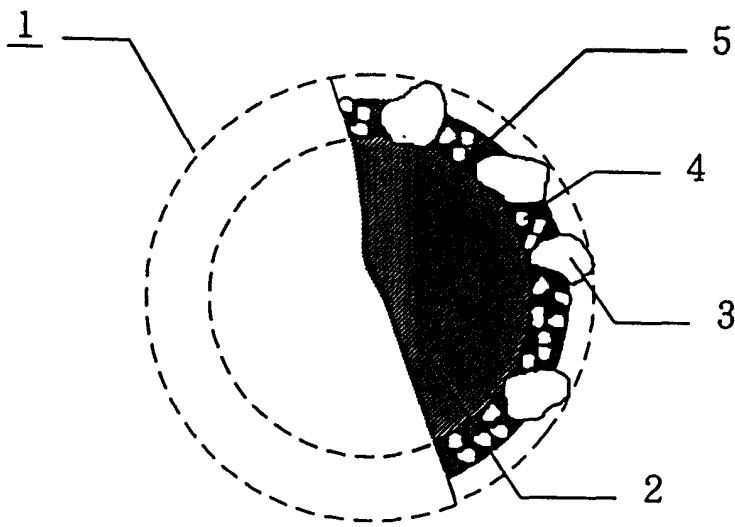


图 1

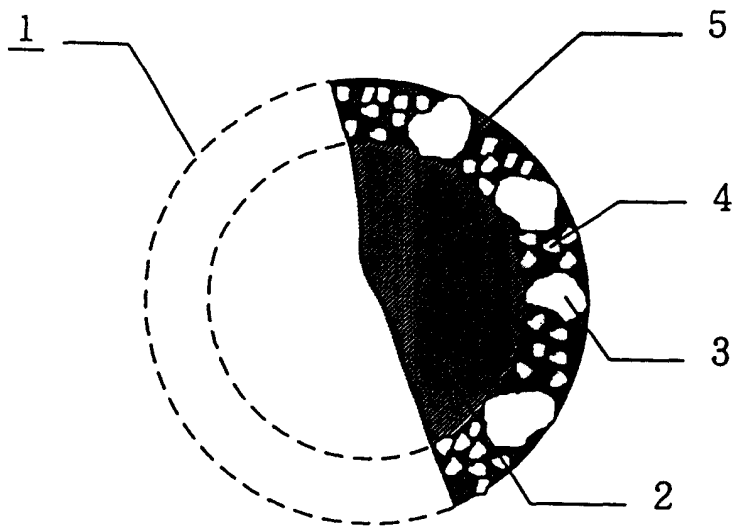


图 2

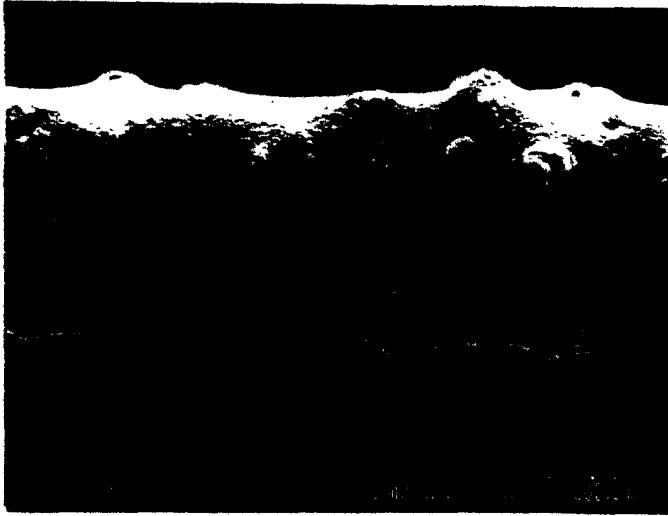


图 3