



(21)申請案號：102123832

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 07 月 03 日

(51)Int. Cl. : C09K3/14 (2006.01)  
B23D61/18 (2006.01)

B24B27/06 (2006.01)

(30)優先權：2012/07/05 歐洲專利局 12175050.9

(71)申請人：N V 貝卡特股份有限公司 (比利時) NV BEKAERT SA (BE)  
比利時

(72)發明人：肯波斯 葛洛柏 CAMPOS, GLAUBER (BR)；史賓尼 何賽 SPINNEWYN, JOSE (BE)

(74)代理人：林志剛

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：6 共 31 頁

(54)名稱

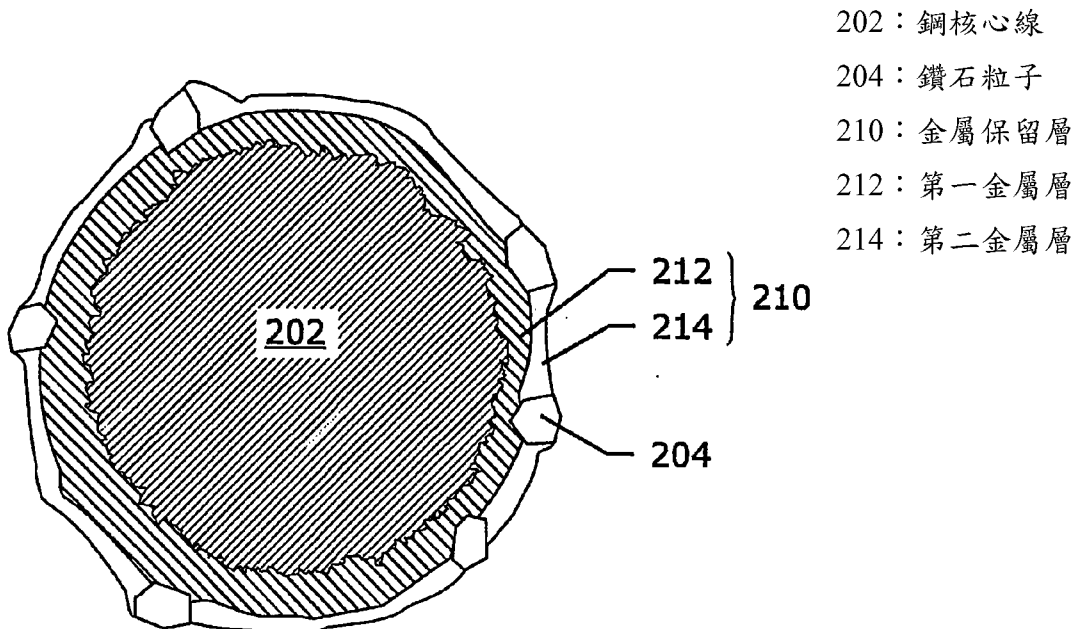
具有立方八面體鑽石粒子之固定磨料鋸線

FIXED ABRASIVE SAWING WIRE WITH CUBO-OCTAHEDRAL DIAMOND PARTICLES

(57)摘要

本發明關於固定磨料鋸線，其包含固持在鋼線上之金屬保留層中之鑽石粒子。該鋼線具有小於 300 μm 之直徑。該等鑽石粒子之主要部分(超過一半)具有如藉由在高溫高壓下的鑽石合成中所獲得之立方八面體形態。95%的該等鑽石粒子具有 80 μm 或更小之尺寸。該等鑽石粒子主要顯示低於或等於 0.2 之低伸長率。該等鑽石粒子並非藉由壓碎較大鑽石而獲得。該等鑽石粒子可用將粒子機械方式壓入柔軟片狀第一金屬層，然後覆蓋第二金屬層之已知方式固定在該線上。或者，該等鑽石粒子可藉由電解共沉積併入該保留層。或者，該等鑽石粒子可利用低溫焊料金屬層併入該保留層。該固定磨料鋸線使鋸切藍寶石時所需要的鋸切力氣較小。

圖 2





(21)申請案號：102123832

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 07 月 03 日

(51)Int. Cl. : C09K3/14 (2006.01)  
B23D61/18 (2006.01)

B24B27/06 (2006.01)

(30)優先權：2012/07/05 歐洲專利局 12175050.9

(71)申請人：N V 貝卡特股份有限公司 (比利時) NV BEKAERT SA (BE)  
比利時

(72)發明人：肯波斯 葛洛柏 CAMPOS, GLAUBER (BR)；史賓尼 何賽 SPINNEWYN, JOSE (BE)

(74)代理人：林志剛

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：6 共 31 頁

(54)名稱

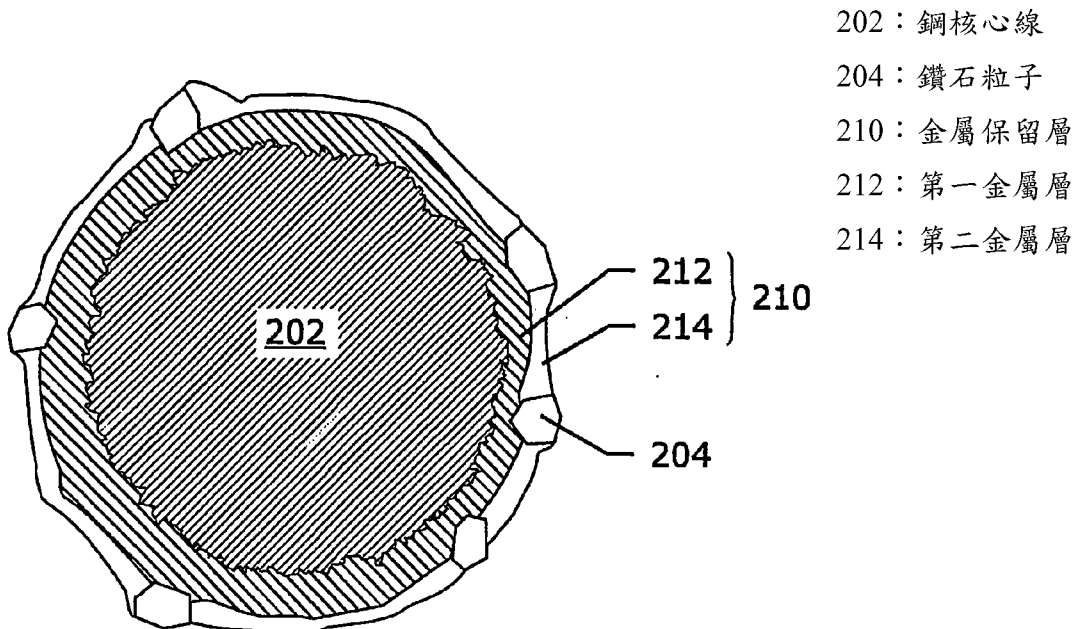
具有立方八面體鑽石粒子之固定磨料鋸線

FIXED ABRASIVE SAWING WIRE WITH CUBO-OCTAHEDRAL DIAMOND PARTICLES

(57)摘要

本發明關於固定磨料鋸線，其包含固持在鋼線上之金屬保留層中之鑽石粒子。該鋼線具有小於 300 μm 之直徑。該等鑽石粒子之主要部分(超過一半)具有如藉由在高溫高壓下的鑽石合成中所獲得之立方八面體形態。95%的該等鑽石粒子具有 80 μm 或更小之尺寸。該等鑽石粒子主要顯示低於或等於 0.2 之低伸長率。該等鑽石粒子並非藉由壓碎較大鑽石而獲得。該等鑽石粒子可用將粒子機械方式壓入柔軟片狀第一金屬層，然後覆蓋第二金屬層之已知方式固定在該線上。或者，該等鑽石粒子可藉由電解共沉積併入該保留層。或者，該等鑽石粒子可利用低溫焊料金屬層併入該保留層。該固定磨料鋸線使鋸切藍寶石時所需要的鋸切力氣較小。

圖 2



## 發明摘要

※申請案號：102123832

※申請日：102年07月03日

※IPC分類：C01K<sup>3</sup>/<sub>4</sub> (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

B>4B<sup>27</sup>/<sub>6</sub> (2006.01)

B>3D<sup>6</sup>/<sub>18</sub> (2006.01)

具有立方八面體鑽石粒子之固定磨料鋸線

Fixed abrasive sawing wire with cubo-octahedral diamond particles

【中文】

本發明關於固定磨料鋸線，其包含固持在鋼線上之金屬保留層中之鑽石粒子。該鋼線具有小於 300 μm 之直徑。該等鑽石粒子之主要部分(超過一半)具有如藉由在高溫高壓下的鑽石合成中所獲得之立方八面體形態。95%的該等鑽石粒子具有 80 μm 或更小之尺寸。該等鑽石粒子主要顯示低於或等於 0.2 之低伸長率。該等鑽石粒子並非藉由壓碎較大鑽石而獲得。

該等鑽石粒子可用將粒子機械方式壓入柔軟片狀第一金屬層，然後覆蓋第二金屬層之已知方式固定在該線上。或者，該等鑽石粒子可藉由電解共沉積併入該保留層。或者，該等鑽石粒子可利用低溫焊料金屬層併入該保留層。該固定磨料鋸線使鋸切藍寶石時所需要的鋸切力氣較小。

## 【 英文 】

The invention a fixed abrasive sawing wire comprising diamond particles held in a metallic retention layer on a steel wire. The steel wire has a diameter less than 300  $\mu\text{m}$ . The predominant part of the diamond particles (more than half) have a cubo-octahedral morphology as obtained in the diamond synthesis by high pressure at high temperature. 95% of the diamond particles have a size of 80  $\mu\text{m}$  or less. The diamond particles predominantly show low elongation below or equal to 0.2. The diamond particles are not obtained by crushing larger diamonds. The diamond particles can be fixed on the wire in the known ways of mechanically indenting particles in a soft sheeted first metallic layer followed by coverage with a second metallic layer. Alternatively the diamond particles can be incorporated in the retention layer by electrolytic co-deposition. Alternatively the diamond particles can be incorporated into the retention layer by means of a low temperature solder metal layer. The fixed abrasive sawing wire results in a lower sawing effort needed when sawing sapphire.)

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第(2)圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

202：鋼核心線

204：鑽石粒子

210：金屬保留層

212：第一金屬層

214：第二金屬層

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】**：無

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

## 【發明名稱】(中文/英文)

具有立方八面體鑽石粒子之固定磨料鋸線

Fixed abrasive sawing wire with cubo-octahedral diamond particles

## 【技術領域】

[0001] 本發明關於適於鋸切硬材料(諸如矽)或極硬材料(諸如藍寶石)之固定磨料鋸線。藍寶石晶圓係用作發光二極體之基板、觀察窗(watch window)、光學組件及用於許多其他應用。

## 【先前技術】

[0002] 由於藍寶石( $\alpha$  氧化鋁， $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ )在莫氏硬度標上的硬度為 9(鑽石在莫氏硬度標上具有為 10 之最高硬度)，將其鋸切成晶圓是一大挑戰。基於經濟因素，目前使用載有鑽石之切片刀的技術正被使用多線鋸超前。在多線鋸中，將單一鋸線導過槽狀絞盤，從而形成密集隔開之線長的網。藉由使該線以前後移動往復，並在供應冷卻劑之下將藍寶石晶塊(sapphire boule)推進該網，該藍寶石晶塊被切成晶圓。在整個製程中的工具當然是幾乎完全為固定磨料鋸線型的鋸線。

[0003] 在「固定磨料鋸線」中，微型裁切鑽石係牢固地附著在高強度細線的表面。該線愈細，愈低之鋸口損

失將因在一個裁切循環中可在同等時間跨距中從同一晶塊獲得更多晶圓而成為優點。但裁切速度仍低，需要約 3 至 4 小時以鋸切 2 英吋 (50.8 mm) 晶塊，但此被在一個循環中並行裁切許多晶圓而抵消。此外，該線於製程中磨損，並且平均需要約 3 至 8 米的線以裁切單一晶圓。由於只使用鑽石磨料粒子，該線往往極昂貴。

[0004] 目前，固定磨料鋸線係根據數種方法製成，彼等方法形成大不相同的產物：

A. 磨料粒子可固持在黏著於基材線之樹脂中。由於該樹脂往往相當迅速地磨損從而損失磨料粒子，故線之磨損相當高。

B. EP 2390055 描述固定磨料鋸線，其中磨料粒子係固定在由以鋅或錫為底質之低熔點焊料所製成的金屬層中。藉由存在該磨料粒子周圍的高熔點金屬中介而使該等磨料顆粒良好地黏附至該焊料。該揭示特別提及由於經壓碎鑽石與焊料具有較大接觸表面，故以壓碎的鑽石作為磨料粒子為佳。

C. EP 2277660 描述一種固定磨料鋸線，其中磨料粒子(以鑽石及立方氮化硼為佳)係包封在至少部分結晶之鎳磷塗層中。該等被包封之磨料粒子係以電化學方式塗覆在磁性線性體(諸如鋼線)上。未提供有關該等磨料粒子之形態的資訊。

D. EP 2464485 描述用於藍寶石之裁切的包括黏著至長形體之磨料粒子的磨料物件。磨料粒子係被壓入可能進

一步被塗層覆蓋的金屬黏著層。特別有關該線的是磨料顆粒之尺寸分布為非高斯分布且實質上均勻，同時在約 1 微米至約 100 微米寬之但精確限制的範圍內延伸。

[0005] 在商用固定磨料鋸線中，完全使用「經壓碎鑽石」。此等係藉由壓碎(球磨機、強震衝擊或其他技術)使較大人造或天然鑽石破碎。人造鑽石係因其可預測及可重現性質而較佳。其係在極端壓力及溫度下從石墨與金屬晶體製成，且該加工處理及起始產物容許調整所得之鑽石的尺寸、強度、易脆性及形狀。因此，將更易脆之鑽石用於壓碎。所得之混合物經常利用篩分分級，但較小粗粒尺寸則必須使用其他技術(鼓風分離、沉降、淘洗或其他技術)。以此方式，可以經濟方式獲得細微粉末。

[0006] 在用於裁切矽晶圓(例如用於太陽能電池或用於半導體產業)的鋸線中，以更易脆之鑽石為佳，原因係使用期間新的裁切邊緣隨之出現，即，該線係自磨銳。此外，不規則形鑽石能更佳地保留在基質中。

[0007] 不規則成形之極端具體實例係於 WO 2011/014884 A1 中展現，其中揭示具有表面經改質鑽石粒子的固定磨料鋸線。該等鑽石之表面已經處理，以獲得非常粗糙之外表面且主要為非球形。雖然就特定應用而言，一般認為此種表面將導致更佳保留及自磨銳，但此並非針對諸如藍寶石之非常堅硬材料的情況。

[0008] 確實，充硬材料(諸如藍寶石)之裁切造成該等易脆鑽石將磨損過快而必須藉由使該線表面上具有更多鑽

石或於裁切期間更快速使用該線來補償的其他挑戰。再者，因材料之硬度之故，在裁切中必須施加較高壓力以使用充分力氣將該等鑽石推在該藍寶石上。此可藉由在該網中之線上施加更高張力而達成。因此，此意味著亦必須使用較厚之線，因而導致伴隨的鋸口損失增加。

### 【發明內容】

[0009] 因此，本發明人之目的係利用線鋸來改善藍寶石的鋸切。「改善」意指該製程中所使用之線數量及/或所使用之能量減少。

[0010] 根據本發明一方面，主張特別適用於裁切藍寶石的固定磨料鋸線。然而，此不排除該線無法用以裁切比藍寶石軟的硬且脆之材料(諸如矽)。使用鋼線作為強度構件。鑽石粒子係利用金屬保留層附著至該線之表面。該金屬層係用以將鑽石粒子固持在原地。有關固定磨料鋸線之特徵係在於至少 95%的該等鑽石粒子具有小於 80 微米之尺寸，且至少 50%的該等鑽石粒子顯示立方八面體形。

[0011] 針對本申請案目的之立方八面體形係從立方體開始製成的任何形狀，其中頂點已依米勒指數所表示之立方體的八個方向之平面 $\{111\}$ 切除。假設立方體的正方形面具有邊長「a」及位於沿著該邊緣與切除頂點相距「b」距離之立方體頂點(111)的平面切口，則可界定「b/a」比(見表 I)。單一粒子的每一個頂點的「b」不必相同。最終，該形狀係介於並且包括立方體與八面體之間的

形狀。形狀的範圍可彙總如下：

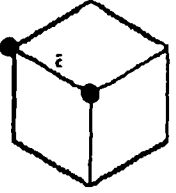
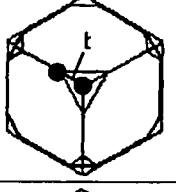
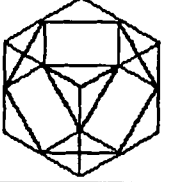
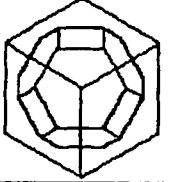
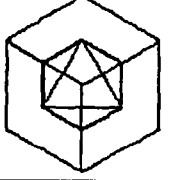
[0012]				
圖形	邊緣	面	頂點	切除比
	12	6	8	$b/a=0$ 立方體
	36	14	24	$0 < b/a < 1/2$
	24	14	12	$b/a=1/2$
	36	14	24	$b/a=3/4$
	12	8	6	$b/a=1$ 八面體

表 I

[0013] 應注意，每一頂點的「b」長度不應相等。所表示之形狀僅為連續形式範圍中的個別轉變。彼等代表理想形式，因此實務中在不偏離主張權項範圍的情況下將會發生並容許一些偏差。亦必須謹記的是並未限制該等面必須為規則多邊形。例如，很可能六邊形面並非規則六邊形：只要大致形狀顯示為六邊形，可容許邊長有一些偏

差。此外，邊緣之形狀抽象化時，為了判定形狀是否為立方八面體型，應只計算面數—由於立方體或八面體形狀極罕見，14 是最常見的數。

[0014] 或者，立方八面體始終為凸體。因此，顯示凹口或其他表面凹入的粒子不為凸體，因而不可能為立方八面體。

[0015] 基於本申請案之目的，必須瞭解術語「立方八面體」不應等同於「單晶」。雖然立方八面體鑽石顆粒為單晶，但並非每一種單晶顆粒均為立方八面體。例如經壓碎鑽石粒子將具有單晶的典型長範圍結晶排序，即，其為單晶但明顯地形狀不為立方八面體。

[0016] 此外，亦必須謹記的是任何在紙上表現的鑽石粒子形狀一定只是三維實體形狀的二維投影。因圖式只有助於解釋本發明，故不從該等圖式衍生出限制。

[0017] 具有立方八面體形之鑽石比不規則形且表面粗糙之經壓碎鑽石更堅固。因此，彼等在具有相同固有強度情況下較不易破裂。此等小尺寸之鑽石目前昂貴，因此未被考慮用於製造固定磨料鋸線。再者，該領域中存在著以經壓碎鑽石粒子製造固定磨料鋸線較佳的偏見。本發明人具有不同看法。

[0018] 至少 50%之從鋸線擷取的所有鑽石必須顯示立方八面體形。更佳係若 60%或 70%，甚至 80%至 90%之從鋸線擷取的所有鑽石顯示立方八面體形。提供一些容限給可能不為完全立方八面體或在合成或其他加工處理期間

破裂或孿生之鑽石。理想狀況係，100%之該等鑽石顯示立方八面體形。若更多鑽石顯示立方八面體形，該固定磨料鋸線之可使用期限增長。

[0019] 此外，至少 95%之該等鑽石必須具有小於 80 微米的尺寸。更佳係至少 95%之該等鑽石具有小於 60 微米或甚至小於 50 微米的尺寸。目前，已知少數具有小於 10 微米之尺寸的立方八面體鑽石之來源。只要符合該整體分布使得 95%之所有鑽石具有小於 80 微米的尺寸之要求，可能存在數種尺寸之立方八面體鑽石的混合物。

[0020] 粒子之尺寸愈小，則線之整體直徑可愈小。根據經驗法則，粒子之中位尺寸應小於該鋼線直徑的 1/4，但大於該鋼線直徑的 1/12。

[0021] 基於本申請案之目的，茲參考粒子之「尺寸」而非「直徑」（因為直徑暗示其完全為球形）。粒子之尺寸為藉由該領域中已知之任何測量方法所測定的線性量度（以微米表示）。其始終為介於最大與最小 Feret 距離之間的某個值。相對於粒子之 2D 投影的特定方向之 Feret 距離係介於兩條與該方向之投影正切之平行線之間的垂直距離。最小及最大 Feret 距離則分別為該粒子之所有可能投影及每一個投影之所有方向的兩條平行線所取得之分別最小及最大 Feret 距離。

[0022] 粒子之尺寸較佳係利用雷射繞射、直接顯微鏡檢查術、電阻或光沉降(photosedimentation)來測定。標準 ANSI B74.20-2004 更詳細描述該等方法。基於本申請

案之目的，當提及粒度時，意指藉由雷射繞射法(或亦稱之為「低角度雷射光散射」)所測定的粒度。此製程之產出為累積粒度分布，其縱座標中之可能性「P」係具有小於或等於對應橫座標上所表示之尺寸「 $d_p$ 」的尺寸可能性。互補部分(100-P)百分比係具有大於該「 $d_p$ 」之尺寸。因此，本發明之粒子具有  $d_{95} \leq 80 \mu\text{m}$ ，或更佳為  $d_{95} \leq 60 \mu\text{m}$ ，或又更佳為  $d_{95} \leq 50 \mu\text{m}$ 。

[0023] 通常，微米粗粒鑽石粒子之尺寸更確切係由根據 ANSI B74.20-2004 之篩號的尺寸範圍表示。例如，50 至 70  $\mu\text{m}$  之尺寸範圍中有 95% 的所有粒子小於 70  $\mu\text{m}$ ，因此會是根據本發明之適當尺寸範圍。資訊翔實但對本發明而言是次要的，該類別之中位尺寸  $d_{50}$  為 60.0(+/-6.0)  $\mu\text{m}$ ，並且只有 5% 之該等粒子小於 50  $\mu\text{m}$ 。發現大於 90  $\mu\text{m}$  之粒子的可能性只小於 1/100。其他適用尺寸範圍為 40 至 60  $\mu\text{m}$ (95% 之所有粒子小於 60  $\mu\text{m}$ )、40 至 50  $\mu\text{m}$ 、30 至 40  $\mu\text{m}$ 、25 至 35、20 至 30、15 至 25、10 至 20  $\mu\text{m}$ 。也就是說，只要符合  $d_{95} \leq 80 \mu\text{m}$  之要求，本發明不排除摻合不同尺寸範圍。

[0024] 上述尺寸範圍(以篩孔大小分級表示時)對應於所有鑽石粒子通過 ASTM E11-09 表 1 之篩孔 230 或更高的篩(即，篩孔數 270、325、400、450、500、635)。篩孔 230 之篩孔具有 0.0025 英吋或 63.5  $\mu\text{m}$  之標稱篩開口，且最大個別開口為 89  $\mu\text{m}$ 。

[0025] 立方八面體粒子之形狀可描述為具有實質上

「塊狀」外觀。粒子之形狀參數係定義於 ISO 9276 第 6 部分之標準中。基於本申請案之目的，粒子之「伸長率」係定義為  $1 - (\text{寬度} / \text{長度})$ ，其中：

- 「寬度」為在 Legendre 慣量橢圓之短軸方向中量得之 Feret 距離；
- 「長度」為在 Legendre 慣量橢圓之長軸方向中量得之 Feret 距離；

[0026] 該 Legendre 慣量橢圓係其中心位在粒子之質心且具有至高達與原始粒子投影之二階的相同斷面矩 (geometrical moment) 之橢圓。

[0027] 至少 50% 之用於本發明或從現有固定磨料鋸線取樣的鑽石粒子具有低於或等於 0.20 之伸長率。更佳係 60% 或 70% 之該等鑽石粒子具有低於或等於 0.20 之伸長率。

[0028] 該伸長率實務上可使用容許根據影像處理來將粒子電腦化分級的「Occhio 500 nano」儀器測定。

[0029] 前文提及之形狀的鑽石粒子較佳為人造(即，合成)且非天然的。天然鑽石因過於昂貴而明確地被排除。鑽石粒子係在高壓與高溫下經由石墨之催化轉化而獲得。已知之觸媒係得自第 VIII<sub>b</sub> 族過渡元素(如 Fe、Ni、Co、Mn...)，於 50 kbar(5 GPa) 過高壓力及高於 1300°C 之溫度進行。鑽石粒子是否經由該高溫高壓催化途徑製成可經由存在此等催化元素於將粗粒灰化之後藉由 X 繞射螢光光譜術或感應耦合電漿光譜術來確定。觸媒之量較佳係根

據鑽石與觸媒之總質量計為少於 10 000 ppm。

[0030] 較佳地，每公里線存在介於 0.5 至 3.2 克或 2.5 至 16 克拉(ct)之鑽石粒子(數量 G)。超過 3.2 g/km 可導致該線製造期間之不想要的效果(壓碎或孿生，見詳情)或該線於使用期間之負荷(產生切屑時阻塞粒子間之空間)。除上述提及之外，其造成過度昂貴的產物。或者，當存在低於約 0.5 g/km 之線時，可能導致使用期間每一鑽石的過度壓力及/或不當鋸切性能及/或較高線磨損而導致過早斷裂。

[0031] 表示鑽石粒子之量的另一替代方式係以覆蓋程度「F」表示。「覆蓋程度」係被鑽石粒子佔據之面積對該線之總周圍面積的比。介於每單位長度之質量「G」與覆蓋程度「F」之間的關係(以百分比計)為：

$$G(\text{g/km}) = 7.33 \cdot 10^{-3} \times d(\text{以 } \mu\text{m 計}) \times D(\text{以 } \mu\text{m 計}) \times F(\text{以 \% 計})$$

其中「d」為鑽石粒子之中位直徑，及「D」為線之直徑，二者均以微米表示。覆蓋程度「F」較佳係介於 0.5 與 50%之間，但更佳係介於 1 與 10%之間。在覆蓋程度超過 50%的情況下，鑽石佔據於製造期間已存在鑽石之處的機會將會是約 25 個鑽石/200 個鑽石。此導致製造期間可能發生孿生及/或壓碎(見詳情)。孿生及壓碎導致較差之裁切性能。覆蓋程度為 0.5%的情況下，該可能性變成在 100000 個鑽石上少於 2 個鑽石，但後來存在之鑽石數量

變得太低，導致鋸切期間每個鑽石上的壓力過大及/或粒子或線過早磨損或破裂。

[0032] 該覆蓋程度可在掃描式電子顯微鏡中並結合影像分析軟體，藉由選擇被鑽石粒子所佔據的表面並使其與該線之周圍表面相關來測定。

[0033] 視黏著技術而定，預料鑽石粒子實質上無金屬塗覆或實質上未經金屬塗覆。「實質上無」意指鑽石在嵌埋入線之前絲毫未被金屬覆蓋。可能的鑽石塗覆金屬為堅固的碳化物形成物(former)，諸如鈦、鋯及矽。較不易形成碳化物之金屬為釩、鉻、鎢、鉬及錳。使用該等金屬，將在鑽石上形成金屬碳化物層，諸如碳化鈦、碳化鋯、碳化矽、碳化鎢、碳化鉬及碳化錳。亦可使用者係第VIII<sub>b</sub>族元素，更特別是鐵、鈷、鎳及鈮。特別有用的亦為鎳磷或鎳硼類金屬。這兩層之組合非排他性，例如亦可將在碳化鈦上之鎳磷塗層視為鑽石的金屬塗層。金屬之目的可有兩重：使鑽石之表面產生導電性及/或藉由在鑽石與保留層之間提供更佳黏合而獲得經改良之鑽石保留。

[0034] 基材線為鋼線。該線較佳為圓形且具有介於50至300 μm之直徑。如前文提及，介於鋼線的直徑與鑽石粒子的尺寸之間存在較佳比：中位尺寸應介於該鋼線的直徑之1/4至1/12。

[0035] 較佳係該鋼線係由普通碳鋼製成，該普通碳鋼不僅包含鐵及碳且亦包含一些其他合金及微量元素，該等其他合金及微量元素其中一些對於該鋼的強度、延性、

成形性及抗腐蝕性方面性質有明顯影響。以下元素組成較適用於鋼線：

- 至少 0.70 重量%之碳，上限係視形成該線的其他合金元素而定(見下文)。

- 錳含量係佳於 0.30 至 0.70 重量%之間。錳增加(如碳)該線之應變硬化，以及亦作為該鋼之製造中的去氧化劑。

- 矽含量係佳於 0.15 至 0.30 重量%之間。矽係用以在製造期間將該鋼去氧化。如碳一般，其有助於提高該鋼之應變硬化。

- 如鋁、硫(低於 0.03%)、磷(低於 0.30%)之存在應保持在最少量。該鋼之其餘部分為鐵及其他元素。

[0036] 鉻(0.005 至 0.30 重量%)、鈮(0.005 至 0.30 重量%)、鎳(0.05 至 0.30 重量%)、鉬(0.05 至 0.25 重量%)及硼微量元素之存在可減少碳含量高於共析晶組成(約 0.80 重量%之 C)者之晶界雪明碳體形成，從而改善該線之成形性。此種合金化使碳含量為 0.90 至 1.20 重量%，導致在經拉伸之線中的抗張強度可高達 4000 MPa。此等鋼更佳且於 US 2005/0087270 中提出。

[0037] 或者，亦可使用含有最少量為 12%之 Cr 及相當大量之鎳的鋼。更佳之不鏽鋼組成物為沃斯田不鏽鋼，原因係此等不鏽鋼容易拉伸成細直徑。更佳之組成物為本技術中已知者，諸如 AISI 302(，特別是「冷鍛品質(Heading Quality)，HQ)、AISI 301、AISI 304 及 AISI

314。「AISI」係「美國鋼鐵學會(American Iron and Steel Institute)」之縮寫。

[0038] 本發明之固定磨料鋸線的抗張強度通常為：直徑小於 300  $\mu\text{m}$  者高於 2000  $\text{N}/\text{mm}^2$  之抗張強度，直徑小於 150  $\mu\text{m}$  者高於 2250  $\text{N}/\text{mm}^2$ ，及直徑小於 120  $\mu\text{m}$  者高於 2500  $\text{N}/\text{mm}^2$ 。該抗張強度係定義為固定磨料鋸線的斷裂負載除以其金屬橫斷面面積(不包括磨料粒子所佔之面積)。任何附加金屬層均納入該面積。

[0039] 如前文提及，使用不同方法製造可應用於製造本發明之固定磨料鋸線的固定磨料鋸線。針對本發明目的之較佳方法均使用鑽石粒子係牢固地固持於其中的金屬保留層。

[0040] 在第一較佳具體實例中，該金屬保留層包含覆蓋鋼線之第一金屬層。藉由機械方式將鑽石粒子推、壓入、壓至該第一金屬層，從而使之牢固地固持在該層中。然後該層必須足充厚以使該等鑽石粒子不會穿透該層並接觸該鋼。再者，該第一金屬層必須從比該硬鋼線相對軟的金屬製成，以防止鑽石粒子壓碎。因此，特佳係用於該第一層之金屬為銅、鐵、鋅、錫、鋁或此等金屬之合金，諸如黃銅、青銅、銅鎳、鋅鋁。此第一層可經由電沉積、覆層、經由熔融金屬浴浸漬來施加。

[0041] 為了固定磨料粒子，將另一第二金屬層沉積在該第一金屬層頂部上，從而部分或全部覆蓋壓入之鑽石粒子。用作第二金屬層之建議金屬為鎳、鐵、鈷、鋁、

鎢、銅、鋅、錫及其合金。較佳係該第一金屬層係利用電解沉積來沉積。

[0042] 可使用在嵌埋之前經金屬塗層塗覆之鑽石及不具任何金屬塗層之鑽石二者。在後者情況下，由於表面無傳導，故第二金屬層將不覆蓋突出之鑽石表面。在前者情況下，視所施加之塗層的傳導性而定，可使用第二金屬層覆蓋該突出之鑽石表面。藉由壓入製造此種線之範例方式係描述於 WO 2010/125083 及 WO 2010/092151 中。

[0043] 用以固持鑽石粒子之另一種方式係利用電解沉積在該鋼線上的金屬保留層，且其中該等粒子係在電解塗覆程序期間埋入。較佳地，該保留層包含覆蓋該鋼線之第一金屬層及電解沉積在該第一金屬層頂部上之第二金屬層。鑽石粒子係與該第二金屬層電解共沉積。可用於該第一層之典型金屬為鐵、鋁、鎳、鉻、鈷、鉬、鎢、銅、鋅、錫及其合金，諸如黃銅或青銅。特佳者為銅、鋅、鈷、鎳或鋁，因彼等具有可大幅改善沉積程序的高導電性。

[0044] 用作第二金屬層之較佳金屬為鎳、鐵、鈷、鉬、鎢、銅、鋅、錫及其合金。因硬度之故，最佳者為鎳或鎳合金，諸如鎳鈷或鎳鎢。當可能依序之相鄰金屬層為相同金屬時，彼等被視為單一層。

[0045] 當使用沉積於線上之前塗覆有金屬(例如形成碳化物之金屬或鎳磷或鎳硼塗層)的鑽石時，該等鑽石可與保留層之第二層共沉積。可能情況係該鋼線主要塗覆黃

銅、銅、鋅、鎳之第一金屬層，然後第二金屬層以與該等鑽石粒子共沉積之方式電沉積該鋼線上。較佳地，該第二金屬層在該等鑽石粒子共沉積於該等鑽石之頂部之後藉由電沉積進一步增厚。用以將鑽石共沉積至鋼線之範例製程係例如描述於 WO 2012/055712。

[0046] 或者，鑽石可無金屬塗層。則鑽石係藉由吸附至鋼線上然後經金屬保留層固定來黏附。

[0047] 在最後較佳具體實例中，鑽石粒子係固定在為錫、銀、金及銅之混合物的低熔點焊料中。此製程中用以製造固定磨料鋸線的範例方法係描述於 EP 2390055 中。

#### 【圖式簡單說明】

[0048] 圖 1 顯示在現實中發生之立方八面體型鑽石的投影。

[0049] 圖 2 顯示本發明固定磨料鋸線的第一較佳具體實例，其係藉由鑽石壓入法製造。

[0050] 圖 3 描述本發明固定磨料鋸線的第二較佳具體實例，其中鑽石粒子係與第二金屬層電解共沉積。

[0051] 圖 4 顯示本發明固定磨料鋸線之第三較佳具體實例，其中薄第一層係先電解沉積在與第二金屬層電解共沉積之鑽石粒子上。

[0052] 圖 5 顯示不同固定磨料鋸線之比較鋸切結果。

[0053] 圖 6 顯示固定磨料鋸線之使用期限測試。

[0054] 在該等圖式中，相似元件係以相同單元及十位數表示，而百位數係指圖式編號。

### 【實施方式】

[0055] 根據本發明第一實施例，製造壓入型固定磨料鋸線。使用碳含量為 0.80 質量%之碳的中間線直徑為 1.30 mm 的普通碳鋼線作為起始材料。該中間線係藉由電解沉積經銅塗層(第一層)塗覆，然後拉伸至 175  $\mu\text{m}$  核心鋼直徑之最終等效直徑。等效直徑意指與該線之垂直橫斷面的相同鋼面積的圓之直徑。因而在最終產物上獲得不同之銅厚度量，如表 II 彙總。隨後，利用壓入輥將不同尺寸及類型之鑽石壓入該銅層。所有鑽石均無金屬塗層。最後，利用鎳層(第二金屬層，其係電解鍍覆在該第一金屬層上)進一步固定該等壓入之粒子。由於鑽石粒子最初未經塗覆，彼等僅部分被第二金屬層覆蓋。在未經使用之線上發現的每公里線之鑽石量係記錄於「G」欄。

樣本 編號	Cu 塗層 厚度 (以 $\mu\text{m}$ 計)	鑽石粒度 $d_5 : d_{50} : d_{95}$ (以 $\mu\text{m}$ 計)	鑽石類型	Ni 塗層 厚度 (以 $\mu\text{m}$ 計)	G (g/km)
S1	10	20 : 25 : 30	經壓碎，未經塗覆	2	1.89
S2	10	20 : 25 : 30	經壓碎，未經塗覆	3	1.74
S3	15	30 : 35 : 40	經壓碎，未經塗覆	5	1.55
S4	15	35 : 40 : 45	立方八面體，未經塗覆	7	1.47
S5	15	35 : 40 : 45	立方八面體，未經塗覆	10	1.75

表 II

[0056] 小尺寸之立方八面體鑽石的可能供應商為比利時 Husqvarna 之 Premier Diamond Corporation N.V.(比利時，安特衛普)或韓國 Iljin。

[0057] 50%之 S4 及 S5 鑽石顯示 0.145 或更低之伸長率。10%之該等粒子顯示低於 0.044 之伸長率。反之，S3 之經壓碎型鑽石顯示出 50%的該等鑽石粒子具有高於 0.236 之伸長率。S1 及 S2 粒子顯示超過 50%之該等粒子的伸長率大於 0.232。

[0058] 圖 1 顯示從該等類型之線所回收的粒子的投影，其中超過 50%顯示立方八面體形。該等鑽石均具有 14 個面(不包括圓邊)。以 102, 102'表示之粒子的「b/a」值接近 0.5。粒子 104, 104', 104'', 104'''的「b/a」值接近 3/4。此等投影僅用以提供該等鑽石看起來的模樣，但無法用以正確辨識鑽石為立方八面體形(因其為三維體之二維投影)。

[0059] 圖 2 顯示壓入式固定磨料鋸線的橫斷面示意圖。鋼核心線 202 位於中央。金屬保留層 210 係由覆蓋該鋼核心線 202 之銅製成的第一金屬層 212 組成。應注意的是，介於該鋼核心 202 與銅層 212 之間的界面粗糙並且互鎖。此係從中間線直徑拉伸至最終直徑所致。此粗糙界面有助於將銅層鎖在鋼上。鑽石粒子 204 係藉由將鑽石粒子與銅層導過壓入輥而以機械方式壓進該銅層。第二金屬層 214 係由電鍍在該銅層與鑽石之頂部上的鎳所製成。由於鑽石未經塗覆，彼等顯示出只部分覆蓋鎳。

[0060] 在從 DWT 所獲得之 RTS-480 型單線線鋸上使用搖擺軛測試該等線。將線張力保持在 22 N，並且每分鐘將該軛降低 420  $\mu\text{m}$ 。使用以 PEG 為底質之著色劑。將 2 英吋(50.8 mm 直徑)之藍寶石錠安裝在配備有於鋸切時測量施加在該錠上之垂直負載的負載感測器之固持器上。使用(力 $\times$ 時間)之積分作為「鋸切力氣」量度。「鋸切力氣」愈低，將藍寶石晶體切穿所需之力愈少(因總鋸切時間係藉由鋸切方案標準化)。

[0061] 於圖 5 中重現不同鋸線的結果。顯示不同樣本之「鋸切力氣」(以 N·s 單位表示)。「對照樣本 CS」係核心直徑為 160  $\mu\text{m}$  且鑽石粒子係尺寸為 30 至 40  $\mu\text{m}$  之壓碎型的鑽石粒子之電解沉積型。其他結果係按照表 II 之「樣本編號」。每一個三角形表示每條線的單一第一裁切。正方形代表個別資料之平均值，矩形框代表平均值 $\pm$ 一個標準差，及鬚狀代表平均值 $\pm$ 兩個標準差。

[0062] 使用立方八面體鑽石之線的結果清楚地顯示在第一次裁切之鋸切力氣比使用壓碎鑽石的所有其他樣本降低。

[0063] 再者，使用立方八面體鑽石的情況下，可能比採用壓碎鑽石型再使用更多次該固定磨料鋸線。機械方式壓入、壓碎鑽石型線(樣本 1 至 3)僅能使用有限次數(3 至 4 次)。具有立方八面體鑽石之機械方式壓入的鋸線在「鋸切力氣」變大之前可使用 10 至 11 次。此係圖示於圖 6，其中顯示前文提及之樣本的每個循環所需之鋸切力

氣。此很清楚減少裁切單一藍寶石晶圓所需之線的數量。

[0064] 另一較佳具體實例係示於圖 3。鋼核心線 302 係在最終拉伸之前電解塗覆銅層 312。銅層(保留層之第一金屬層)在具有 175  $\mu\text{m}$  等效直徑之鋼核心線上的最終產物上之厚度為約 10  $\mu\text{m}$ 。在尺寸  $d_{50}$  40  $\mu\text{m}$  之立方八面體鑽石 304 的頂部上共沉積鎳層 314，從而與第一金屬層 312 一起形成金屬保留層 310。鎳之沉積係例如按照 WO 2012/055712 中段落 [0048] 至 [0055] 來進行。立方八面體鑽石粒子係在共沉積之前塗覆鎳磷，該鎳磷之量以鑽石質量計為 10 質量% 或更多。在該圖中以該等鑽石之較厚裡襯表示之。因此該等鑽石粒子在沉積期間完全被覆蓋。該鎳層(保留層之第二金屬層 314)具有 4  $\mu\text{m}$  之厚度。

[0065] 另一較佳具體實例係示於圖 4。鋼核心線 402 係塗覆平均厚度為 0.20  $\mu\text{m}$  之非常薄的黃銅層 412。該黃銅的組成為形成第一金屬層之 67 重量% 的 Cu 及 33 重量% 的 Zn。在經塗覆鋼線上沉積厚度為 1  $\mu\text{m}$  之鎳塗層。鑽石粒子 404 係共沉積在該鎳層 414 中。鎳之第二金屬層 414 具有的總厚度為 5  $\mu\text{m}$ 。該等鑽石粒子為立方八面體，且係在共沉積之前經鎳磷塗覆。此種預塗層可在掃描式電子顯微鏡中辨別。該鎳預塗層為該等鑽石粒子質量的 16 質量%。

### 【符號說明】

[0066]

102, 102', 104, 104', 104", 104''' : 粒子

202/302/402 : 鋼核心線

204/404 : 鑽石粒子

210/310 : 金屬保留層

212/312 : 第一金屬層

214 : 第二金屬層

304 : 立方八面體鑽石

314/414 : 鎳層

412 : 黃銅層

## 申請專利範圍

1. 一種適於鋸切硬且脆之材料的固定磨料鋸線，其包含鋼線及固持在金屬保留層中之鑽石粒子，該固定磨料鋸線的特徵在於至少 95% 的該等鑽石粒子具有小於 80 微米之尺寸，且至少 50% 的該等鑽石粒子顯示立方八面體形。

2. 如申請專利範圍第 1 項之固定磨料鋸線，其中至少 50% 的該等鑽石粒子具有小於或等於 0.2 之伸長率。

3. 如申請專利範圍第 2 項之固定磨料鋸線，其中該等鑽石粒子為高壓高溫合成鑽石。

4. 如申請專利範圍第 3 項之固定磨料鋸線，其中每公里線存在 0.5 至 3.2 克之鑽石粒子。

5. 如申請專利範圍第 3 項之固定磨料鋸線，其中該鋼線具有 50 至 300  $\mu\text{m}$  之直徑。

6. 如申請專利範圍第 3 項之固定磨料鋸線，其中在嵌入該磨料鋸線之前，該等鑽石粒子之表面實質上無金屬塗層。

7. 如申請專利範圍第 3 項之固定磨料鋸線，其中該等鑽石粒子被選自以下之群組的塗層所塗覆：鈦、碳化鈦、鋯、碳化鋯、矽、碳化矽、鈮、碳化鈮、鉻、碳化鉻、鎢、碳化鎢、鉬、碳化鉬、錳、碳化錳、鐵、碳化鐵、鈷、碳化鈷、鎳、鈮、鎳磷(nickel phosphorous)、鎳硼(nickel boron)或其組合。

8. 如申請專利範圍第 6 項之固定磨料鋸線，其中該

金屬保留層包含覆蓋該鋼線之第一金屬層及在該第一金屬層頂部之第二金屬層，其中該等鑽石粒子係被機械方式壓入該第一金屬層且該第二金屬層係部分或完全覆蓋該等被壓入之鑽石粒子。

9. 如申請專利範圍第 7 項之固定磨料鋸線，其中該金屬保留層包含覆蓋該鋼線之第一金屬層及沉積在該第一金屬層頂部之第二金屬層，且其中該等鑽石粒子係與該第二金屬層電解方式共沉積。

10. 如申請專利範圍第 8 或 9 項之固定磨料鋸線，其中該第一金屬層係由以下之群組之一所製成：銅、鐵、鋅、錫、鋁、黃銅、青銅、銅-鎳、鋅-鋁、鎳，而該第二金屬層係由以下之群組之一所製成：鎳、鐵、鈷、鉬、鎢、銅、鋅、錫及其合金。

11. 如申請專利範圍第 3 項之固定磨料鋸線，其中該金屬保留層為包含錫、銀、金及銅之混合物的低熔點焊料之焊接層。

圖式

圖 1

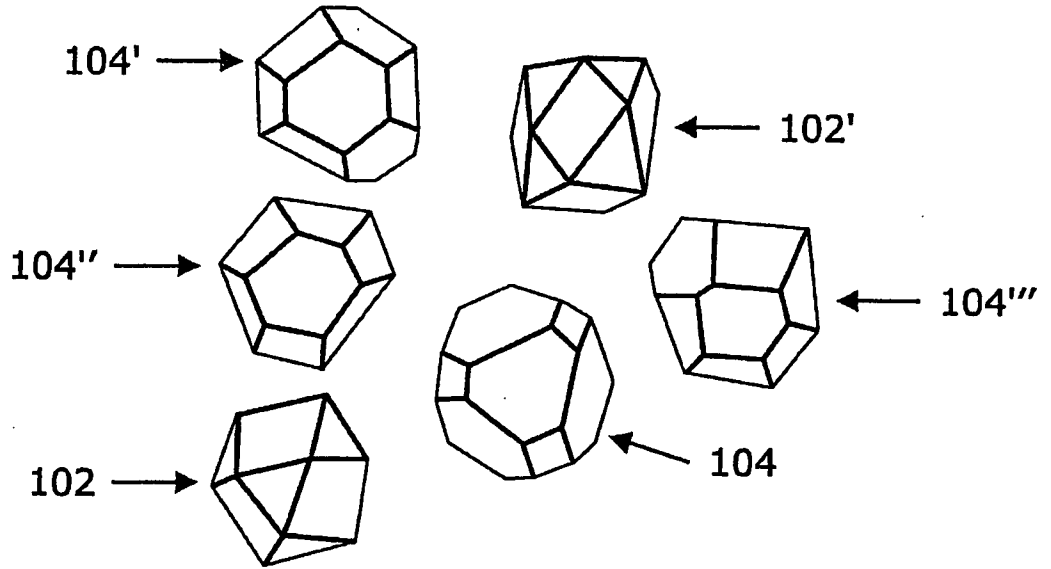


圖 2

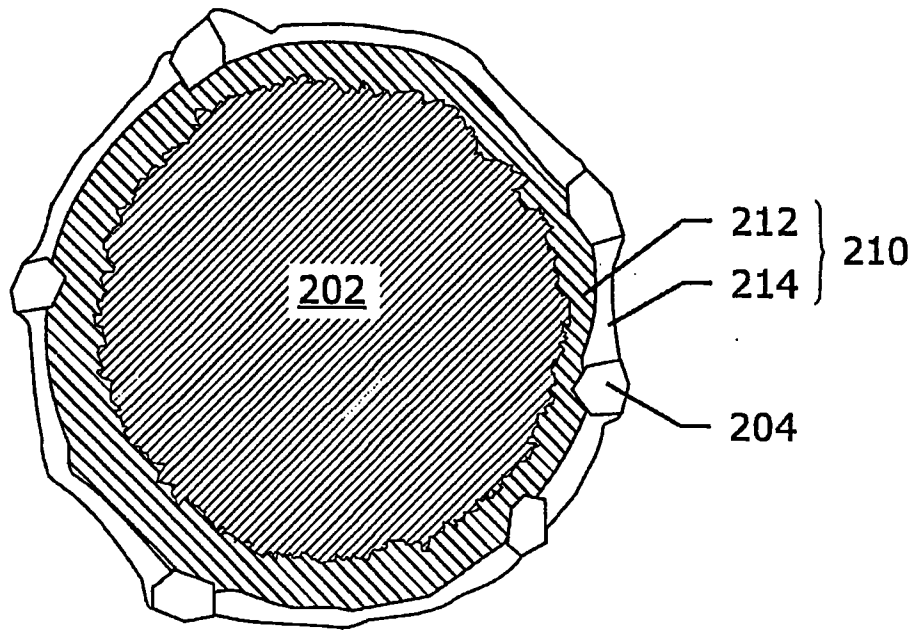


圖 3

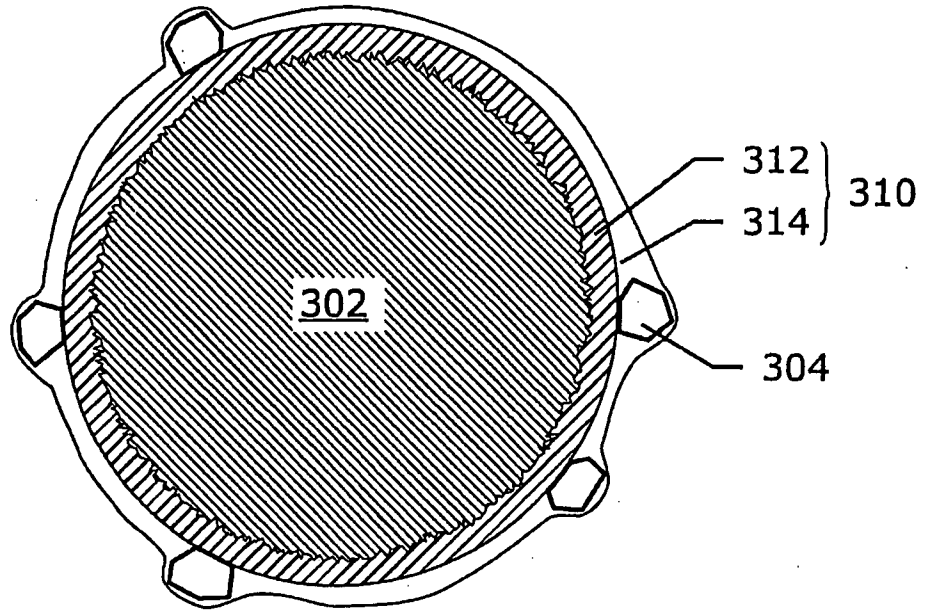


圖 4

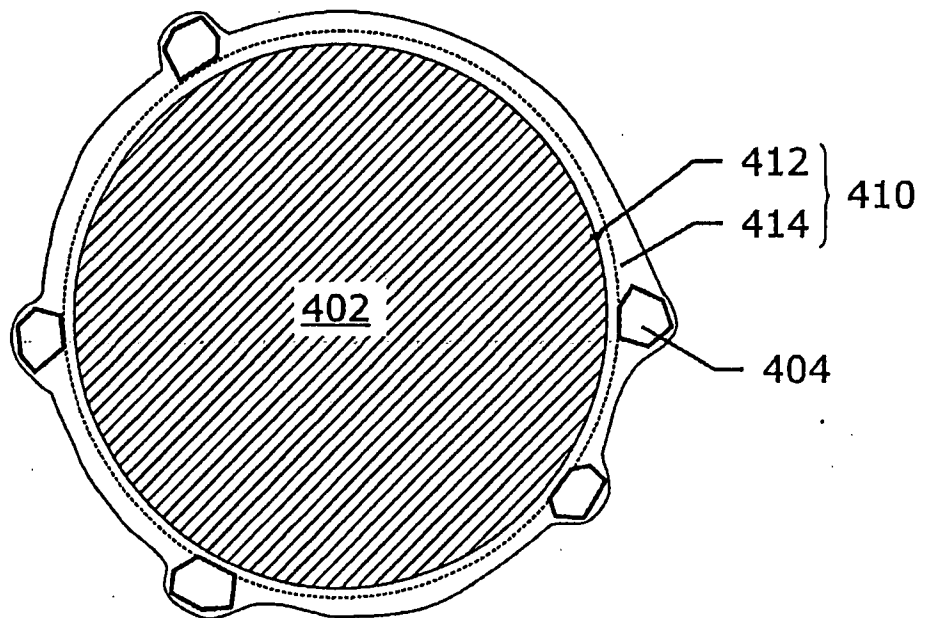


圖 5

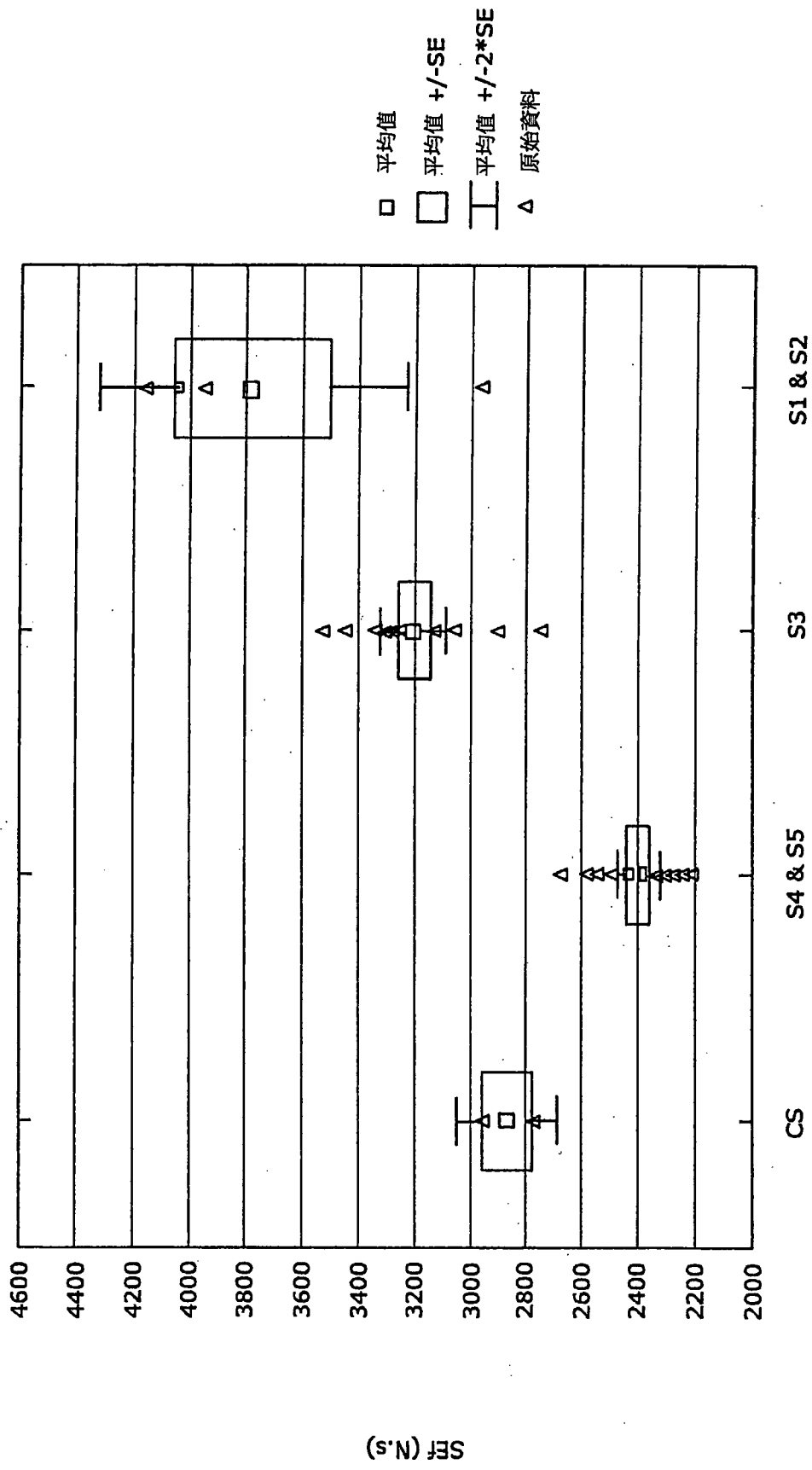


圖 6

