

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：96 149566

※ 申請日期：96. 12. 21

※IPC 分類：B24B 1/00 (2006.01)

B24B 7/22 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

藍寶石基材及其製法

SAPPHIRE SUBSTRATES AND METHODS OF MAKING SAME

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商聖高拜陶器塑膠公司

SAINT-GOBAIN CERAMICS & PLASTICS, INC.

代表人：(中文/英文)

湯馬士 G 菲爾德三世

FIELD, THOMAS G. III

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國麻州渥塞斯特市紐包德街1號

1 NEW BOND STREET WORCESTER, MASSACHUSETTS 01615,

U. S. A.

國 籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

三、發明人：(共 5 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 布拉曼那丹 V 塔那凱拉
TANIKELLA, BRAHMANANDAM V.
2. 帕拉尼亞龐 奇那卡魯龐
CHINNAKARUPPAN, PALANIAPPAN
3. 羅伯特 A 里路多
RIZZUTO, ROBERT A.
4. 伊薩克 K 奇萊恩
CHERIAN, ISAAC K.
5. 拉曼奴加 凡德森
VEDANTHAM, RAMANUJAM

國 籍：(中文/英文)

1. 美國 U.S.A.
2. 印度 INDIA
3. 美國 U.S.A.
4. 印度 INDIA
5. 印度 INDIA

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項☐第一款或☐第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家(地區)申請專利：

【格式請依：受理國家(地區)、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國；2006年12月28日；60/882,351

2.

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明申請案大體而言係關於藍寶石基材及精加工該等基材之方法。

【先前技術】

對於諸如發光二極體(LED)、雷射二極體(LD)、顯示器、電晶體及偵測器之裝置而言，基於III族及V族元素之單晶體氮化物材料的半導體組份為理想的。詳言之，使用III族及V族氮化物化合物之半導體元件適用於在UV及藍/綠波長範圍內之發光裝置。舉例而言，氮化鎵(GaN)及相關材料(諸如AlGaN、InGaN及其組合)為緊缺之氮化物半導體材料的最常見實例。

然而，已證實出於眾多原因，製造該等氮化物半導體材料之人造晶塊及基材較為困難。因此，認為氮化物半導體材料於外來基材上之磊晶成長為可行的替代方案。包括SiC(碳化矽)、Al₂O₃(藍寶石或剛玉)及MgAl₂O₄(尖晶石)之基材為常見外來基材。

該等外來基材具有與氮化物半導體材料(尤其GaN)不同之晶格結構且因此具有晶格失配。儘管在覆蓋半導體材料層時出現該等失配及伴隨問題(諸如應力及缺陷度)，但工業上仍需要大表面積、高品質基材，尤其藍寶石基材。然而，製造較大尺寸之高品質基板仍具有挑戰性。

【發明內容】

一實施例係描述一種藍寶石基材，其包括一具有選自由

a平面取向、r平面取向、m平面取向及c平面取向組成之群的結晶取向且具有不大於約 $0.037 \mu\text{m}/\text{cm}^2$ 之nTTV的大體上平坦表面，其中nTTV為針對大體上平坦表面之表面積標準化之總厚度變化，該基材具有不小於約9.0 cm之直徑。

另一實施例係描述一種藍寶石基材，其包括一具有選自由a平面取向、r平面取向、m平面取向及c平面取向組成之群的結晶取向且具有不大於約 $3.00 \mu\text{m}$ 之TTV的大體上平坦表面，其中TTV為大體上平坦表面之總厚度變化。該基材具有不小於約6.5 cm之直徑及不大於約 $525 \mu\text{m}$ 之厚度。

另一實施例係描述一種加工藍寶石基材之方法，其包括使用第一固定研磨劑研磨藍寶石基材之第一表面及使用第二固定研磨劑研磨藍寶石基材之第一表面。第二固定研磨劑具有比第一固定研磨劑小之平均粒度，且第二固定研磨劑具有自銳性。

另一實施例係描述一種提供含有藍寶石基材之藍寶石基材組之方法，其包括使用研磨劑研磨各藍寶石基材之第一表面使得第一表面具有c平面取向，其中該藍寶石基材組含有至少20個藍寶石基材。各藍寶石基材具有一具有(i) c平面取向、(ii)結晶m平面取向差角(θ_m)及(iii)結晶a平面取向差角(θ_a)之第一表面，其中滿足以下情況中之至少一者：(a)取向差角 θ_m 標準差 σ_m 不大於約0.0130及(b)取向差角 θ_a 標準差 σ_a 不大於約0.0325。

另一實施例係描述一種藍寶石基材組，其包括至少20個藍寶石基材。各藍寶石基材具有一具有(i) c平面取向、(ii)

結晶 m 平面取向差角 (θ_m) 及 (iii) 結晶 a 平面取向差角 (θ_a) 之第一表面，其中滿足以下情況中之至少一者：(a) 取向差角 θ_m 標準差 σ_m 不大於約 0.0130 及 (b) 取向差角 θ_a 標準差 σ_a 不大於約 0.0325。

【實施方式】

根據一態樣，提供一種包括使用第一固定研磨劑研磨藍寶石基材之第一表面及使用第二固定研磨劑研磨藍寶石基材之第一表面之步驟的方法。該方法進一步規定第二固定研磨劑比第一固定研磨劑精細，使得第二固定研磨劑具有比第一固定研磨劑小之平均粒度且第二固定研磨劑為自銳性研磨表面。

為達成闡明之目的，研磨劑通常可分類成自由研磨劑與固定研磨劑。自由研磨劑通常包含呈粉末形式或於液體介質中形成懸浮液之微粒形式的研磨粒或粗砂。固定研磨劑與自由研磨劑的不同之處通常在於固定研磨劑使用處於材料基質內之研磨粗砂，該材料基質固定研磨粗砂相對於彼此之位置。固定研磨劑通常包括黏結研磨劑及塗佈研磨劑。塗佈研磨劑之一實例為砂紙；塗佈研磨劑為依附於可撓性基材上之通常為平坦的薄片(或幾何處理平坦薄片以形成帶狀物、片狀物或類似物)，該可撓性基材上沈積有各種粒度之粗砂及塗層。與此對比，黏結研磨劑通常並不依附於該基材上且藉由使用分布有粗砂之基質黏結材料將研磨粗砂固定於相對於彼此之位置。該等黏結研磨組份通常經成型或模製，且在黏結基質之固化溫度(通常 750°C 以

上)(在該固化溫度下黏結基質軟化、流動且潤濕粗砂)下熱處理且冷卻。可使用各種三維形式(諸如環形、圓錐形、圓柱形、截頭圓錐形、各種多角形)且可形成磨輪、磨塊、磨頭等。本文中所述之特定實施例使用呈黏結研磨劑形式之固定研磨組份。

參看圖1，流程圖說明根據一實施例形成基材之方法。藉由在步驟101形成單晶體藍寶石之人造晶塊來啟始該過程。應瞭解，藍寶石可形成為具有適用作半導體裝置(尤其LED/LD應用)之基材之任何尺寸或形狀的坯料或人造晶塊。因而常見形狀為具有大體上圓柱形輪廓之人造晶塊。可視人造晶塊之所需尺寸及形狀及晶體取向而使用諸如丘克拉斯基法(Czochralski Method)、邊緣限定矽膜生長(Edge-Defined Film Fed Growth)(EFG)或凱羅泡洛斯法(Kyropoulos Method)之技術或其他技術來實現單晶體藍寶石之形成。

在步驟101形成單晶體藍寶石之後，可在步驟103鋸切人造晶塊或坯料以切割藍寶石且形成晶圓。根據一特定實施例，鋸切藍寶石包括線鋸切具有大體上圓柱形狀之藍寶石人造晶塊。線鋸切藍寶石人造晶塊提供複數個未精加工藍寶石晶圓。一般而言，線鋸切製程之持續時間可在約數小時，諸如約2.0小時至約30小時範圍內。未精加工藍寶石晶圓之所需厚度可小於約10 mm，諸如小於約8.0 mm厚度或小於約5.0 mm厚度。根據一實施例，在步驟103線鋸切之後藍寶石晶圓之厚度小於約3.0 mm厚度，諸如小於約

1.0 mm厚度。

根據一實施例，藉由使用固定研磨線元件(諸如鍍有或塗佈有研磨粒之線陣列)進行線鋸切。在一實施例中，將超研磨劑(諸如立方氮化硼(CBN)或鑽石)塗佈於複數個線上且使藍寶石人造晶塊以高速(例如高達5000 rpm)旋轉且推動線柵，藉此在單一步驟中切削整個人造晶塊。此技術之一實例為非線軸式線鋸，諸如FAST(固定研磨劑切削技術)，由Salem, Mass之Crystal Systems Inc.提供。另一實例為線軸至線軸線鋸系統。

在由EFG法產生之通常呈條帶或薄片形狀之單晶體原料的情況下，線鋸切製程可能不為必需的且核心形成(cored-out)(成型)之晶圓可直接進行研磨步驟。

為達成闡明之目的，本文中同義使用之術語"晶圓"及"基材"係指經成形或加工，欲用作上面有半導體層磊晶成長的基材以便形成光電子裝置的經切割藍寶石材料。其通常共同指稱呈晶圓形式之未精加工藍寶石片及呈基材形式之經精加工藍寶石片，然而如本文中所用，該等術語未必暗示此差別。

根據圖1中所說明之實施例，在經由步驟103之鋸切形成複數個藍寶石晶圓之後，可加工未精加工藍寶石晶圓之表面。一般而言，可對未精加工藍寶石晶圓之一個或兩個主要相對表面進行研磨以改良表面之光潔度。根據一實施例，未精加工藍寶石晶圓經歷步驟105之粗磨製程。粗磨步驟可包括研磨未精加工藍寶石基材之兩個主要表面。一

一般而言，粗磨製程移除足量材料以便以適當高的材料移除速率消除由線鋸切製程引起之主要表面不規則性。因而，粗磨製程可自未精加工藍寶石基材之主要表面移除不少於約30微米之材料，諸如自未精加工藍寶石晶圓之主要表面移除不少於約40微米或不少於約50微米之材料。

一般而言，粗磨製程可使用包括黏結材料基質中之粗研磨粒的固定粗研磨劑。粗研磨粒可包括習知研磨粒，諸如結晶材料或陶瓷材料，包括氧化鋁、矽石、碳化矽、氧化鋯-氧化鋁及其類似物。除此之外或替代地，粗研磨粒可包括超研磨粒，包括鑽石及立方氮化硼或其混合物。特定實施例利用超研磨粒。彼等使用超研磨粒之實施例可使用非超研磨陶瓷材料(諸如以上所述之材料)作為填充材料。

進一步述及粗研磨劑，粗研磨粒可具有不大於約300微米、諸如不大於約200微米或甚至不大於約100微米之平均粒度。根據一特定實施例，粗研磨粒之平均粒度在約2.0微米與約300微米之間的範圍內，諸如在約10微米與200微米之間的範圍內且更特定言之在約10微米與100微米之間的範圍內。典型粗粒具有在約25微米至75微米之範圍內的平均粒度。

如上所述，粗研磨劑包括黏結材料基質。一般而言，黏結材料基質可包括金屬或金屬合金。適當金屬包括鐵、鋁、鈦、青銅、鎳、銀、鋳、其合金及其類似物。在一實施例中，粗研磨劑包括不多於約90體積%之黏結材料，諸如包括不多於約85體積%之黏結材料。一般而言，粗研磨

劑包括不少於約30體積%之黏結材料或甚至不少於約40體積%之黏結材料。在一特定實施例中，粗研磨劑包括量在約40體積%與90體積%之間的範圍內的黏結材料。特定磨輪之實例包括描述於US 6,102,789、US 6,093,092及US 6,019,668中之磨輪，該等文獻以引入的方式併入本文中。

一般而言，粗磨製程包括提供未精加工藍寶石晶圓於支座上且相對於粗研磨表面旋轉藍寶石晶圓。簡要參看圖2，說明典型研磨設備200之圖，其以部分切除示意形式展示。研磨設備200可包括提供於支座201上之未精加工晶圓203，使得晶圓203至少部分凹入支座201中。可旋轉支座201，藉此旋轉未精加工晶圓203。具有研磨輪緣207之磨輪205(以切除形式展示)可相對於未精加工晶圓203旋轉，藉此研磨未精加工晶圓之表面；晶圓203及磨輪205可繞同一方向(例如均為順時針方向或逆時針方向)旋轉，因偏移旋轉軸而實現研磨。如所說明，除旋轉磨輪205之外，可向磨輪205施加向下力209。

如所說明，粗研磨劑可為在內輪之四周具有大體上環形研磨輪緣207的磨輪。根據一實施例，精磨製程包括以大於約2000轉/分鐘(rpm)，諸如大於約3000 rpm，諸如在3000至6000 rpm之範圍內之速度旋轉磨輪。一般而言，使用液體冷卻劑，包括水性冷卻劑及有機冷卻劑。

在一特定實施例中，使用自銳性粗研磨表面。不同於許多習知固定研磨劑，自銳性研磨劑通常在使用期間並不需要磨銳或額外調節且尤其適合於精確一致的研磨。與自銳

性有關，黏結材料基質可具有特定組成、孔隙度及相對於研磨粒之濃度，以當研磨粒出現磨損平面時獲得所需的黏結材料基質破裂。此處，當磨損平面出現時由於基質之負載力增加而黏結材料基質破裂。破裂期望地導致磨損顆粒損失且曝露新顆粒及與其相關之新切削刃。詳言之，自銳性粗研磨劑之黏結材料基質可具有小於約 $6.0 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ，諸如小於約 $5.0 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 或尤其在約 $1.0 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 與 $3.0 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 之間的範圍內的破裂韌性。

一般而言，自銳性粗研磨劑以孔(通常為互連孔隙)部分替換黏結材料。因此，黏結材料之實際含量與以上所述之值相比有所降低。在一特定實施例中，粗研磨劑具有不小於約 20 體積%，諸如不小於約 30 體積%之孔隙度，典型範圍為在約 30 體積%與約 80 體積%之間，諸如約 30 體積%至約 80 體積%及約 30 體積%至約 70 體積%。根據一實施例，粗研磨劑包括約 50 體積%至約 70 體積%之孔隙度。應理解，孔隙可為開放的或閉合的，且在具有較大孔隙度百分數之粗研磨劑中，孔隙通常為開放的互連孔。孔之尺寸通常可在約 25 微米與約 500 微米之間的尺寸範圍內，諸如於約 150 微米至約 500 微米之尺寸範圍內。上文之孔相關值及本文中所述之值係與各種組件預加工或預研磨相關連。

根據一實施例，限制粗研磨粒含量以便進一步改良自銳能力。舉例而言，粗研磨劑含有不多於約 50 體積%、不多於 40 體積%、不多於 30 體積%、諸如不多於約 20 體積%或甚至不多於約 10 體積%之粗研磨粒。在一特定實施例中，

粗研磨劑包括不少於約0.5體積%且不大於約25體積%之粗研磨粒，諸如在約1.0體積%與約15體積%之間的範圍內之粗研磨粒或尤其在約2.0體積%與約10體積%之間的範圍內之粗研磨粒。

簡要參看圖3，兩個圖表說明自銳性研磨表面與傳統研磨表面之間隨研磨時間施加於磨輪上之正向力的比較。如所說明，自銳性研磨劑在三個所說明之研磨操作301、302及303 (301-303)之每一者期間具有大體上恆定峰值正向力。此外，在研磨操作301-303之每一者之間，峰值正向力並非實質性不同。與此對比，傳統研磨表面說明在個別研磨操作304、305、306及307 (304-307)之間以及在個別研磨操作304-307之每一者期間力之增加為有效研磨表面所必需的。該等在研磨期間之正向力增加很可能導致顯著表面及亞表面缺陷(高缺陷密度)及不一致研磨，甚至伴有頻繁磨銳操作。

根據一實施例，使用自銳性粗研磨劑研磨期間之峰值正向力包括在研磨操作之持續時間內施加不大於約200 N/mm寬度之與基材表面正交之力(如沿基材與磨輪之間的接觸面所量測)。在另一實施例中，研磨操作之持續時間內所施加之峰值正向力不大於約150 N/mm寬度，諸如不大於約100 N/mm寬度或甚至不大於約50 N/mm寬度。

在粗磨之後，晶圓通常具有小於約1微米之平均表面粗糙度 R_a 。一般而言，隨後進行精磨不僅改良基材之宏觀特徵(包括平坦度、彎曲度(Bow)、翹曲度(Warp)、總厚度變

化及表面粗糙度)且亦使缺陷等級更優良，諸如降低亞表面損傷(諸如受損結晶度)，尤其包括降低或消除結晶錯位。

在一些情況下，可省去第一粗磨步驟或替換為利用通常呈漿料形式之自由研磨劑進行研光。在該種情況下，第二研磨操作利用以上所述之自銳性固定研磨劑。

返回至圖1中所說明之實施例，一旦在步驟105完成粗磨後，即可使藍寶石晶圓經歷步驟107之精磨製程。精磨製程通常移除材料以便大體上消除由粗磨製程105所引起之缺陷。因而根據一實施例，精磨製程自藍寶石基材之主要表面移除不少於約5.0微米之材料，諸如自藍寶石晶圓之主要表面移除不少於約8.0微米或不少於約10微米之材料。在另一實施例中，移除更多材料以便自藍寶石基材之表面移除不少於約12微米或甚至不少於約15微米之材料。一般而言，與步驟105可包括研磨未精加工藍寶石晶圓之兩個主要表面之粗磨製程相反，步驟107之精磨係對一個表面進行。

精研磨劑可使用包括黏結材料基質中之精細研磨粒的固定精研磨劑。精細研磨粒可包括習知研磨粒，諸如結晶材料或陶瓷材料(包括氧化鋁、矽石、碳化矽、氧化鋯-氧化鋁)，或超研磨粒，諸如鑽石及立方氮化硼或其混合物。特定實施例利用超研磨粒。彼等使用超研磨粒之實施例可使用非超研磨劑陶瓷材料(諸如以上所述之材料)作為填充材料。

根據一實施例，精研磨劑含有不多於約50體積%、不多於40體積%、不多於30體積%、諸如不多於約20體積%或甚至不多於約10體積%之精細研磨粒。在一特定實施例中，精研磨劑包括不少於約0.5體積%且不多於約25體積%之精細研磨粒，諸如在約1.0體積%與約15體積%之間的範圍內之精細研磨粒或尤其在約2.0體積%與約10體積%之間的範圍內之精細研磨粒。

進一步述及精細研磨劑，精細研磨粒可具有不大於約100微米、諸如不大於約75微米或甚至不大於約50微米之平均粒度。根據一特定實施例，精細研磨粒之平均粒度在約2.0微米與約50微米之間的範圍內，諸如在約5微米與約35微米之間的範圍內。一般而言，粗固定研磨劑與精固定研磨劑之間的平均粒度差異為至少10微米，通常為至少20微米。

類似於粗研磨劑，精研磨劑包括可包括諸如金屬或金屬合金之材料的黏結材料基質。適當金屬可包括鐵、鋁、鈦、青銅、鎳、銀、鎳及其合金。在一實施例中，精研磨劑包括不多於約70體積%之黏結材料、諸如不多於約60體積%之黏結材料或不多於約50體積%之黏結材料。根據另一實施例，精研磨劑包括不多於約40體積%之黏結材料。一般而言，精研磨劑包括量不少於約10體積%、通常不少於15體積%或不少於20體積%之黏結材料。

此外，精固定研磨劑可包括一定孔隙度。在一特定實施例中，精研磨劑具有不小於約20體積%、諸如不小於約30

體積%之孔隙度，典型範圍為約30體積%與約80體積%之間，諸如約50體積%至約80體積%或約30體積%至約70體積%。根據一實施例，精研磨劑包括約50體積%至約70體積%之孔隙度。應理解，孔隙可為開放的或閉合的且在具有較大孔隙度百分數之精研磨劑中孔隙通常為開放的互連孔。孔之尺寸可通常在約25微米與約500微米之間之尺寸範圍內，諸如於約150微米至約500微米之尺寸範圍內。

述及如先前所提及之步驟107之精磨製程，精研磨劑具有自銳性。與自銳性粗研磨劑相似，自銳性精研磨劑包括通常包括具有特定破裂韌性之金屬的黏結材料基質。根據一實施例，黏結材料基質可具有小於約 $6.0 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 、諸如小於約 $5.0 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 或尤其在約 $1.0 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 與 $3.0 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 之範圍內的破裂韌性。自銳性精磨組份描述於US 6,755,729及US 6,685,755中，其以引入的方式全部併入本文中。

一般而言，精磨製程107包括與以上結合粗磨製程105所述之製程相似的設備及製程。意即通常提供未精加工藍寶石晶圓於支座上且相對於精研磨表面(通常為在內輪四周具有大體上環形研磨輪緣之磨輪)旋轉藍寶石晶圓。根據一實施例，精磨製程包括以大於約2000轉/分鐘(rpm)、諸如大於約3000 rpm、諸如在3000至6000 rpm之範圍內之速度旋轉磨輪。一般而言，使用液體冷卻劑，包括水性冷卻劑及有機冷卻劑。

如上所述，精研磨劑可具有自銳性且因而通常具有以上

依照自銳性粗研磨劑所討論之特徵。然而根據一實施例，精磨期間之峰值正向力包括在研磨操作之持續時間內施加不大於約100 N/mm寬度之力。在另一實施例中，研磨操作之持續時間內之峰值正向力不大於約75 N/mm寬度，諸如不大於約50 N/mm寬度或甚至不大於約40 N/mm寬度。

以上粗研磨劑及精研磨劑之描述係指實際研磨工具之固定研磨組份。應明確，該等組份可能不構成工具之整個主體，而僅構成工具之經設計以接觸工件(基材)之部分，且固定研磨組份可呈片段形式。

在精磨未精加工藍寶石晶圓之後，晶圓通常具有小於約0.10微米、諸如小於約0.05微米之平均表面粗糙度 R_a 。

在精磨藍寶石晶圓107之後，可使晶圓經歷應力消除製程，諸如揭示於EP 0 221 454 B1中之製程。如所描述，可藉由蝕刻或退火製程進行應力消除。可在1000°C以上之溫度下進行退火若干小時。

再次參看圖1之實施例，在步驟107之精磨之後，可對經研磨之藍寶石晶圓進行步驟111之拋光。一般而言，拋光利用提供於晶圓表面與機床之間的漿料且晶圓與機床可相對於彼此移動以進行拋光操作。使用漿料進行之拋光通常屬於化學-機械拋光(CMP)類型且漿料可包括懸浮於液體介質中之鬆散研磨顆粒以促進自晶圓移除精確量之材料。因而根據一實施例，拋光製程111可包括使用含有研磨劑及可用以增強或緩和材料移除之添加劑化合物之漿料進行CMP。化學組份可(例如)為磷化合物。實際上，研磨劑提

供機械組份且添加劑提供化學活性組份。

鬆散研磨劑通常經毫微米尺寸化且具有小於1微米、通常小於200毫微米之平均粒度。一般而言，中值粒度係在略窄之範圍內，諸如在約10至約150 nm之範圍內。為闡明技術術語，約1微米下之中值粒度通常表示對應於下文中之標的之拋光製程，其中藉由以低材料移除速率進行加工操作來提供優良表面光潔度。在約1.0微米以上(諸如相當於約2.0至約5.0微米)之中值粒度下，該加工操作通常表徵為研光操作。尤其適用之鬆散研磨劑為氧化鋁，諸如呈多晶或單晶 γ 氧化鋁形式之氧化鋁。

如以上所討論，磷添加劑可存在於漿料中。一般而言，磷添加劑係以約0.05 wt%至約5.0 wt%之範圍內、諸如約0.10 wt%至約3.0 wt%之範圍內的濃度存在。特定實施例使用微窄範圍內之濃度，諸如相當於約0.10 wt%至約2.0 wt%之濃度。根據一實施例，磷化合物含有氧，其中氧係與磷元素鍵結。此類材料稱為含氧磷材料。特定言之，含氧磷化合物含有1、3或5價態之磷且在特定實施例中，藉由使用磷處於5價態之含氧磷化合物進行有效加工。

在其他實施例中，除氧之外，磷可與碳鍵結，其通常表示稱為磷酸鹽之有機磷化合物。其他磷化合物包括磷酸鹽、焦磷酸鹽、低磷酸鹽、鹼式磷酸鹽、亞磷酸鹽、焦亞磷酸鹽、次磷酸鹽及磷化合物。特定種類之磷化合物包括磷酸鉀、六偏磷酸鈉、羥基磷酸基乙酸(Belcor 575)及胺基三-(亞甲基磷酸)(Mayoquest 1320)。

含有研磨組份及含有磷化合物之添加劑的漿料通常為水性漿料，亦即為水基漿料。實際上，漿料通常具有鹼性pH值，使得pH值大於約8.0，諸如大於約8.5。pH值可在高達約12之值的範圍內。

簡要參看拋光經研磨藍寶石晶圓之設備，圖4說明根據一實施例之拋光設備之基本結構的示意圖。設備401包括一機床，在此情況下該機床係由一拋光墊410及一支撐該拋光墊之壓板形成。壓板及拋光墊410具有基本上相同之直徑。壓板可繞中心軸沿如箭頭所說明之旋轉方向旋轉。模板412具有複數個分別收納基材414之環形凹槽，其中基材414係夾在拋光墊410與模板412之間。載有基材414之模板412繞其中心軸旋轉，其中 r_p 表示自拋光墊之旋轉中心至模板412之中心的半徑，而 r_t 表示自個別基材至模板之旋轉中心的半徑。儘管可使用不同組態，但裝置401之組態為拋光操作之常用組態。

與不具有磷基添加劑之漿料相比，添加磷化合物至漿料中通常改良材料移除速率(MRR)。在此方面，可由比率 MRR_{add}/MRR_{con} 指示改良，其根據一實施例不小於約1.2。符號 MRR_{add} 為包含研磨劑及含有磷化合物之添加劑之漿料的材料移除速率，而 MRR_{con} 為在相同加工條件下對照漿料之材料移除速率，該對照漿料除不含含有磷化合物之添加劑以外與上述漿料基本上相同。根據其他實施例，該比率較大，諸如不小於約1.5或甚至不小於約1.8且在某些特定試樣中為僅含有氧化鋁研磨劑而不含磷化合物添加劑之漿

料移除速率的兩倍。

儘管上文已集中於各種實施例(包括基於氧化鋁基拋光漿料之實施例)，但亦可使用具有良好結果之其他研磨材料，包括矽石、氧化鋯、碳化矽、碳化硼、鑽石及其他。實際上，含有磷基化合物之氧化鋯基漿料已顯示尤其良好的拋光特性，亦即與氧化鋁基材上僅有矽石相比材料移除速率改良30-50%。

根據特定態樣，提供大表面積藍寶石基材，其包括一具有a平面取向、r平面取向、m平面取向或c平面取向之大體上平坦表面且其包括受控維度。如本文中所用，"x平面取向"表示具有大體上沿結晶x平面延伸之主要表面的基材，通常根據特定基材規格(諸如由最終用戶限定之規格)伴有x平面之輕微取向誤差。特定取向包括r平面及c平面取向且某些實施例採用c平面取向。

如上所述，基材可具有理想受控維度。受控維度之一量度為總厚度變化，包括TTV(總厚度變化)及nTTV(標準化總厚度變化)中之至少一者。

舉例而言，根據一實施例，TTV通常不大於約3.00 μm 、諸如不大於約2.85 μm 或甚至不大於約2.75 μm 。上文TTV參數係與大尺寸晶圓相關聯且尤其係與具有受控厚度之大尺寸晶圓相關聯。舉例而言，實施例可具有不小於約6.5 cm之直徑及不大於約490 μm 之厚度。根據某些實施例，上文TTV參數係與明顯較大尺寸晶圓相關聯，該等晶圓包括具有不小於7.5 cm、不小於9.0 cm、不小於9.5 cm

或不小於10.0 cm之直徑的晶圓。亦可依據表面積規定晶圓尺寸且上文TTV值可與具有不小於約40 cm²、不小於約70 cm²、不小於約80 cm²或甚至不小於約115 cm²之表面積的基材相關聯。此外，可進一步控制晶圓之厚度至不大於約500 μm、諸如不大於約490 μm之值。

請注意術語"直徑"當與晶圓、基材或人造晶塊尺寸結合使用時表示晶圓、基材或人造晶塊配合於內之最小環。因此，就該等組份具有一個平面或複數個平面而言，該等平面並不影響組份之直徑。

各種實施例具有良好受控之nTTV，諸如不大於約0.037 μm/cm²之nTTV。特定實施例具有甚為優良之nTTV，諸如不大於0.035 μm/cm²或甚至不大於0.032 μm/cm²之nTTV。該受控nTTV尤其在較大基材情況下獲得，諸如具有不小於約9.0 cm或甚至不小於約10.0 cm之直徑的基材。亦可依據表面積規定晶圓尺寸且上文nTTV值可與具有不小於約90 cm²、不小於約100 cm²、不小於約115 cm²之基材相關聯。

關於藍寶石基材之總厚度變化值，TTV為藍寶石基材(省略通常包括自圍繞晶圓四周之晶圓邊緣延伸之3.0 mm環的邊緣排除區)之最大厚度與最小厚度之間的絕對差且nTTV為針對藍寶石基材之表面積標準化的值(TTV)。ASTM標準F1530-02提供一種量測總厚度變化之方法。

一般而言，nTTV值以及本文中所揭示之所有其他標準化特徵係針對具有大體上平坦表面及大體上環形周邊並可

包括用於鑑別基材取向之平面的藍寶石基材進行標準化。根據一實施例，藍寶石基材具有不小於約 25 cm^2 、諸如不小於約 30 cm^2 、不小於 35 cm^2 或甚至不小於約 40 cm^2 之表面積。此外，該基材可具有較大表面積使得大體上平坦表面具有不小於約 50 cm^2 或不小於約 60 cm^2 或不小於約 70 cm^2 之表面積。藍寶石基材可具有大於約 5.0 cm (2.0英吋)、諸如不小於約 6.0 cm (2.5英吋)之直徑。然而，藍寶石基材通常具有 7.5 cm (3.0英吋)或更大之直徑，尤其包括 10 cm (4.0英吋)晶圓。

進一步述及藍寶石基材之特徵，根據一實施例，藍寶石基材之大體上平坦表面具有不大於約 100.0Å 、諸如不大於約 75.0Å 、或約 50.0Å 或甚至不大於約 30.0Å 之表面粗糙度 R_a 。可獲得甚為優良之表面粗糙度，諸如不大於約 20.0Å 、諸如不大於約 10.0Å 或不大於約 5.0Å 。

根據如上所述之方法加工之藍寶石基材之大體上平坦表面亦可具有優良平面度。表面之平面度通常理解為表面與最佳擬合基準平面之最大偏差(參見ASTM F 1530-02)。在此方面，標準化平面度為經大體上平坦表面之表面積標準化之表面之平面度的量度。根據一實施例，大體上平坦表面之標準化平面度(n平面度)不大於約 $0.100\text{ }\mu\text{m}/\text{cm}^2$ 、諸如不大於約 $0.080\text{ }\mu\text{m}/\text{cm}^2$ 或甚至不大於約 $0.070\text{ }\mu\text{m}/\text{cm}^2$ 。此外，大體上平坦表面之標準化平面度可較小，諸如不大於約 $0.060\text{ }\mu\text{m}/\text{cm}^2$ 或不大於約 $0.050\text{ }\mu\text{m}/\text{cm}^2$ 。

根據本文中所提供之方法加工之藍寶石基材可顯示如以

標準化翹曲度(在下文中稱為n翹曲度)所表徵之翹曲度降低。基材之翹曲度通常理解為基材之中間表面與最佳擬合基準平面之偏差(參見ASTM F 697-92 (99))。關於n翹曲度量測，翹曲度經標準化成佔藍寶石基材之表面積的比率。根據一實施例，n翹曲度不大於約 $0.190 \mu\text{m}/\text{cm}^2$ ，諸如不大於約 $0.170 \mu\text{m}/\text{cm}^2$ 或甚至不大於約 $0.150 \mu\text{m}/\text{cm}^2$ 。

大體上平坦表面亦可顯示彎曲度降低。如通常所理解，表面之彎曲度為表面或表面之一部分之凹曲度或變形性的絕對值量度(如由基材中線所量測，不依賴於所呈現之任何厚度變化)。根據本文中所提供之方法加工之基材之大體上平坦表面顯示標準化彎曲度(n彎曲度)，其為經標準化成佔大體上平坦表面之表面積之比率的彎曲度量度。因而，在一實施例中，大體上平坦表面之n彎曲度不大於約 $0.100 \mu\text{m}/\text{cm}^2$ 、諸如不大於約 $0.080 \mu\text{m}/\text{cm}^2$ 或甚至不大於約 $0.070 \mu\text{m}/\text{cm}^2$ 。根據另一實施例，基材之n彎曲度係在約 $0.030 \mu\text{m}/\text{cm}^2$ 與約 $0.100 \mu\text{m}/\text{cm}^2$ 之間的範圍內且尤其在約 $0.040 \mu\text{m}/\text{cm}^2$ 與約 $0.090 \mu\text{m}/\text{cm}^2$ 之間的範圍內。

述及藍寶石基材之取向，如上所述，大體上平坦表面具有c平面取向。c平面取向可包括大體上平坦表面與c平面在多個方向上之經製造或有意傾斜角。在此方面，根據一實施例，藍寶石基材之大體上平坦表面可具有不大於約 2.0° 、諸如不大於約 1.0° 之傾斜角。一般而言，傾斜角不小於約 0.10° 或不小於 0.15° 。傾斜角為基材之表面之法線與c平面之間形成的角。

根據本文中之實施例，藍寶石晶圓之加工理想地產生晶圓與晶圓間的良好受控之精確性。更特定言之，關於呈c平面取向之晶圓，精確確定晶圓表面相對於藍寶石晶體之c平面之精確取向(尤其如由晶圓與晶圓間的結晶變化所量化)。參考圖5，Z為藍寶石拋光面之單位法線，且 θ_A 、 θ_M 及 θ_C 為分別與a平面、m平面及c平面正交之正規正交向量。A及M分別為 θ_A 、 θ_M 於由藍寶石表面界定之平面上之投影($A = \theta_A - Z (\theta_A \cdot Z)$ ， $M = \theta_M - Z (\theta_M \cdot Z)$)。a方向上之取向差角為 θ_A 與其於含有A及M之平面上之投影之間的角且m方向上之取向差角為 θ_M 與其於含有A及M之平面上之投影之間的角。取向差角標準差 σ 為取向差角在整個晶圓組(通常至少20個晶圓)上之標準差。

根據實施例，如本文中所述進行加工，特定言之併有以上詳細描述之研磨製程，且提供一組具有精確結晶取向之藍寶石晶圓。基材組通常具有不少於20個晶圓，通常30個或更多晶圓，且各組可具有來自不同藍寶石核心或人造晶塊之晶圓。請注意一個組可為若干封裝於個別容器中之子組。晶圓組可具有不大於約0.0130度，諸如不大於0.0110度或不大於0.0080度之 θ_M 在晶圓組上之標準差 σ_M 。晶圓組可具有不大於約0.0325度，諸如不大於0.0310度或不大於0.0280度之 θ_A 之標準差 σ_A 。

與製造用於LED/LD基材之晶圓/基材之先前方法相比較，本發明之實施例提供顯著優勢。舉例而言，根據若干實施例，利用粗磨研磨劑(通常為自銳性粗固定研磨劑)與

自銳性精磨研磨劑以及特定CMP拋光技術及化學處理結合可促進產生具有優良幾何品質(亦即nTTV、n翹曲度、n彎曲度及n平面度)之經精密精加工之藍寶石晶圓。除控制幾何品質之外，以上所提供之製程與精密線鋸切相結合有利於獲得具有對基材上之傾斜角變化之優良控制的精確取向晶體晶圓。在該等方面，經改良的幾何品質及對基材間之表面取向之精確控制有助於產生具有更均勻發光品質之一致性LED/LD裝置。

繼本文中所述之各種加工步驟後，接受處理之藍寶石基材之表面通常具有適用於LED/LD裝置之適當晶體結構。舉例而言，實施例具有如由X射線地形分析所量測小於 $1\text{E}6/\text{cm}^2$ 之位錯密度。

尤其值得注意的是，由本發明與大尺寸基材及具有受控厚度之基材結合之實施例實現尺寸及/或結晶取向控制。在該等方面，根據當前技術，尺寸及結晶控制隨著給定厚度之晶圓尺寸(表面積)增加而迅速降低。因此，當前技術加工通常依靠增加厚度以求至少部分保持尺寸及結晶控制。與此對比，本文中之實施例可提供在很大程度上與厚度無關且在較少程度上與晶圓或基材尺寸相關的該等控制。

實例

以下實例提供用於根據若干實施例加工晶圓之方法，且尤其描述用於產生具有經改良之尺寸品質及取向之大表面積晶圓的加工參數。在以下實例中，根據本文中所提供之

實施例加工且形成具有2英吋、3英吋及4英吋直徑的c平面藍寶石晶圓。

如上所述，以經切割或切削之人造晶塊啟始加工。使用線鋸切技術切割人造晶塊，其中置放人造晶塊且使其旋轉越過塗有切削元件(諸如鑽石顆粒)之線。將人造晶塊以在約2000 rpm與5000 rpm之間的範圍內之高速旋轉。當旋轉人造晶塊時，其與多個長度之線鋸接觸，該等線鋸通常在與人造晶塊之表面相切之方向上以高速往復移動以促進切削。該等長度之線鋸以約100個循環/分鐘之速度往復移動。可合併其他液體(諸如漿料)以促進切削。在該情況下，線鋸切加工持續數小時(在約4至8小時之範圍內)。應理解線鋸切加工之持續時間至少部分取決於所切割之人造晶塊之直徑且藉此可持續8小時以上。

在線鋸切之後，晶圓具有約1.0 mm或更小之平均厚度。一般而言，該等晶圓具有小於約1.0微米之平均表面粗糙度(Ra)、約30微米之平均總厚度變化及約30微米之平均彎曲度。

在線鋸切人造晶塊以產生晶圓之後，使該等晶圓經歷研磨製程。研磨製程包括至少一個第一粗磨製程及一第二精磨製程。對於粗磨製程，使用自銳性粗磨輪(諸如PICO型磨輪，粗#3-17-XL040，由Saint-Gobain Abrasives, Inc.製造)，其併有具有在約60至80微米範圍內之平均粗砂粒度的鑽石粗砂。對於此實例，使用Strasbaugh 7AF超精密研磨機完成晶圓之粗磨。粗磨製程之循環及參數提供於下表

1 中。

在下表 1 及 2 中，經由一系列反覆研磨步驟相繼移除材料。步驟 1-3 表示以所指示之磨輪及夾盤速度及進料速度之有效研磨步驟。在無偏向下，亦即在進料速度為零下暫停。此外，在相反方向上以進料速度進行提昇從而使該磨輪以所指示進料速度自基材之表面提起。

表 1：

磨輪速度=2223 rpm	步驟1	步驟2	步驟3	暫停	提昇
所移除材料(μm)	40	5	5	25 rev	10
進料速度($\mu\text{m/s}$)	3	1	1		1
夾盤速度(rpm)	105	105	105	105	105

在粗磨製程之後，使該等晶圓經歷精磨製程。精磨製程亦利用自銳性磨輪(諸如 IRIS 型磨輪，精 #4-24-XL073，由 Saint-Gobain Abrasives, Inc. 製造)，該磨輪利用具有在約 10-25 微米範圍內之平均粗砂粒度之鑽石研磨粗砂。又，為達到此實例之目的，使用 Strasbaugh 7AF 超精密研磨機完成晶圓之精磨。類似於粗磨製程，使晶圓經歷提供於下表 2 中之特定加工循環及參數之精磨製程。

表 2

磨輪速度=2633 rpm	步驟1	步驟2	步驟3	暫停	提昇
所移除材料(μm)	10	3	2	55 rev	5
進料速度($\mu\text{m/s}$)	1	0.1	0.1		0.5
夾盤速度(rpm)	55	55	55	55	55

在粗磨及精磨製程之後，使藍寶石晶圓經歷如上所述之應力消除製程。

在應力消除之後，使藍寶石晶圓經歷最後拋光。製備若干種拋光漿料以便研究pH值及磷酸鹽之作用以及鹼及鈣之作用。如下所報導，表3展示對基本漿料(漿料1)之增強。拋光係使用c平面藍寶石定位盤(2"直徑)，於Buehler ECOMET 4拋光機上拋光來進行。拋光係於H2墊(獲自Philadelphia, PA之Rohm and Haas Company)上以40 ml/min之漿料流速在400 rpm之壓板速度、200 rpm之載具速度、3.8 psi之向下力下進行。

表 3

漿料編號	pH值	MRR (A/min)	初始Ra (A)	60分鐘時之 Ra-中心(A)	60分鐘時之 Ra-中部(A)	60分鐘時之 Ra-邊緣(A)
1	9	842	7826	443	100	26
2	10	800	7686	481	27	35
3	11	1600	7572	150	10	7
4	12	1692	7598	27	6	8
5	11	1558	6845	26	32	18
6	11	1742	8179	9	13	9
7	11	1700	5127	10	9	10
8	11	1600	7572	150	10	7
9	11	1267	7598	43	51	148
10	11	1442				
11	11	158	7572	904	1206	475

表 4

漿料編號	化學處理
1	含有NaOH之氧化鋁漿料(10%含固量)
2	含有NaOH之氧化鋁漿料(10%含固量)
3	含有NaOH之氧化鋁漿料(10%含固量)
4	含有NaOH之氧化鋁漿料(10%含固量)
5	含有NaOH加上1%焦磷酸鈉之氧化鋁漿料(10%含固量)
6	含有NaOH加上1% Dequest 2066之氧化鋁漿料(10%含固量)
7	含有NaOH加上1% Dequest 2054之氧化鋁漿料(10%含固量)
8	含有NaOH之氧化鋁漿料(10%含固量)
9	含有KOH之氧化鋁漿料(10%含固量)
10	含有氫氧化鉀之氧化鋁漿料(10%含固量)
11	含有NaOH及1%氯化鈣之氧化鋁漿料(10%含固量)

關於拋光數據，如可參見上表3及4中，如由漿料3及4所指示使pH值自9轉變至11，發現拋光得以顯著改良。此外，發現良好表面精加工，從而表明更佳生產率。有機膦酸(漿料6及7)及無機磷酸鹽(漿料5)展示對表面精加工及材料移除速率之額外增強。

較高鹼性PH值增強移除速率及精加工且氫氧化鈉展示與氫氧化鉀(漿料9)及氫氧化鉀(漿料10)相比提高pH值(漿料8)之適當途徑。漿料11展示對於鬆散研磨組份而言與氧化鋁組合使用對緩和材料移除之顯著影響。

在使藍寶石晶圓經歷以上所提供之加工程序之後，進行晶圓之幾何尺寸的表徵。藉由將根據本文中所提供之程序加工之藍寶石晶圓的幾何尺寸與使用習知方法加工之晶圓的幾何尺寸比較得到比較數據，該習知方法依靠使用自由研磨劑漿料進行研光而非研磨。比較數據提供於下表5

中，TTV及翹曲度之單位為微米，而nTTV及n翹曲度之單位為微米/平方公分且直徑(d)及厚度(t)分別以英吋及微米提供。

表 5

	比較實例			實例		
	d=2", t=430 μm	3", 550 μm	4", 650 μm	2"	3", 470 μm	4", 470 μm
TTV	1.77	1.452	3.125	0.95	1.7	1.25
nTTV	0.087	0.032	0.039	0.05	0.04	0.015
翹曲度	4.2	8.0	n/a	3.58	5.00	8.70
n翹曲度	0.207	0.175		0.18	0.11	0.11

對於所有晶圓直徑，研磨表面之法線與晶圓之c軸成小於1度之角。

此外，量測晶圓組中之晶圓之取向差角 θ_M 及 θ_A 以偵測依據標準差 σ_M 及 σ_A 量化之晶圓與晶圓間之變化程度。結果展示於下表6中。

表 6，取向差角標準差 σ

習知方法	新方法	改良%
σ_M 0.018	σ_M 0.0069	61%
σ_A 0.0347	σ_A 0.0232	33%

依據取向差角標準差，根據實例精加工之晶圓顯示經改良之幾何尺寸，尤其經改良之TTV、nTTV、翹曲度及n翹曲度及結晶精確度。表5中之各值為至少8個數據之平均值。上表6中所述之標準差值 σ 係對來自根據上文製程流程製得之晶圓及來自對於整個研磨製程採用研光之習知加工

之晶圓的各種晶圓組所量測。值得注意的是，如由TTV及翹曲度值所量化，該等實例具有改良之幾何尺寸，其通常係以小於習知加工所用之厚度的晶圓厚度獲得。實施例亦提供經改良之各晶圓間幾何尺寸的控制及一致性及對整個晶圓組之結晶控制。此外，該等實例提供當晶圓直徑增加時由改良之幾何尺寸所顯示的經改良之可量測性。

儘管固定研磨劑研磨通常係在精加工應用之情況下加以採用，但本發明者發現特定加工特性保證在嚴格尺寸控制下之藍寶石晶圓加工。習知加工方法依靠較低進料速度及較高夾盤速度來達成改良之幾何尺寸。然而，發現該等較低進料速度(例如0.5微米/秒)及較高夾盤速度(例如590 rpm)產生具有過度 n 彎曲度、 n 翹曲度及/或 n TTV之晶圓。本文中用於提高尺寸控制之非習知製程條件之成功原因並未完全得以理解，但似乎尤其與加工藍寶石基材相關且尤其與較大基材(例如3英吋及4英吋藍寶石基材)相關。

根據本文中之實施例，產生大表面積，高品質基材以保證以顯著高產率及生產率進行有效裝置加工。本文中所提供之加工程序賦予晶圓以可重複、尺寸上高度精確之幾何結晶參數。此外，本文中所提供之實施例提供加工技術、參數、化學處理及設備之獨特組合，其顯示與當前技術及習知程序的差別以提供具有經顯著改良之幾何尺寸及結晶精確度的晶圓。

以上所揭示之標的應視為具有例示性而非限制性且隨附申請專利範圍意欲涵蓋屬於本發明之真實範疇內的所有該

等修改、增強及其他實施例。因此，在法律所允許之最大程度上，本發明之範疇應由以下申請專利範圍及其等效物之最寬廣可容許解釋來確定且不受上文詳細描述約束或限制。

【圖式簡單說明】

圖1為說明根據一實施例形成基材之方法的流程圖。

圖2為根據一實施例之研磨設備之圖解。

圖3A為比較根據一實施例之研磨工具之使用的圖表及圖3B為比較傳統研磨工具之使用的圖表。

圖4為根據一實施例之拋光裝置之圖解。

圖5為呈c平面取向之藍寶石基材之取向差角的圖解。

在不同圖式中使用相同參考符號指示相似或相同物品。

【主要元件符號說明】

200	研磨設備
201	支座
203	未精加工晶圓
205	磨輪
207	研磨輪緣
209	向下力
401	設備
410	拋光墊
412	模板
414	基材
A	θ_A 之投影

M	θ_M 之投影
r_p	自拋光墊之旋轉中心至模板412之中心的半徑
r_t	自個別基材至模板之旋轉中心的半徑
Z	單位法線
θ_A	與a平面正交之正規正交向量
θ_C	與c平面正交之正規正交向量
θ_M	與m平面正交之正規正交向量

五、中文發明摘要：

本發明揭示一種藍寶石基材，其包括一具有選自由a平面取向、r平面取向、m平面取向及c平面取向組成之群的結晶取向且具有不大於約 $0.037 \mu\text{m}/\text{cm}^2$ 之nTTV的大體上平坦表面，其中nTTV為針對大體上平坦表面之表面積標準化之總厚度變化，該基材具有不小於約9.0 cm之直徑。

六、英文發明摘要：

A sapphire substrate includes a generally planar surface having a crystallographic orientation selected from the group consisting of a-plane, r-plane, m-plane, and c-plane orientations, and having a nTTV of not greater than about $0.037 \mu\text{m}/\text{cm}^2$, wherein nTTV is total thickness variation normalized for surface area of the generally planar surface, the substrate having a diameter not less than about 9.0 cm.

十一、圖式：

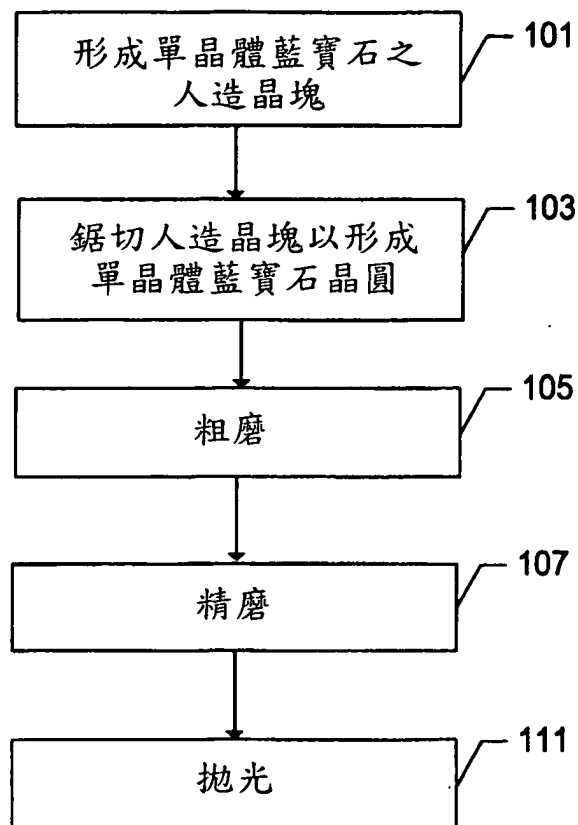


圖 1

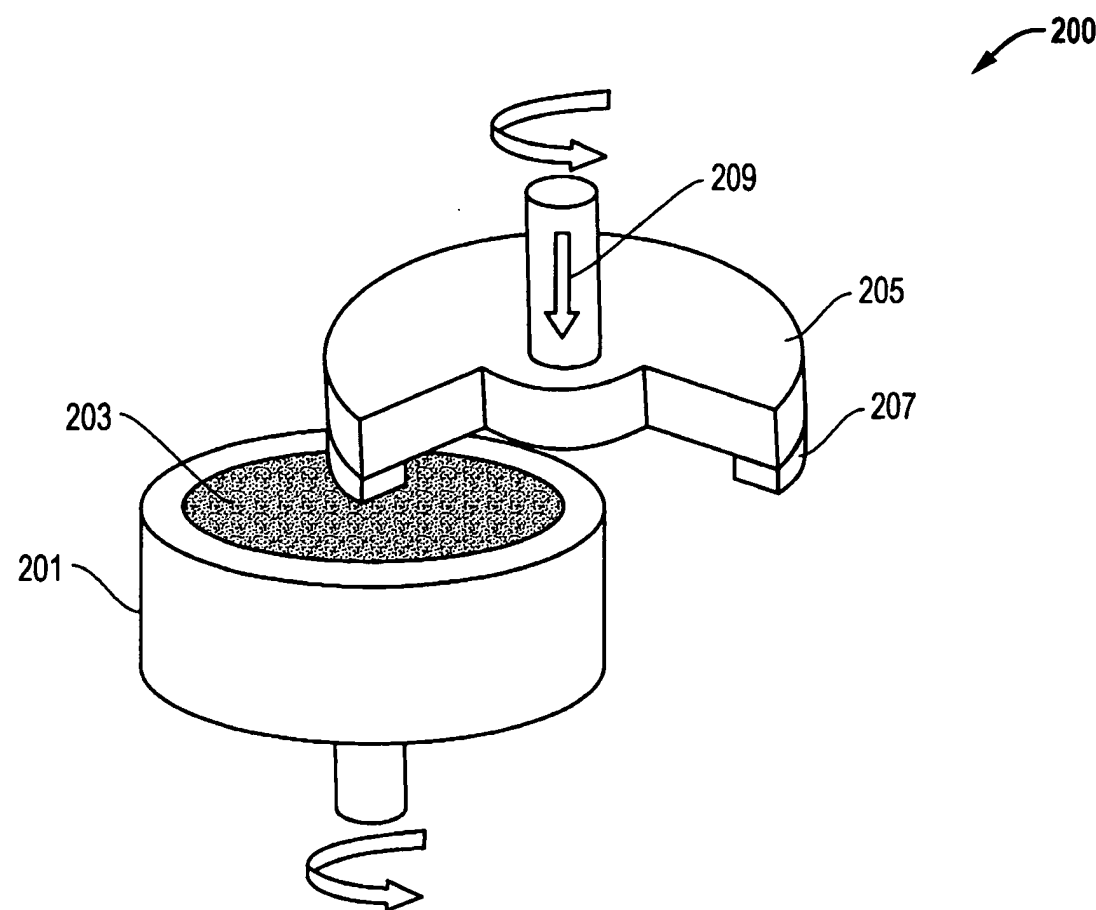


圖2

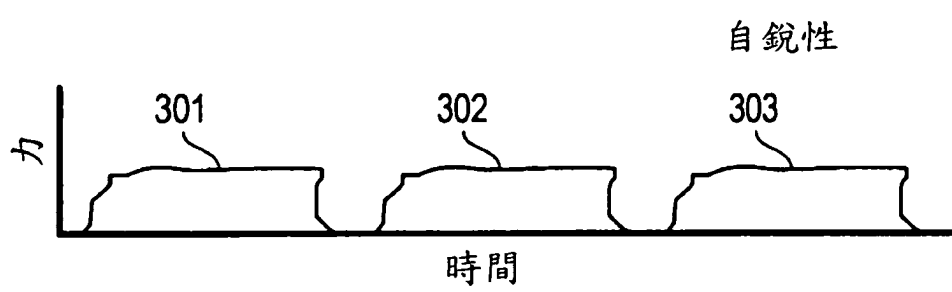


圖 3A

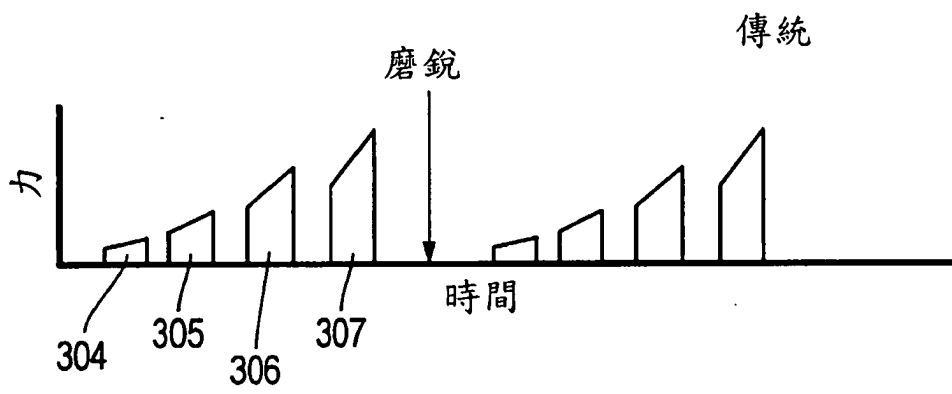


圖 3B

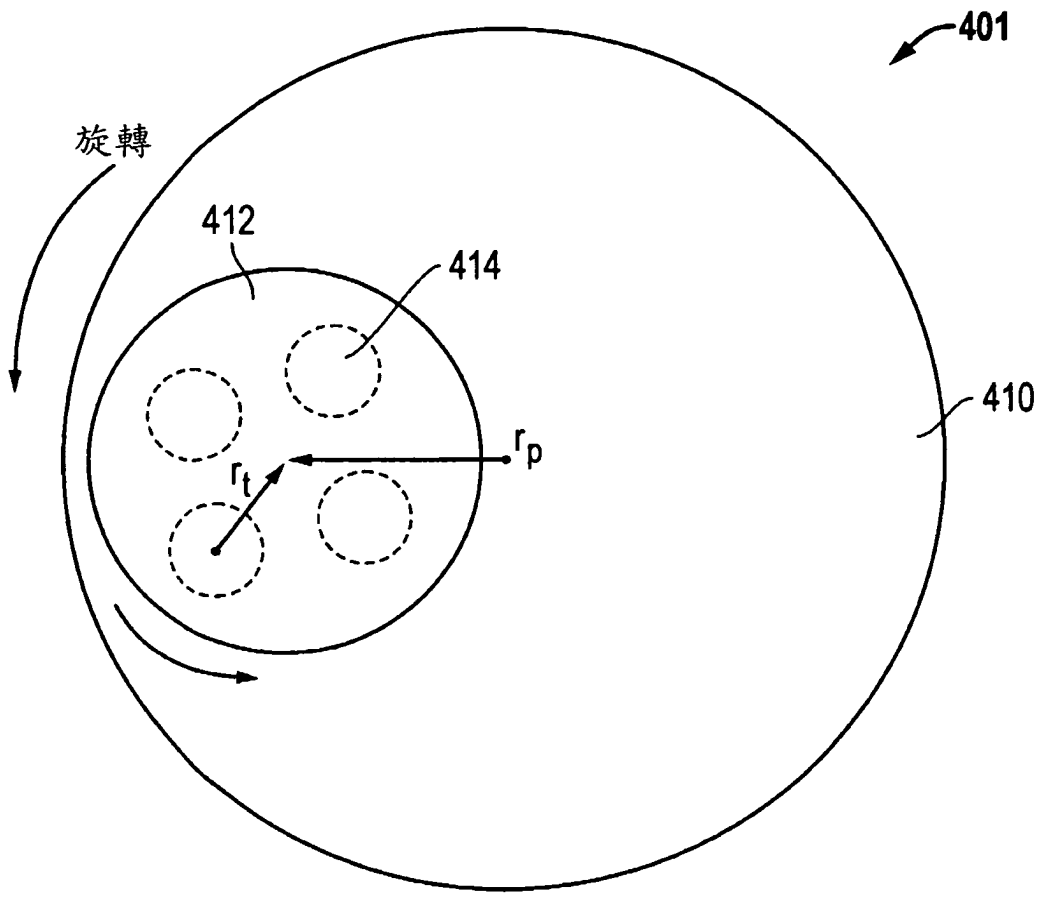


圖 4

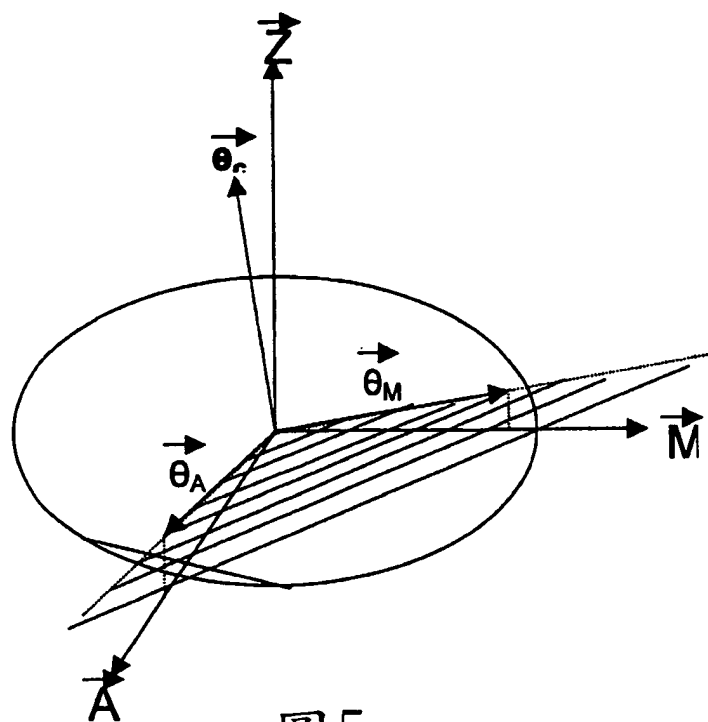


圖5

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

(無元件符號說明)

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

十、申請專利範圍：

1. 一種加工一藍寶石基材之方法，其包含：

使用一第一固定研磨劑研磨一藍寶石基材之一第一表面；及

使用一第二固定研磨劑研磨該藍寶石基材之該第一表面，其中該第二固定研磨劑具有一比該第一固定研磨劑小之平均粒度，該第二固定研磨劑具有自銳性，其中使用該第二固定研磨劑研磨包含自該藍寶石基材之該第一表面移除不少於約5.0微米之材料。

2. 如請求項1之方法，其中該第一固定研磨劑具有自銳性。

3. 如請求項2之方法，其中使用該第一固定研磨劑研磨該藍寶石基材之該第一表面包括向該第一表面施加一峰值正向力，其中該峰值正向力係不大於約50 N/mm寬度。

4. 如請求項3之方法，其中該峰值正向力在研磨期間內為大體上恆定的。

5. 如請求項2之方法，其中該第一固定研磨劑包含存於一黏結材料基質中之粗研磨粒。

6. 如請求項5之方法，其中該第一固定研磨劑包含不多於約30體積%之粗研磨粒。

7. 如請求項5之方法，其中該等粗研磨粒具有一不大於約300微米之平均粒度。

8. 如請求項5之方法，其中該等粗研磨粒包含一選自由鑽石、立方氮化硼及其組合組成之群的材料。

9. 如請求項5之方法，其中該第一固定研磨劑包含不多於約70體積%之黏結材料基質。
10. 如請求項9之方法，其中該黏結材料基質包含一金屬合金。
11. 如請求項5之方法，其中該第一固定研磨劑具有一不小於約20體積%之孔隙度。
12. 如請求項1之方法，其中使用該第一固定研磨劑研磨該藍寶石基材之該第一表面包含移除不少於約30微米之材料。
13. 如請求項12之方法，其中使用該第一固定研磨劑研磨該藍寶石基材之該第一表面包含移除不少於約40微米之材料。
14. 如請求項1之方法，其中研磨該藍寶石基材進一步包含研磨該藍寶石基材之一與該第一表面相對之第二表面。
15. 如請求項14之方法，其中研磨該藍寶石基材之該第二表面包含移除不少於約30微米之材料。
16. 如請求項1之方法，其中使用該第一固定研磨劑研磨包含以一不小於約2000 rpm之速度研磨。
17. 如請求項1之方法，其中該第二固定研磨劑包含存於一黏結材料基質中之精細研磨粒。
18. 如請求項17之方法，其中該第二固定研磨劑包含不多於25體積%之精細研磨粒。
19. 如請求項18之方法，其中該第二固定研磨劑包含不多於0.5至10體積%之精細研磨粒。

20. 如請求項17之方法，其中該等精細研磨粒係選自由鑽石、立方氮化硼及其組合組成之材料群。
21. 如請求項17之方法，其中該等精細研磨粒具有一不大於約100微米之平均粒度。
22. 如請求項21之方法，其中該等精細研磨粒具有一不大於約50微米之平均粒度。
23. 如請求項17之方法，其中該第二固定研磨劑包含不多於約70體積%之黏結材料基質。
24. 如請求項23之方法，其中該黏結材料基質包含一金屬合金。
25. 如請求項17之方法，其中該第二固定研磨劑具有一在約30至70體積%之範圍內的孔隙度。
26. 如請求項1之方法，其中使用該第二固定研磨劑研磨該藍寶石基材之該第一表面包括向該第一表面施加一峰值正向力，其中該峰值正向力係不大於約50 N/mm。
27. 如請求項26之方法，其中該峰值正向力在研磨期間內為大體上恆定的。
28. 如請求項1之方法，其中使用該第二固定研磨劑研磨包含以一不小於約2000 rpm之速度研磨。
29. 如請求項1之方法，其中使用該第二固定研磨劑研磨包含自該藍寶石基材之該第一表面移除不少於約10微米之材料。
30. 如請求項1之方法，其進一步包含線鋸切一藍寶石人造晶塊以形成該藍寶石基材。

31. 如請求項1之方法，其進一步包含由一藍寶石條帶形成一藍寶石圓盤以形成該藍寶石基材。
32. 如請求項1之方法，其進一步包含在使用該第二固定研磨劑研磨之後拋光該藍寶石基材之該第一表面。
33. 如請求項32之方法，其中拋光該基材之該第一表面包含使用一研磨漿拋光該表面。