

發明專利說明書**公告本**

(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： 96118343

※ 申請日期： 96.5.23

※IPC 分類：

一、發明名稱：(中文/英文)

H01L 21/301, B23K 26/02

包含低 K 介電材料之工件的雷射處理

2006.01

(2014.01)

LASER PROCESSING OF WORKPIECES CONTAINING LOW-K
DIELECTRIC MATERIAL

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

伊雷克托科學工業股份有限公司

ELECTRO SCIENTIFIC INDUSTRIES, INC.

代表人：(中文/英文)

凱利 慕斯圖 / MUSTOE, KERRY

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國 奧勒岡州 97229 波特蘭 西北科學園大道 13900 號

13900 NW Science Park Drive, Portland, Oregon 97229, USA

國 籍：(中文/英文)

美國 / USA

三、發明人：(共 1 人)

姓 名：(中文/英文)

布萊恩 W. 拜爾德 / BAIRD, BRIAN W.

國 籍：(中文/英文)

美國 / USA

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：

美國、 2006.05.24、 11/440,711

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 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。

五、中文發明摘要：

一雷射輸出，此者含有至少一具有一長於 $1.1\ \mu\text{m}$ 而短於 $5\ \mu\text{m}$ (最好約 $1.1\ \mu\text{m}$) 之波長並且具有一窄於 $100\ \text{ps}$ (最好是窄於 $10\ \text{ps}$) 之脈衝寬度的雷射脈衝(32)，可供移除像是 SRO 或 SiCOH 之低 k 介電材料而不致損害到基材。利用一與一放大模組(16)併同運作之震盪器模組(12)以產生該雷射輸出。

六、英文發明摘要：

Laser output including at least one laser pulse (32) having a wavelength greater than $1.1\ \mu\text{m}$ and shorter than $5\ \mu\text{m}$ (preferably at about $1.1\ \mu\text{m}$) and having a pulsewidth shorter than $100\ \text{ps}$ (preferably shorter than $10\ \text{ps}$) permits low-k dielectric material, such as SRO or SiCOH, to be removed without damaging the substrate. An oscillator module (12) in cooperation with an amplification module (16) are used to generate the laser output.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (4) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- 10 雷射系統
- 12 震盪器模組
- 14 高平均功率脈衝微微秒雷射子系統
- 16 放大模組
- 18 光學調變器
- 20a 雷射輸出
- 22 系統控制電腦
- 24 子系統介面電子元件
- 26 調變器控制供應器
- 28 雷射功率供應器
- 42 準直光學元件
- 50 光束定位光學元件
- 56 非線性轉換光學元件
- 58 校正光學元件
- 62 成像光學模組
- 70 雷射功率控制模組

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

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於雷射加工處理，並且特別是有關於含有低 k 介電材料之工件的雷射加工處理。

【先前技術】

多數的半導體及相關產品，像是電晶體、二極體、發光二極體、微電子機器系統或微機電系統(MEMS)、平面波導結構、積體電路及其他微型裝置，是在一大型晶圓上同時地按大批次方式所製造。這些晶圓通常是由 Si、GaAs、GaP、InP、Ge、碳化矽、氮化矽、藍寶石、聚合物或其他材料所組成。這些產品或裝置大多數是利用傳統製程技術所製造，該等技術可為像是(然不限於)微影蝕刻、氧化、植入、沉積、蝕刻、磊晶成長及/或旋塗。當完成載荷有該等裝置之晶圓的製造作業後，必須將該等個別裝置加以分離或「獨化」－一項通常稱為「晶切(dicing)」的製程。在許多獨化製程中，首先是將該等晶圓劃分為多個元件的橫列－一項通常稱為「分割(slicing)」的製程－然而「分割(slicing)」與「晶切(dicing)」可互換運用。個別裝置則稱為「晶粒(die/dice)」。在一晶圓上於鄰接晶粒之作用部份間的區域稱為「分街(Street)」或「晶粒隔道(Dice Lane)」。這些分街被限制為最小寬度，因為這些晶圓材料在晶切過程中會被移除或毀壞。被該晶切製程所完全移除的晶圓區域稱為「切口(Kerf)」，而分街的其餘部份則必須包納該切口附近的任何損傷地帶，以及偏於該切口直線性的任何

製造失準或晶切偏離。

傳統上，是利用一晶圓鋸刀或藉由一稱為「刻入及破分」之技術以進行晶切處理，其中後一技術通常是藉由一鑽石點對一晶圓格劃以一刻線，然後沿該刻線劈分該晶圓。而由於與該「刻入及破分」(scribe and break)技術相關的低產率問題之故，像是無可預期微碎裂傳播與對裝置造成的可觀見損害，機械性晶切鋸刀成為晶圓晶切的主導性工具。傳統的分割刀鋒在沿切割軸上通常是具有約 50 至 200 微米(μm)的維度，並且產生較該等刀鋒為寬的切入。該等刀鋒為如此地寬，藉以承受重複地進行直線切割劃過傳統晶圓之堅硬、厚實材料的應力。而由機械式切割刀鋒所產生的寬大切入經常會顯著地減少可配入於各晶圓上的晶粒橫列及縱行數。晶切刀鋒亦傾向於相當快速地磨損，使得其切割的寬度或會隨著時間而改變。在一些情況下，刀鋒可能會不利地彎折，然後該等產生出曲形或傾斜的切入或增多切片。

此外，在當沿獨化路徑產生尖銳邊緣及尖銳角時，該晶切製程會產生出微小切片，從而令該等裝置更易受損，尤其是來自外部凸塊的影響。晶切鋸刀亦傾向於產生自該切口延伸進入裝置之疊層內的微碎裂，從而減少產量。此外，當進行裝置測試時微碎裂或並不明顯，然或於稍後傳播進入疊層內而在後來造成裝置失效，這會降低以該等為依據之裝置及設備的可靠度。雖可藉由減緩機械切鋸速度以避免部份的微碎裂，不過在一些材料裡，微碎裂確為難

以避免，即使並非全然不可能。晶切鋸刀亦通常需要使用水作為一潤滑劑及/或冷卻劑，並且水對於一些類型的材料或裝置，像是 MEMS，可能會產生問題或降低產量。

對於傳統機械切割技術，雷射切割變成一種具有吸引力的替代方式。使用雷射晶切處理的一項理由是在於，與傳統技術不同，雷射可自一晶圓切割出像是陣列化波導光柵的曲形晶粒。此外，雷射通常可切割而無須使用水，這對於製造對水敏感的裝置(像是 MEMS)而言非常重要。而由於雷射對於工件(晶圓)的潛在極微切口寬度與非常正確對準的可能性，因此雷射亦經常有機會獲得最小的分銜寬度。

雷射亦提供在晶圓上構成圖案的能力，產生像是溝槽或切痕之特性，這可藉由雷射掃描跨於該表面並僅切割該薄膜或部份地切穿該晶圓所製作，此相對於僅能切穿處理之機械鋸刀晶切技術者。可利用該部份切割技術在晶粒上製作出多項特性，或例如對於一刻入及破分製程執行雷射刻入處理。

雷射亦對於穿過或進入該薄膜或基材材料的鑽鑿通孔處理具有龐大潛力。此通孔鑽鑿為人所重視之原因在於包含(然不限於)可讓一接地為經由一晶粒之背側而接觸，可讓晶粒在一封裝內彼此相疊於上(「三維封裝」)，或可讓裝置能夠按一「覆晶」BGA 方式所架置，使得主動裝置為面部朝上(用於 MEMS 或積體電路或雷射二極體的前側冷卻)。這些通孔之直徑的範圍可為從數微米到數百微米，並

且所欲之晶粒厚度從數十微米變化到幾達 1,000 μm 。目前對於這種高深寬比通孔之鑽鑿處理僅存在有極少數具有生產價值的解決方案，並且該等像是電漿蝕刻者，在設備及維修作業方面傾向於繁瑣且昂貴。

因而，會希求用以處理晶圓以及該等所載荷之材料的較佳方法。

【發明內容】

在一些具體實施例裡，藉由具有包含波長及/或脈衝寬度在內之參數的雷射輸出以處理一低 k 介電材料，這可處理該低 k 介電材料而不致操作性地損害該基材。在一些具體實施例裡，是運用具有一大於 1.1 μm 之波長的雷射輸出，以處理一由一晶圓基材載荷之低 k 介電薄膜的目標部分。在一些具體實施例裡，該波長約為 1.3 μm 。

在一些具體實施例裡，是運用雷射輸出以處理一由一晶圓基材所載荷之低 k 介電薄膜的目標部分，而該雷射輸出含有至少一具一窄於約 100 微微秒(picosecond)之脈衝寬度的雷射脈衝。在一些具體實施例裡，該脈衝寬度窄於 10 微微秒。在一些具體實施例裡，該脈衝寬度長於 1 飛秒(femtosecond)。

在一些具體實施例裡，該低 k 介電材料包含 SiOF、SiOB、SRO、SiCOH、BCB，或一像是具有小於 3 之 k 值的聚醯亞胺式或聚對二甲苯基式聚合物之有機材料。該低 k 介電材料可特定地包含 BlackDiamond®，此為一由 Applied Materials 公司所銷售之低 k 介電物的商標，或 SiLK®，此

為一由 Dow 公司所銷售之低 k 介電物的商標。在一些具體實施例裡，該基材包含單晶或多晶或非晶態 Si、GaAs、GaP、InP、Ge、碳化矽、氮化矽、藍寶石、熔凝矽石、玻璃或聚合物。

在一些具體實施例裡，該雷射輸出是由一震盪器模組併同於一放大模組共同運作所產生。在一些具體實施例裡，該震盪器模組包含一二極體泵注、固態(DPSS)主震盪器。在一些具體實施例裡，該震盪器模組包含一脈衝半導體雷射發射微微秒脈衝。在一些具體實施例裡，該脈衝半導體雷射運用一 InGaAs/AlGaAs 或 InGaAsP/InP 應變量子阱結構。在一些具體實施例裡，該震盪器模組包含一脈衝纖維主震盪器。在一些具體實施例裡，該脈衝纖維主震盪器包含一二極體泵注、稀土族摻入之玻璃纖維主震盪器，此者運用一半導體可飽和吸收反射鏡。在一些具體實施例裡，該玻璃纖維主震盪器包含一稀土族摻入、熔凝矽石纖維。該稀土族摻入物最好是包含 Nd、Yb、Ho、Er、Dy、Pr、Tm 或 Cr。

在一些具體實施例裡，該放大模組包含一單通、多通或再生性 DPSS 放大器。在一些具體實施例裡，該放大模組包含一 Nd:GdVO₄、Nd:YVO₄、Nd:YLF、Nd:玻璃或 Nd:YAG 增益媒體。在一些具體實施例裡，該放大模組包含一二極體泵注、稀土族摻入玻璃纖維功率放大器。在一些具體實施例裡，該玻璃纖維功率放大器包含一稀土族摻入、熔凝矽石纖維。該稀土族摻入物最好包含 Nd、Yb、Ho、Er、Dy、

Pr、Tm 或 Cr。

在一些具體實施例裡，該雷射輸出包含多個經獨立觸發之脈衝或脈衝突波，該等係從一由該放大模組所發射的脈衝序串中選出。在一些具體實施例裡，該雷射模組具有低於 75 微焦耳(μJ)的每脈衝能量。在其他具體實施例裡，該雷射脈衝具有高於 75 μJ 的每脈衝能量。

在一些具體實施例裡，在移除該低 k 介面材料的目標部分之後是運用一機械鋸刀以晶切該基材。在一些具體實施例裡，是運用具有異於處理該低 k 介電材料所使用者之參數的雷射輸出來處理該晶圓基材。在一些具體實施例裡，是運用一機械鋸刀以處理該晶圓基材。

可自後文之本發明較佳具體實施例詳細說明，參照於隨附圖式，而顯知本發明的額外特性與優點。

【實施方式】

雷射處理功能性在過去數年裡雖已因可用雷射及處理理解兩方面進展之故而大幅進步，然在將雷射運用於晶切、鑽鑿或圖案化製程上仍存在一些顯著問題。既已嘗試利用紅外線(IR)雷射以對矽或氧化矽進行加工。而在有限的範圍內，已展示一些傳統 IR 波長以對這些材料進行加工，並已成功地用以作為晶粒標記處理或有限的刻入及破分應用之雷射刻入工具。然而，這些雷射會因例如造成矽或氧化矽無可預期之碎裂情況而傾向於毀損矽；將像是熔渣之永久性再沉積材料擲回到該晶圓的頂部表面上；以及產生一「熔解唇凸」(melt lip)，在此該切口的邊緣會拉回

朝上。

Owen 等人的美國專利第 5,593,606 號及第 5,841,099 號('099 號專利)中描述運用紫外線(UV)雷射系統以在有利參數內產生雷射輸出脈衝，俾於一多層裝置裡透過至少兩個不同類型之疊層構成穿透孔洞或盲孔的技術及優點。這些參數一般說來包含具有窄於 100 奈秒(ns)之時間脈衝寬度的非激態輸出脈衝、具有小於 100 μm 之光點直徑的光點區域，以及在光點區域上大於 100 毫瓦(mW)而按大於 200 赫茲(Hz)之重複率的平均強度或照射度。該'099 號專利描述在首先處理一頂部金屬層之後，輔助以改變該雷射系統輸出之參數，像是功率密度，俾按保護一底部金屬層不受損傷的方式，處理含有介電或強化材料之非金屬間置層的技術。

即使前揭項目，直到最近方才將雷射成功地運用於晶切或圖案化矽或其他類型的半導體晶圓，或是晶切或圖案化藍寶石或其他絕緣晶圓。Fahey 等人之美國專利公開號 US-2002-0033558 (美國專利申請號 09/803,382 ('382 號申請案))中描述一種用以分割橫列或獨化滑件或其他元件的 UV 雷射系統及方法。這些方法包含各種導向於一晶圓之其一側或兩側處的雷射及鋸刀切割組合，以及各種用於邊緣修改的技術。

Baird 等人之美國專利公開號 US-2002-0149136 (美國專利申請號 10/017,497 ('497 號申請案))中進一步描述利用 UV 雷射削除作業，以在難以切割的材料內，像是矽，直

接地且快速地構成具小於 $50\text{ }\mu\text{m}$ 之特性大小的圖案。這些圖案包含構成具極高深寬比的圓柱形開口或盲孔以供積體電路連接；獨化包含在矽晶圓上之經處理晶粒；以及進行微片切割，藉以將構成於矽內之微電路割離於一親代晶圓。

即如在 '382 及 '497 申請案中所詳細討論者，有可能決定出多項能夠最佳化雷射及光學處理參數，以利用一雷射潔淨地切割一給定材料。這些參數可包含(然不限於)波長、重複率、由各循序雷射脈衝所撞擊之新目標材料的距離(咬嚙大小)、各個雷射脈衝的能量、時間脈衝寬度、雷射系統輸出之光點大小以及在該雷射光點之內的空間能量分佈。這些用於切割某一特定材料的所選參數可顯著地變動，並且該「製程窗口」- 其中可潔淨地削除一給定材料的參數空間區域 - 對於不同材料而有所相異。甚至看似相同的材料(像是不同類型的 SiO_2 、 SiON 或 Si_3N_4)亦可能因為包含(然不限於)不同摻入物、不同化學計量、不同沉積技術、不同微結構(基於上述理由或因不同的底置層、處理溫度變化等等)，或是不同巨觀結構(孔隙度、幾何性或厚度)在內的因素，從而具有不同的光學、機械及熱/削除性質。因此，緊密關聯的材料仍可具有不相符的處理參數及製程窗口。

在許多環境下，於晶圓上之晶粒間的分街會被覆蓋以部份或全部的覆蓋裝置層，或者該等裝置本身係跨於晶粒隔道所構成。因此，大部份的晶圓厚度通常雖是被該基材材料所佔有，然會希望在切割該基材材料之前先切穿該等

疊覆之裝置層，及/或在圖案化或切割該基材材料之前，先對在該晶圓上所載荷之氧化物或其他裝置層進行圖案化。然而，多數裝置是由多個不同材料所製成，這些通常是在一建構製程裡經沉積或成長於該晶圓之上。這些材料包含(然不限於)金屬、介電氧化物、氮化物、矽化物、聚合介電物以及其他半導體疊層。一般說來，兩種或兩種以上的不同材料並不會按相同的方式回應於一特定的雷射參數集合，因此，由一晶圓基材所載荷之各疊層要不按該等基材切割參數而被相當不良地處理，要不就是在該晶圓的雷射切割過程中遭受到嚴重地傷害。所獲問題的範圍從切割率降低(若該雷射無法有效率切割疊覆層)，到在鄰近於該雷射處理區域裡各裝置層之內產生大型損害範圍。例如，IR雷射雖在矽晶切或刻入方面獲得有限度的成功結果，然這些雷射一直無法切穿在一矽晶圓頂上處的 SiO_2 或其他的氧化層。

同樣地，眾知機械性晶切技術會在疊層內，尤其是在易碎及/或具有低附著性的疊層裡，造成碎裂、切片及/或剝離的結果。而隨著疊層堆疊愈來愈複雜，並且隨著引入更易碎裂的材料，像是氧化物或其他的低 k 介電物，可預期這個問題會益形劣化，並且確實會造成嚴重影響。

Fahey 等人之國際專利公開號 WO 03/002289 (美國專利申請號 10/187,400) 中提供藉由運用兩個或兩個以上不同技術或參數，針對多個裝置層及晶圓基材材料之不同性質，對晶圓載荷裝置層進行晶切、圖案化或鑽鑿的方法。

此多重步驟製程牽涉到對於至少兩個疊層之製程最佳化，並且最好是使得任何疊層的製程，包含該基材材料層，不會負面地影響其他疊層。一示範性具體實施例是運用一按不同參數集合，像是不同波長或照射度，而使用的雷射，以處理不同的疊層或基材材料。另一範例為運用具有不同參數集合的不同雷射以處理不同疊層或基材材料，像是利用一 UV 雷射(即如按 266 奈米(nm))，或一超快雷射，以切割在 IR 或可見光範圍內為透明的裝置層，並且利用一 IR、可見光或 UV 雷射(即如按 355 nm)以處理該晶圓材料。一進一步範例則是運用一或更多的雷射以處理該等裝置層，然後再運用一像是機械鋸刀刀片之非雷射技術，來處理該晶圓基材材料的多數或全部厚度。

又另一具體實施例則為將該晶圓的表面裝置層覆蓋以一像是光阻或 PVA 的可棄除層；選擇性地移除該可棄除層之一部分，藉以在所欲切割區域上產生出未經覆蓋地帶；將該晶圓基材上的多個疊層雷射切割至一等於或是略大於在後續基材切割步驟中將會出現的寬度；並且接著利用不同波長、脈衝寬度、通量、咬嚙大小及/或其他的雷射處理參數，而藉一或多個處理步驟對該晶圓進行切割。

雖有前述進展，然對晶圓上之低 k 介電薄膜的雷射處理仍尚未出現重大成功。低 k 介電材料 SRO 及 SiCOH 按各種波長之橢圓儀測量，即如圖 3 表格中所列出者，顯示出這些材料可供以運用長於約 532 nm 波長之有效率雷射製程的機會極微。此外，這些低 k 介電薄膜在長於約 532 nm

之波長處所測得的零值則是意味著：按傳統的固態 IR 雷射波長以移除該等膜層之有效率雷射製程的機會極微。

然而，本案申請人發現，在當按像是窄於 100 微微秒之短脈衝寬度遞送雷射脈衝時，確可按傳統的 IR 波長處理低 k 介電材料。較佳具體實施例包含窄於或等於約 10 微微秒的脈衝寬度。

在 Sun 等人之美國專利第 5,265,114 號及美國專利第 5,473,624 號中描述可利用按一像是 $1.3\mu\text{m}$ 之波長的雷射輸出，而在記憶鏈結材料與矽基材之間具有一雷射能量吸收對比，此值遠大於按傳統的 $1\mu\text{m}$ 雷射波長者，因而降低對該矽基材的潛在損害。由此技術所提供的遠遠較寬雷射製程窗口及較佳處理品質已非常成功地運用於鏈結燒蝕(link-blowing)處理。

在 Sun 等人之美國專利第 5,569,398 號、美國專利第 5,685,995 號及美國專利第 5,808,272 號中揭示利用按像是 $1.3\mu\text{m}$ 之波長的雷射輸出，藉以用於各種裁修操作，俾改善在處理過程中可或無須供電之被動、主動或光電裝置的處理、測量及產量。取自於 Sun 等人專利之圖 1 及 2 說明在用於半導體電鏈結之各種金屬與用於晶圓基材之矽間在吸收對比上的顯著變化。

圖 3 係一按各種波長的低 k 介電材料 SRO 及 SiROH 光學常數表。該等光學常數係獲自於橢圓儀測量。熟諳本項技藝之人士將能認知到，橢圓儀可測量自一樣本表面所反射之光線的偏光狀態上的變化，並決定出該等參數 Δ 及

Ψ ，這些是有關於 p 型及 s 型偏光之光線的 Fresnel 反射係數比。

即如熟諳本項技藝之人士所眾知，接著可自該等參數 Δ 及 Ψ 的橢圓儀測量結果，直接地計算出該等光學常數值 n 及 k 。

即如熟諳本項技藝之人士將能認知，一旦既已獲得該等光學常數之後，可利用下列等式以計算出吸收係數：

$$\alpha = \frac{4\pi k}{\lambda} \quad (1),$$

其中 α 為吸收係數， λ 為波長，並且 k 為消光係數。

相對於 Sun 等人的專利，其中是利用一導體鏈結與底置矽基材之間的吸收對比，該消光係數 k 的橢圓儀測量結果表示在該低 k 介電材料與例如一矽基材之間僅有微小對比。然本案申請人決定，按長於或等於約 $1.1 \mu\text{m}$ (並且最好是按約 $1.3 \mu\text{m}$) 之波長，可藉微短波長以處理低 k 介電材料，並且該矽基材可保持其對於具有這些波長及脈衝寬度參數之任何剩餘雷射輸出的相當低度吸收性。本案申請人假設入射於該低 k 介電層上之超快脈衝高尖峰功率修改該低 k 介電材料的光學常數，藉以有效率地進行處理，而同時並未顯著地改變該矽基材的光學常數。

代表性的低 k 介電材料一般說來具有一小於 3 的 k 值，並且可包含(然不限於)氟化矽酸鹽玻璃(像是 FSG 或 SiOF)、氟化非晶態碳(a-CF)、SiOB、SRO、SiCOH、苯併

環丁烯(BCB)、甲基倍半矽氧烷 (MSQ)、氫倍半矽氧烷(HSQ)、來自四甲基矽烷的甲基化矽石、鐵弗龍(PTFE)；一多孔材料(乾凝膠或聚合 nanfoam)；以及一有機材料，像是聚醯亞胺、氟化聚醯亞胺、聚醯亞胺式聚合物、聚對二甲苯基式聚合物或聚芳醚。該低 k 介電材料可特定地包含 BlackDiamond®，此為一由 Applied Materials 公司所銷售之低 k 介電物的商標，或 SiLK®，此為一由 Dow 公司所銷售之低 k 介電物的商標。

圖 4 係一用以處理經載荷於一基材上之低 k 介電材料的示範性雷射系統 10 簡化略圖。參照於圖 4，該雷射系統 10 最好是運用一高平均功率脈衝微微秒雷射子系統 14，此者含有一動態雷射脈衝產生器或震盪器模組 12，以及一放大模組 16，像是一 DPSS 功率放大器。

該動態雷射脈衝產生器或震盪器模組 12 最好是運用一二極體泵注之主震盪器以發射一震盪器輸出脈衝，此者具有一窄於約 500 微微秒的脈衝寬度，最好是窄於約 100 微微秒，且以窄於 10 微微秒尤佳，而按一大於約 $1.1\ \mu\text{m}$ 之波長，最好是小於 $5\ \mu\text{m}$ ，且以靠近約 $1.3\ \mu\text{m}$ 為佳。該震盪器輸出脈衝被導引進入該放大模組 16 內。該放大模組 16 可為一單通、多通或再生性 DPSS 放大器。或另者，該放大模組 16 可為一二極體泵注、稀土族摻入之玻璃增益纖維功率放大器。又是一些具體實施例裡，該玻璃纖維功率放大器含有稀土族摻入、熔凝矽石纖維。又在另一具體實施例裡，該放大模組 16 可為一二極體泵注、稀土族摻入

玻璃光子晶體纖維功率放大器。在一些具體實施例裡，該稀土族摻入玻璃光子晶體纖維功率放大器包含一稀土族摻入、熔凝矽石光晶體纖維功率放大器。該等稀土族摻入物最好是包含 Nd、Yb、Ho、Er、Dy、Pr、Tm 或 Cr。

該震盪器模組 12 及該放大模組 16 最好是運用 Nd 摻入雷射物以作為增益材料。一種較佳的 Nd 摻入雷射物為 Nd:GdVO₄，然替代性的 Nd 摻入雷射物可包含(然不限於)Nd:YVO₄、Nd:YLF、Nd:玻璃及 Nd:YAG。該震盪器模組 12 及該放大模組 16 可包含具有相同或不同摻入濃度之相同或不同的雷射物。該震盪器模組 12 及該放大模組 16 亦最好是運用頻率選擇構件、稜鏡、過濾器、基準器及/或其他熟諳本項技藝之人士所眾知的構件，藉以在所欲波長處，像是在約 1.3 μm 處，偏好地產生增益，並且在即如在一 Nd:GdVO₄ 雷射物的情況下，可於較高增益移轉處，像是在 1.06 μm 處，引入損失。

在一示範性具體實施例裡，一外部光學調變器 18，像是一聲光調變器(AOM)或一電光調變器(EOM)，可被觸發以提供雷射輸出 20a，其中可含有一單一脈衝、多個經獨立觸發之脈衝，或是在一由該微微秒雷射子系統 14 之放大模組 16 所發射的脈衝序串中所選出之脈衝突波。該雷射輸出 20a 的雷射脈衝具有高平均功率。可由一系統控制電腦 22、子系統介面電子元件 24 及/或一調變器控制供應器 26 直接地或間接地觸發該光學調變器 18，即如熟諳本項技藝之人士所眾知者。若有需要，可直接地或間接地由

該系統控制電腦 22 及/或該子系統介面電子元件 24，以協調該觸發計時與雷射功率供應器 28 的控制。熟諳本項技藝之人士將能瞭解可用 AOM 調變技術係如美國專利第 7,019,891 號中所揭示者，並可運用在多項具體實施例裡。在此將美國專利第 7,019,891 號併入而為參考。

在另一示範性具體實施例裡，該震盪器模組 12 可包含一脈衝半導體雷射發射微微秒脈衝。可利用一 InGaAs/AlGaAs 或 InGaAsP/InP 應變量子阱結構，按一大於 $1.1\ \mu\text{m}$ 之波長，藉由已知技術以製造出示範性脈衝雷射。熟諳本項技藝之人士將瞭解可另行運用其他的半導體雷射材料。

在另一示範性具體實施例裡，該震盪器模組 12 可包含一脈衝纖維主震盪器。一示範性脈衝纖維主震盪器可為一運用一半導體可飽和吸收反射鏡 (SESAM) 之二極體泵注、Nd 摻入或 Yb 摻入矽石纖維主震盪器。熟諳本項技藝之人士將瞭解可另行運用其他的稀土族摻入纖維，並且可另行運用其他的模式鎖定構件。

在另一示範性具體實施例裡，該放大模組 16 可為一二極體泵注、Yb 摻入矽石纖維功率放大器。又在另一示範性具體實施例裡，該放大模組 16 可為一二極體泵注、Nd 摻入矽石纖維功率放大器。熟諳本項技藝之人士將瞭解可對於該放大模組 16 而另行運用其他的稀土族摻入纖維。熟諳本項技藝之人士將瞭解可使用運用步階折射率型、併有偏光維持構件之步階折射率型、或是空氣間隔型的纖維。

參照於圖 5，該雷射輸出 20a 係可選擇性地穿過各種

眾知的延展及/或準直光學元件 42，沿著一光學路徑 20 而傳播，並且由一光束定位系統 30 所導向，藉以將該(等)雷射系統輸出脈衝 32 衝撞到一像是矽晶圓之工件 52 上的所欲雷射目標位置 34 處。一示範性光束定位系統 30 可包含一移位階台定位器，此者可運用至少兩個橫向階台 36 及 38，而該等支撐例如 X、Y 及/或 Z 定位鏡 44，並可供於相同或不同工件 52 上的多個目標位置 34 之間快速地移動。

在一示範性具體實施例裡，該移位階台定位器係一分軸系統，其中一 Y 階台 36 通常是由線性馬達沿一導軌 46 所移動，此者可支撐並移動該工件 52，以及一 X 階台 38 通常是由線性馬達沿一導軌 48 所移動，此者可支撐並移動光束定位光學元件，像是一快速定位器 50，以及相關的(多個)聚焦透鏡及/或其他光學元件。亦可調整該 X 階台 38 與該 Y 階台 36 之間的 Z 維度。該等定位反射鏡 44 可經由該雷射子系統 14 與該快速定位器 50 之間的任意迴轉以對齊該光學路徑 20，而該者係沿該光學路徑 20 所設置。該快速定位器 50 可例如運用高解析度線性馬達、一或更多的電流計反射鏡、快速導向反射鏡及/或聲光導向技術，而能夠依據所提供之測試或設計資料進行單一或重複性的處理操作。可相應於儀板化或非儀板化資料，獨立地或是按協調合一方式控制與移動該等 X 及 Y 階台 36 及 38 和該快速定位器 50。一分軸光束定位系統 30 係較佳地運用於大型行旅區域的應用上，像是切割 203 mm (8") 而尤其是 305

mm (12")或更大的晶圓。

該快速定位器 50 亦可含有或相關於一視像系統，可經對齊於該工件 52 之表面上之一或更多準星。該光束定位系統 30 可運用傳統的視像或光束對工件對齊系統，後者係透過一共享物鏡，或按離軸方式，與另一攝影機共同運作，並為熟諳本項技藝之人士所眾知者。在一具體實施例裡，是運用一由 Electro Scientific Industries 公司所銷售的光束定位系統 30 內採用 Freedom Library 軟體之 HRVX 視像盒，以執行於該雷射子系統 14 與該工件 52 上之目標位置 34 間的對齊作業。亦可商購獲用其他的適當對齊系統。一示範性對齊系統可運用明視野、軸上照明作業，尤其是對於像是經拭淨或拋光晶圓的高度反射性工件，然亦可運用暗視野照明，或是暗視野照明及亮視野照明的組合。

對於如後文所述之雷射切割操作，該光束定位系統 30 最好是經對齊於位在該晶圓表面上之傳統典型鋸刀切割或其他準星或一圖案。一旦既已移除該低 k 介電材料之後，可較佳地對齊於切口邊緣。該光束定位系統 30 最好是具有佳於 $3 - 5 \mu\text{m}$ 的對齊精確度，使得雷射光點的中心位在一較佳切割路徑的約 $3 - 5 \mu\text{m}$ 之內，特別是對於像是 $10 - 15 \mu\text{m}$ 之雷射光束光點大小。對於更小的光點大小，該對齊精確度甚或以更高為佳。而對於較大的光點大小，該對齊精確度可較不精準。此外，該光束定位系統 30 亦可運用一 Abbe 誤差校正系統，像是美國專利第 6,430,465 號中所述者，在此將該案之相關部分併入而為參考。

該光束定位系統 30 的許多變化方式對於熟諳本項技藝之人士確屬眾知，並且該光束定位系統 30 的一些具體實施例在 Cutler 等人之美國專利第 5,751,585 號中即已詳細描述。可購自美國奧瑞岡州 Portland 市之 Electro Scientific Industries 公司之 ESI 型號 2700 或 5320 微加工系統為該光束定位系統 30 的示範性實作。亦可運用其他的示範性定位系統，像是由美國奧瑞岡州 Portland 市之 Electro Scientific Industries 公司所製造的型號系列編號 27xx、43xx、44xx 或 53xx。對於進行長直性切割而言，這些運用一 X-Y 線性馬達以移動該工件 52 並且運用一 X-Y 階段以移動該等掃描透鏡的部份系統係具有成本效益的定位系統。熟諳本項技藝之人士亦將能夠瞭解確可另行運用一具有一單一 X-Y 階段以進行工件定位而具一固定光束位置及/或一靜止電流計以進行光束定位的系統。熟諳本項技藝之人士將可瞭解此一系統 30 可經程式設計以運用工具路徑檔案，這可按高速度以動態方式定位該雷射系統輸出脈衝 32，以產生廣泛各種有用而可為週期性或非週期性的圖案。熟諳本項技藝之人士亦將瞭解在美國專利第 7,019,891 號內所揭示的 AOM 光束導向技術可與該快速定位器 50 及/或該光束定位系統 30 組合併用或為取代另用。

該雷射輸出 20a 亦可經由額外的傳統系統光學構件所導引，這些可包含(然不限於)非線性轉換光學元件 56、選擇性校正光學元件 58，及/或選擇性成像光學模組 62，這些可用來控制在該目標或工件表面處所接受到之雷射脈衝

的光束分布之輸出功率及形狀。

參照圖 6，該選擇性成像光學模組 62 可包含一光學構件 64、一透鏡 66 及一孔徑遮罩 68，後者係放置在由該光學構件 64 所產生之光束腰處或附近，藉以阻擋該光束的任何不欲側波瓣及週邊部分，因而能夠將一精確塑形的光點輪廓後續地成像於該工作表面上。在一示範性具體實施例裡，該光學構件 64 係一繞射裝置或透鏡，並且該透鏡 66 係一準直透鏡，藉以增加該雷射系統組態的彈性。

改變該孔徑的大小以匹配於該光學構件 64 的性質可控制該光點基型的邊緣銳利度，藉以產生一具有尺寸標定、較銳利邊緣的強度輪廓，如此應能強化該對齊精確度。此外，藉此排置，該孔徑的形狀可精確地為圓形，或可改變為長方形、橢圓形或其他非圓形形狀，而能夠平行對齊或垂直於一切割方向。該孔徑遮罩 68 可選擇性地在其光線離出側處朝外展開。對於 UV 雷射應用，在該成像光學模組 62 內的孔徑遮罩 68 最好是包含藍寶石。熟諳本項技藝之人士將能瞭解可使用該孔徑遮罩 68 而無需該光學構件 64 及該透鏡 66。

在一替代性具體實施例裡，該光學構件 64 包含一或更多光束塑形元件，該等可將具有原始高斯照射輪廓的雷射脈衝轉換成在鄰近該光學構件 64 下游的孔徑遮罩 68 處而具有一近似均勻「頂帽」輪廓，或者尤其是一超高斯照射輪廓的經塑形(且經聚焦)脈衝。此等射束塑形元件可包含非球面光學元件或是繞射光學元件。在一具體實施例裡，

該透鏡 66 包含用於控制光束大小及發散性的成像光學元件。熟諳本項技藝之人士將能瞭解可運用一單一成像透鏡元件或多個透鏡元件。熟諳本項技藝之人士亦將能瞭解，並且為較佳者，可運用經塑形雷射輸出而無須利用該孔徑遮罩 68。

在一具體實施例裡，該等光束塑形元件包含一繞射光學構件(DOE)，此者可高效率地且精確地執行複雜的光束塑形處理。該等光束塑形元件不僅可將該高斯照射輪廓轉換為一近似均勻照射輪廓，該等亦可將經塑形輸出聚焦成一可決定或經標定的光點大小。一單一構件 DOE 雖為較佳，然熟諳本項技藝之人士將能瞭解該 DOE 可包含多個個別構件，像是 Dickey 等人之美國專利第 5,864,430 號案文所揭示的相位板和轉換構件，而該案亦揭示為光束塑形之目的而設計 DOE 的技術。前述的塑形及成像技術係於美國專利第 6,433,301 號所詳細描述，在此將其相關部分併入而為參考。

可藉由多項調變方法，運用一雷射功率控制模組 70 以控制雷射脈衝功率，該等方法包含(然不限於)二極體泵注調變或外部調變(像是藉由一外部雷射功率控制器 60，而該等包含(然不限於)AOM 或 EOM 或是經馬達驅動而沿該光學路徑 20 設置的偏光旋轉光學元件)，或是其組合。此外，可將一或更多的光束偵測裝置 54，像是光二極體，設置在該雷射控制器 60 的下游處，而像是對齊於一定位反射鏡 44，此反射鏡係經調適以對於該雷射輸出 20a 的波長

具有部份通透性。該等光束偵測光學及電子元件可直接地或間接地關聯於該雷射功率控制模組 70，且/或可直接地或間接地相通於該系統控制電腦 22 及/或該等子系統介面電子元件 24，並/或可用來對經調變之雷射輸出 20a 進行取樣，同時可產生對於該等調變器及/或其他系統光學構件的校正信號，藉此產生具備用以處理該工件 52 之參數的穩定調變輸出。傳統的功率控制技術為熟諳本項技藝之人士所眾知者。一些示範性 AOM 功率控制技術可如美國專利第 7,019,891 號中所揭示。

所運用之典型脈衝重複頻率的範圍為 100 KHz 到 10 MHz。一些應用項目可運用範圍在 10 MHz 到 100 MHz 內的脈衝重複頻率。所運用之典型聚焦光點大小的範圍是 10 μm 到 100 μm 。一些應用項目可運用範圍在 1.5 μm 到 10 μm 的光點大小。所運用之典型咬嚙大小的範圍為 1 nm 到 10 μm 。所運用之典型速度的範圍為 10 mm/s 到 1,000 mm/s。

圖 7 係一具有根據一些具體實施例之較佳雷射參數而穿過一低 k 介電材料疊層所進行之切入的電子顯微影像。該切入顯示 1,064 nm 的脈衝微微秒輸出切穿該低 k 介電材料，然未損傷到底置的矽基材。

在一些具體實施例裡，運用該雷射系統 10 以處理低 k 介電材料(並且選擇性地處理其他裝置層，這些包含(然不限於)像是金屬、氧化物、聚合物及/或其他軟性材料的疊層)，然後運用一或更多的非雷射技術，像是以一機械鋸刀刀片，進行切割，以處理該晶圓基材材料的多數或全部厚

度。在一範例裡，可在以一機械鋸刀將該工件 52 獨化之前，先運用該雷射系統 10 以自該分街移除該低 k 介電材料，並且選擇性地移除一或更多的其他裝置層，使得在後續以一鋸刀刀片進行的晶切過程中，該刀片僅接觸到該基材材料。此方法可防止刀片因該較易碎裂基材材料上出現的較軟材料之故而產生劣化。此項技術的益處可包含(然不限於)改善鋸刀刀片的壽命，並且降低因受污染刀片之故造成對該基材內之切割邊緣處的損害。

在一特定範例裡，疊層移除的寬度會略寬於鋸刀晶切的寬度。可例如藉 3 - 7 個具 20 - 40 μm 切口寬度之鄰近或部份重疊切割線作出此一寬廣切割線(一示範性總寬度約為 120 μm ，然可調整此寬度以適合於特定應用)。

在一些替代性具體實施例裡，於運用一非雷射技術以處理該晶圓材料之前，該雷射系統 10 可經組態設定以提供能夠有利地用以處理軟性材料的不同雷射輸出參數。在其他替代性具體實施例，該雷射系統 10 可經組態設定以提供能夠有利地用以處理該晶圓材料的不同雷射輸出參數。此外，可選擇性利用一偏光追蹤系統 90 及/或一選擇性非反射性夾盤 100 以協助進行該工件 52 之基材的雷射晶切處理。這些技術以及可運用以實作該等之節段化切割(針切)技術與替代性雷射系統組態，可如美國專利申請案第 10/017,497、11/332,815 及 10/187,400 號與美國專利第 6,676,878 號所詳細敘述，在此將該等案文併入而為參考。

熟諳本項技藝之人士將能顯知確可對前述之本發明具

體實施例的細節進行許多變化而不致悖離其基本原理。從而，本發明之範圍應僅由後載申請專利範圍所決定。

【圖式簡單說明】

圖 1 顯示對於各種半導體材料，包含矽在內，在室溫下的光學吸收性質相對於波長的圖形。

圖 2 顯示對於各種金屬，光學吸收性質相對於波長的圖形。

圖 3 係一按各種波長的低 k 介電材料 SRO 及 SiROH 光學常數表。

圖 4 係一用以處理經載荷於一基材上之低 k 介電材料的示範性雷射系統簡化略圖。

圖 5 係一圖 4 雷射系統之簡化部份圖像及部份略圖，其中顯示一示範性光束定位系統的部份元件。

圖 6 係一可用於示範性雷射系統內之選擇性成像光學模組的簡化圖像。

圖 7 係一具有根據一些具體實施例之雷射參數，穿過一低 k 介電材料疊層所進行之切入的電子顯微影像。

【主要元件符號說明】

- 10、10a 雷射系統
- 12 震盪器模組
- 14 高平均功率脈衝微微秒雷射子系統
- 16 放大模組
- 18 光學調變器
- 20 光學路徑

20a	雷射輸出
22	系統控制電腦
24	子系統介面電子元件
26	調變器控制供應器
28	雷射功率供應器
30	光束定位系統
32	雷射系統輸出脈衝
34	雷射目標位置
36	橫向階台
38	橫向階台
42	準直光學元件
44	定位鏡
46	導軌
48	導軌
50	光束定位光學元件(快速定位器)
52	工件
54	光束偵測裝置
56	非線性轉換光學元件
58	校正光學元件
60	雷射功率控制器
62	成像光學模組
64	光學構件
66	透鏡
68	孔徑遮罩

70	雷射功率控制模組
90	偏光追蹤系統
100	非反射性夾盤

十、申請專利範圍：

1.一種以雷射處理一由一晶圓基材所載荷之低 k 介電材料的方法，其中包含：

產生含有多個雷射脈衝的雷射輸出，其具有一長於 $1.1\ \mu\text{m}$ 及短於 $5\ \mu\text{m}$ 的波長之一原始高斯照射輪廓，並且具有一窄於 100 微微秒(picosecond)的脈衝寬度；

運用至少一光束塑形元件，以轉換該原始高斯照射輪廓為一近似均勻照射輪廓或一超高斯照射輪廓；

運用一孔徑遮罩，其放置在由該光束塑形元件所產生之該雷射輸出的一光束腰處或附近，該孔徑遮罩具有一非圓形孔徑以阻擋該雷射輸出的不欲側波瓣及週邊部分；以及

導引該雷射輸出至該低 k 介電材料之一目標部分且具有光點大小範圍是 $10\ \mu\text{m}$ 到 $100\ \mu\text{m}$ 而咬嚙大小範圍是 $1\ \text{nm}$ 到 $10\ \mu\text{m}$ 的雷射輸出，使得移除該低 k 介電材料的目標部分，而該基材則未受損傷，並且其中該光束塑形元件、該非圓形孔徑、該脈衝寬度以及該咬嚙大小配合以切穿該低 k 介電材料而形成具有一平整且乾淨底部之切口。

2.如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該脈衝寬度為短於 10 微微秒。

3.如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該脈衝寬度為長於 1 飛秒(femtosecond)。

4.如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該波長約為 $1.3\ \mu\text{m}$ 。

5.如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該雷射脈衝具有低於 75 μJ 的尖峰功率。

6.如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該雷射脈衝具有高於 75 μJ 的尖峰功率。

7.如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該低 k 介電材料含有一小於 3 的 k 值。

8.如申請專利範圍第 7 項所述之方法，其中該低 k 介電材料包含 SRO 或 SiCOH。

9.如申請專利範圍第 7 項所述之方法，其中該低 k 介電材料包含氟化矽酸鹽玻璃、氟化非晶態碳、SiOB、苯併環丁烯 (BCB)、甲基倍半矽氧烷 (MSQ)、氫倍半矽氧烷 (HSQ)、來自四甲基矽烷的甲基化矽石、鐵弗龍 (PTFE)、乾凝膠、聚合 nanfoam、聚醯亞胺、氟化聚醯亞胺、聚醯亞胺式聚合物、聚對二甲苯基式聚合物或聚芳醚。

10.如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該基材包含單晶、多晶或非晶態 Si、GaAs、GaP、InP、Ge、碳化矽、氮化矽、藍寶石、熔凝矽石、玻璃或聚合物。

11.如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該雷射輸出是藉由一震盪器模組且與一放大模組併同運作所產生。

12.如申請專利範圍第 11 項所述之方法，其中該震盪器模組包含一二極體系注、固態 (DPSS) 主震盪器。

13.如申請專利範圍第 11 項所述之方法，其中該放大模組包含一單通、多通或再生性 DPSS 放大器。

14.如申請專利範圍第 11 項所述之方法，其中該放大模

組包含一 Nd:GdVO₄、Nd:YVO₄、Nd:YLF、Nd:玻璃 或 Nd:YAG 雷射物。

15.如申請專利範圍第 11 項所述之方法，其中該震盪器模組包含一脈衝半導體雷射發射微微秒脈衝。

16.如申請專利範圍第 15 項所述之方法，其中該脈衝半導體雷射運用一 InGaAs/AlGaAs 或 InGaAsP/InP 應變量子阱結構。

17.如申請專利範圍第 11 項所述之方法，其中該震盪器模組包含一脈衝纖維主震盪器。

18.如申請專利範圍第 17 項所述之方法，其中該脈衝纖維主震盪器包含一二極體泵注、Nd 摻入之矽石玻璃纖維震盪器，此者運用一半導體可飽和吸收反射鏡。

19.如申請專利範圍第 17 項所述之方法，其中該脈衝纖維主震盪器包含一二極體泵注、Yb 摻入之矽石玻璃纖維震盪器，此者運用一半導體可飽和吸收反射鏡。

20.如申請專利範圍第 11 項所述之方法，其中該放大器模組包含一 Yb 摻入、矽石纖維雷射放大器。

21.如申請專利範圍第 11 項所述之方法，其中該放大器模組包含一 Nd 摻入、矽石纖維雷射放大器。

22.如申請專利範圍第 11 項所述之方法，其中該雷射輸出包含多個經獨立觸發之脈衝或脈衝突波，該等係從一由該放大模組所發射的脈衝序串中選出。

23.如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中在移除該低 k 介面材料的目標部分之後，運用一機械鋸刀以晶切該

基材。

24.如申請專利範圍第 1 至 23 項中任一項所述之方法，其中該低 k 介電材料包括一小於 3 之 k 值，並且於波長大於 532 nm 處，該雷射輸出修改該低 k 介電材料之一光學常數，而同時並未改變該矽基材的該光學常數。

25.一種用以處理根據申請專利範圍第 1 至 23 項中任一項所述之方法所處理之一由一晶圓基材所載荷之低 k 介電材料的雷射系統，其中包含：

一二極體泵注、固態主震盪器功率放大器，此者係用以產生雷射輸出，其具有一長於 $1.1\ \mu\text{m}$ 及短於 $5\ \mu\text{m}$ 的波長之一原始高斯照射輪廓，並且包含至少一雷射脈衝，其具有一窄於 100 微微秒的脈衝寬度；

至少一光束塑形元件，以轉換該原始高斯照射輪廓為一近似均勻照射輪廓或一超高斯照射輪廓；

一孔徑遮罩，其放置在由該光束塑形元件所產生之該雷射輸出之一光束腰處或附近，該孔徑遮罩具有一非圓形孔徑以阻擋該雷射輸出的不欲側波瓣及週邊部分；以及

一光束定位系統，此者係用以導引該雷射輸出至該低 k 介電材料之一目標部分且具有光點大小範圍是 $10\ \mu\text{m}$ 到 $100\ \mu\text{m}$ 而咬嚙大小範圍是 $1\ \text{nm}$ 到 $10\ \mu\text{m}$ 的雷射輸出，使得移除該低 k 介電材料的目標部分，而該基材則未受損傷，並且其中該光束塑形元件、該非圓形孔徑、該脈衝寬度以及該咬嚙大小配合以切穿該低 k 介電材料而形成具有一平整且乾淨底部之切口。

26.如申請專利範圍第 25 項所述之系統，其中該雷射輸出包含一具約 $1.3\ \mu\text{m}$ 的波長，並且其中該二極體泵注、固態主震盪器功率放大器包含：

一二極體泵注、固態(DPSS)主震盪器；以及

一單通、多通或再生性 DPSS 放大器，其中該放大器包含一 $\text{Nd}:\text{GdVO}_4$ 、 $\text{Nd}:\text{YVO}_4$ 、 $\text{Nd}:\text{YLF}$ 、 Nd :玻璃或 $\text{Nd}:\text{YAG}$ 雷射物。

27. 如申請專利範圍第 26 項所述之系統，其中該雷射輸出包含多個經獨立觸發之脈衝或脈衝突波，該等係從一由該放大器所發射的脈衝序串中選出。

28.如申請專利範圍第 26 項所述之系統，其中該低 k 介電材料包含氟化矽酸鹽玻璃、氟化非晶態碳、SRO、 SiCOH 、 SiOB 、苯併環丁烯(BCB)、甲基倍半矽氧烷 (MSQ)、氫倍半矽氧烷 (HSQ)、來自四甲基矽烷的甲基化矽石、鐵弗龍(PTFE)、乾凝膠、聚合 nanfoam、聚醯亞胺、氟化聚醯亞胺、聚醯亞胺式聚合物、聚對二甲苯基式聚合物或聚芳醚，並且其中該基材包含單晶、多晶或非晶態 Si、GaAs、GaP、InP、Ge、碳化矽、氮化矽、藍寶石、熔凝矽石、玻璃或聚合物。

29.一種用以處理根據申請專利範圍第 1 至 23 項中任一項所述之方法所處理之一由一晶圓基材所載荷之低 k 介電材料的雷射系統，其中包含：

一二極體泵注、纖維主震盪器纖維功率放大器，此者係用以產生雷射輸出，其具有一長於 $1.1\ \mu\text{m}$ 及短於 $5\ \mu\text{m}$ 的波長之一原始高斯照射輪廓，並且包含至少一雷射脈衝，

其具有一窄於 100 微微秒的脈衝寬度；

至少一光束塑形元件，以轉換該原始高斯照射輪廓為一近似均勻照射輪廓或一超高斯照射輪廓；

一孔徑遮罩，其放置在由該光束塑形元件所產生之該雷射輸出的一光束腰處或附近，該孔徑遮罩具有一非圓形孔徑以阻擋該雷射輸出的不欲側波瓣及週邊部分；以及

一光束定位系統，此者係用以導引該雷射輸出至該低 k 介電材料之一目標部分且具有光點大小範圍是 10 μm 到 100 μm 而咬嚙大小範圍是 1 nm 到 10 μm 的雷射輸出，使得移除該低 k 介電材料的目標部分，而該基材則未受損傷，並且其中該光束塑形元件、該非圓形孔徑、該脈衝寬度以及該咬嚙大小配合以切穿該低 k 介電材料而形成具有一平整且乾淨底部之切口。

30.如申請專利範圍第 29 項所述之雷射系統，其中該該二極體泵注、纖維主震盪器纖維功率放大器包含：

一二極體泵注、Nd 摻入之矽石纖維主震盪器，此者運用一半導體可飽和吸收反射鏡；以及

一 Yb 摻入之矽石纖維功率放大器。

31.如申請專利範圍第 29 項所述之雷射系統，其中該該二極體泵注、纖維主震盪器纖維功率放大器包含：

一二極體泵注、Nd 摻入之矽石纖維主震盪器，此者運用一半導體可飽和吸收反射鏡；以及

一 Nd 摻入之矽石纖維功率放大器。

32.如申請專利範圍第 29 項所述之雷射系統，其中該該

二極體泵注、纖維主震盪器纖維功率放大器包含：

一二極體泵注、Yb 摻入之矽石纖維主震盪器，此者運用一半導體可飽和吸收反射鏡；以及

一 Yb 摻入之矽石纖維功率放大器。

33.如申請專利範圍第 29 項所述之雷射系統，其中該該二極體泵注、纖維主震盪器纖維功率放大器包含：

一二極體泵注、Yb 摻入之矽石纖維主震盪器，此者運用一半導體可飽和吸收反射鏡；以及

一 Nd 摻入之矽石纖維功率放大器。

34.如申請專利範圍第 30 項所述之系統，其中該雷射輸出包含多個經獨立觸發之脈衝或脈衝突波，該等係從一由該二極體泵注、纖維主震盪器纖維功率放大器所發射的脈衝序串中選出。

十一、圖式：

如次頁

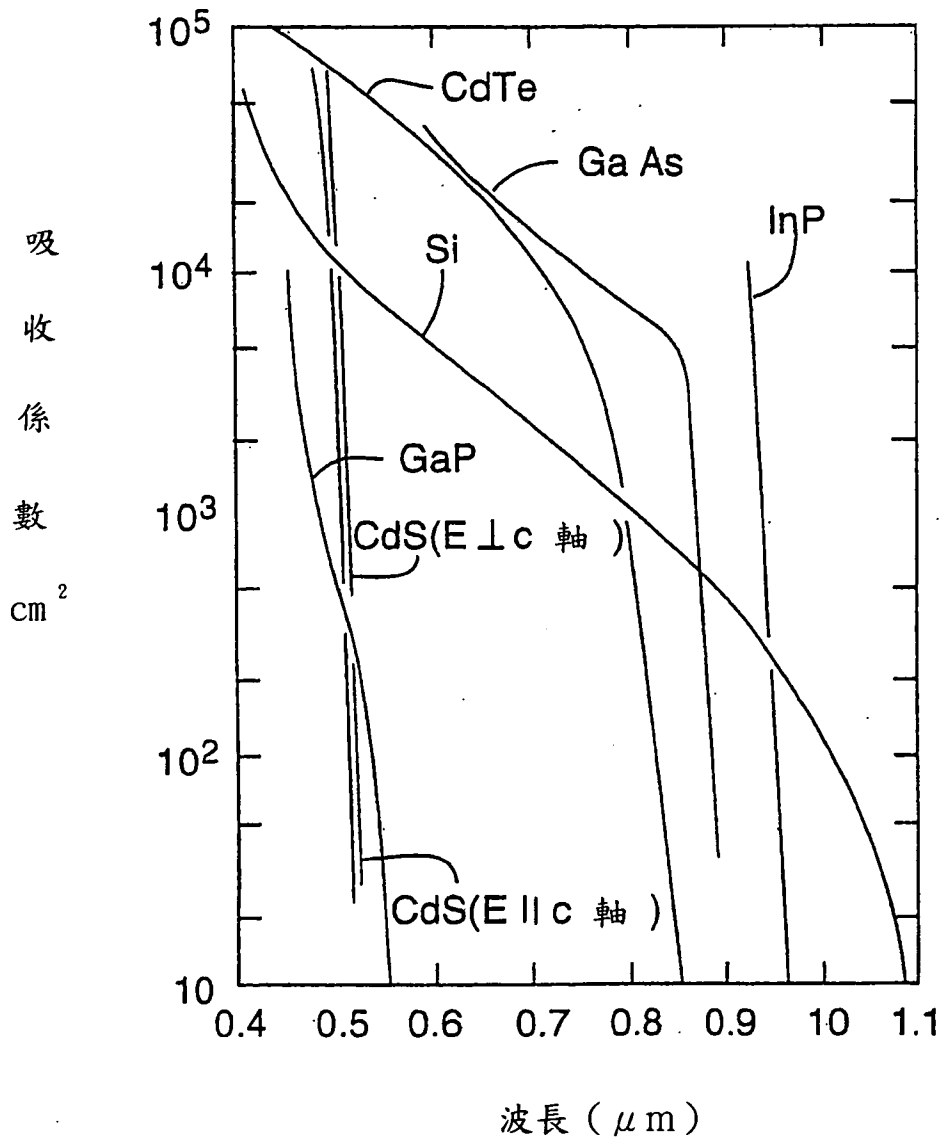


圖 1

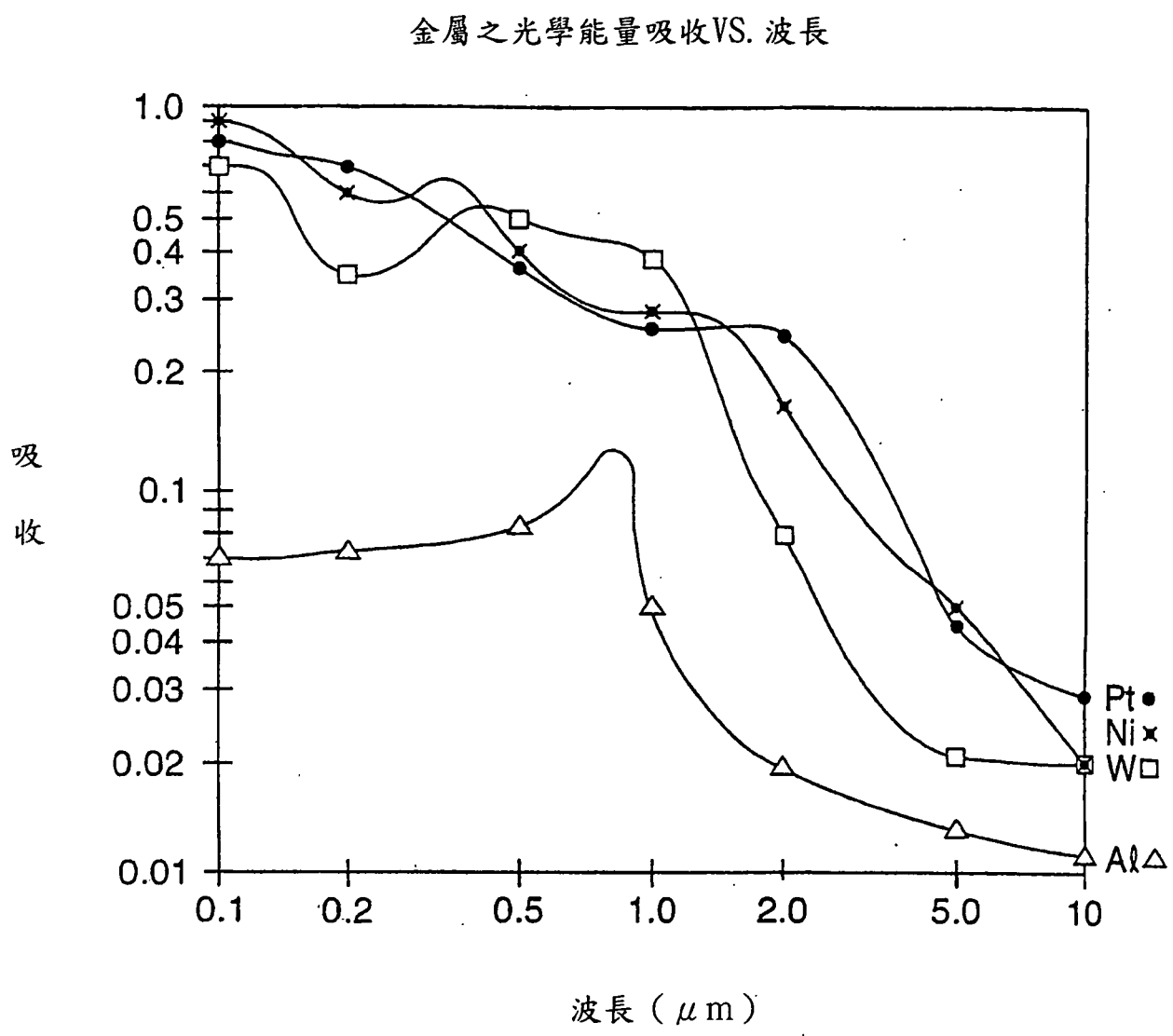


圖 2

波長(nm)	光學常數(n, k)	
	SRO	SiCHO
248	1.90, 0.312	1.48, 0.004
266	1.91, 0.244	1.48, 0.004
355	1.86, 0.088	1.44, 0.003
365	1.85, 0.079	1.44, 0.002
532	1.78, 0.016	1.42, 0
633	1.76, 0.008	1.42, 0
1047	1.72, 0	1.41, 0
1340	1.72, 0	1.41, 0

圖 3

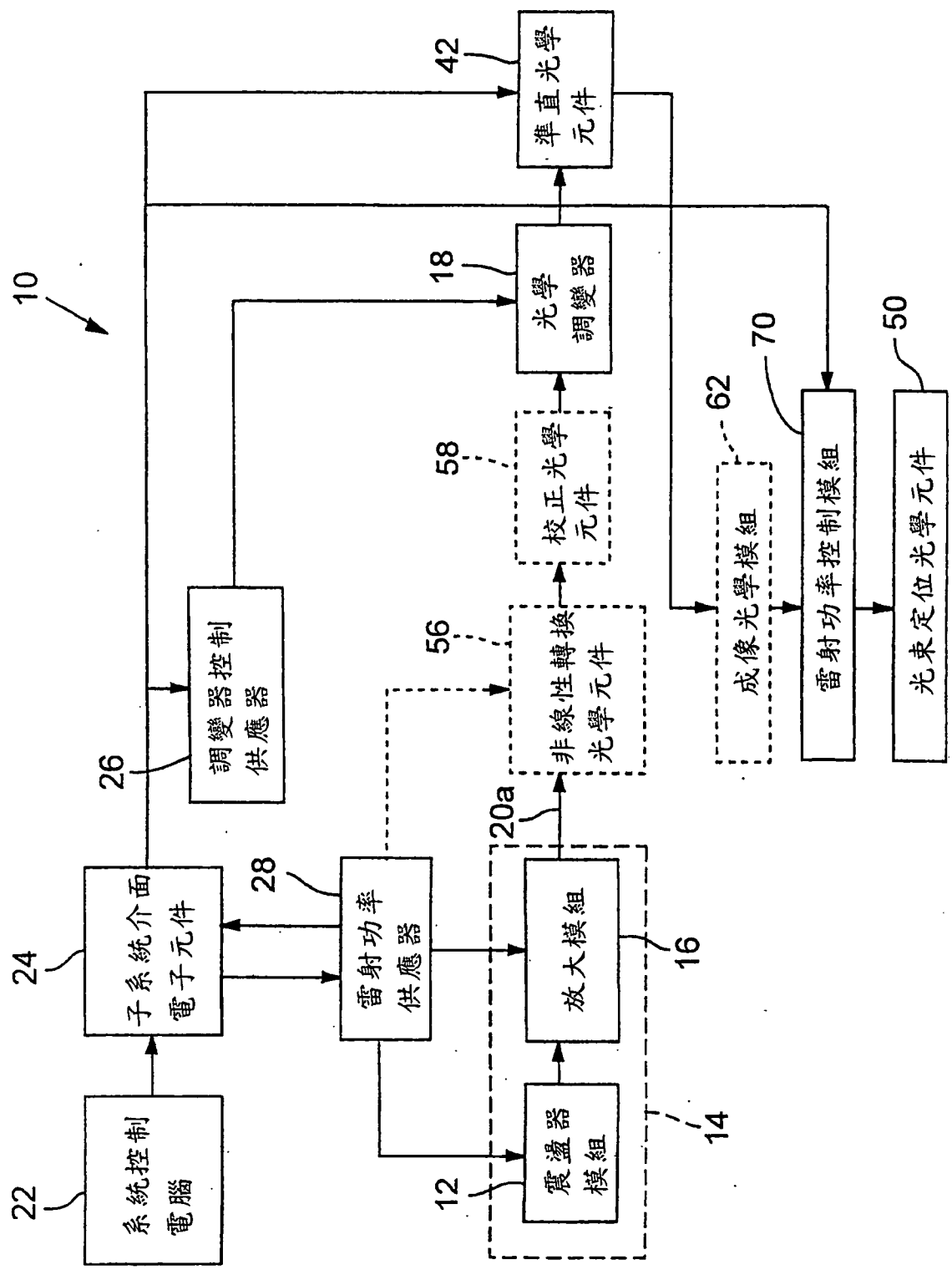


圖 4

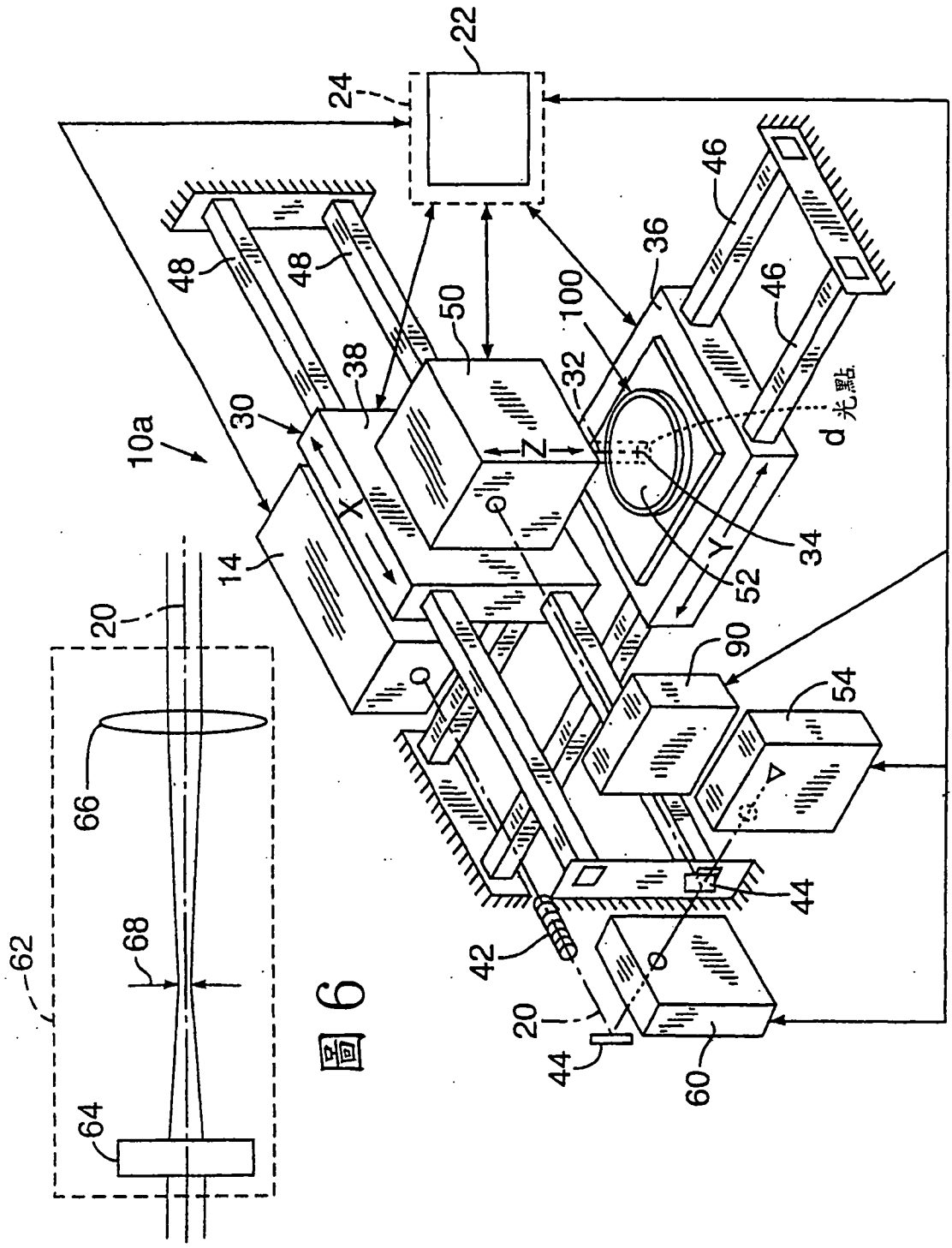


圖 6

圖 5

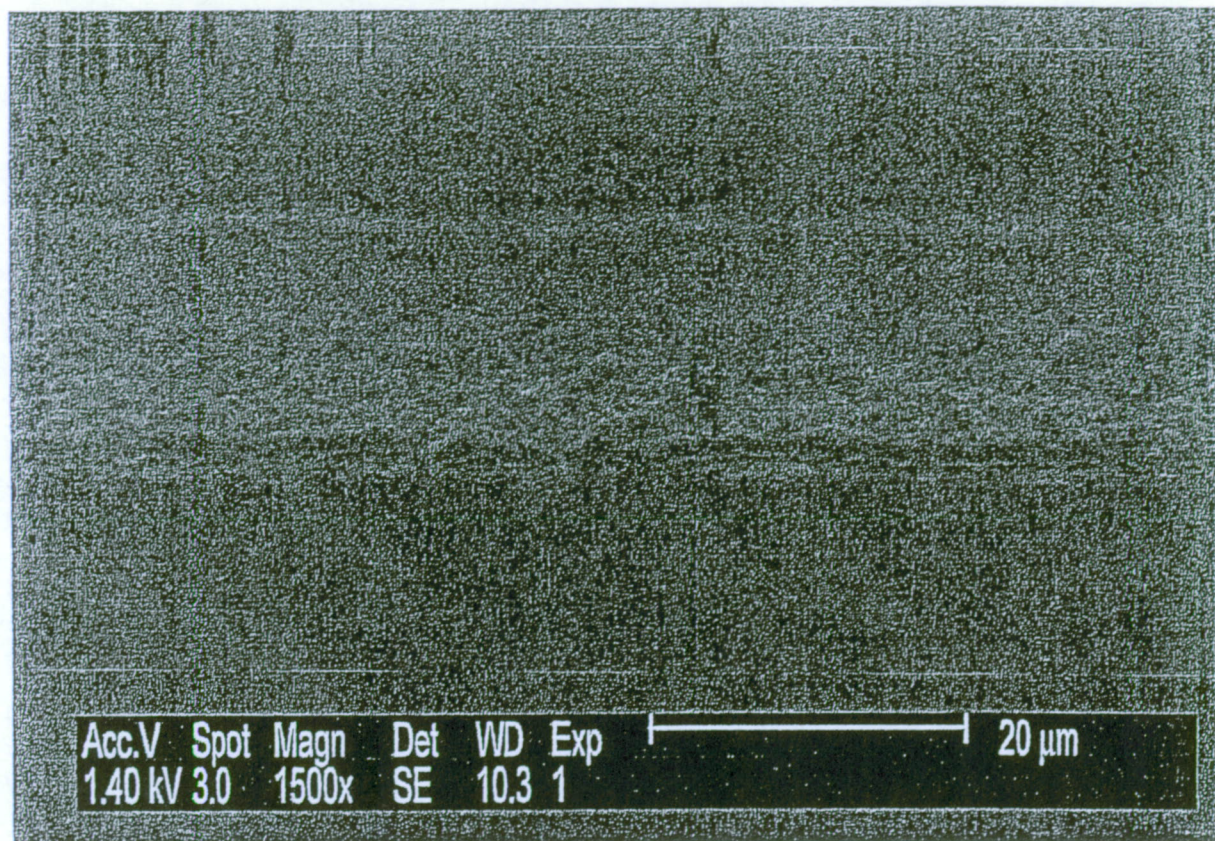


圖 7