



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I403375B1

(45)公告日：中華民國 102 (2013) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：097141767

(22)申請日：中華民國 97 (2008) 年 10 月 30 日

(51)Int. Cl. : **B23K26/06 (2006.01)****H01L21/324 (2006.01)****B23K101/40 (2006.01)**

(30)優先權：2007/11/05 美國

11/982,788

(71)申請人：烏翠泰克股份有限公司 (美國) ULTRATECH, INC. (US)

美國

(72)發明人：郝里拉克 安德列 M HAWRYLUK, ANDREW M. (US)

(74)代理人：惲軼群；陳文郎

(56)參考文獻：

TW 200518168A

US 6268586

US 6750423B2

US 7098155B2

US 2004/0188396A1

US 2007/0139645A1

審查人員：顏政雄

申請專利範圍項數：14 項 圖式數：12 共 0 頁

(54)名稱

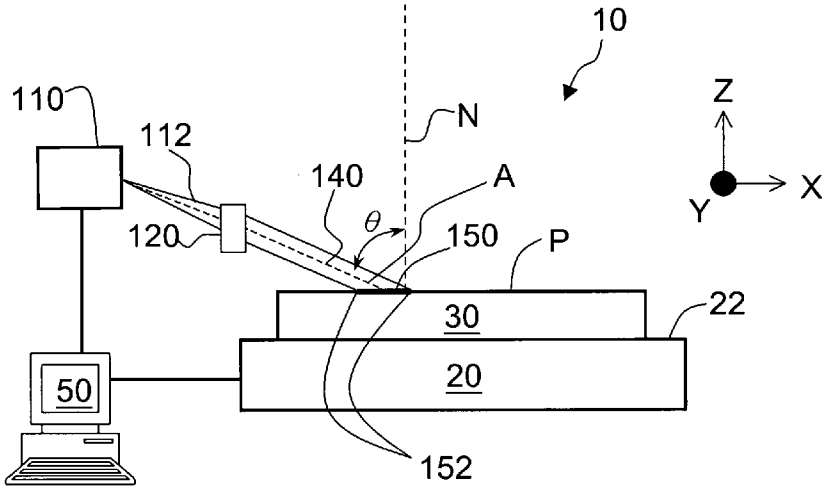
最小化表面反射性變化的技術

MINIMIZATION OF SURFACE REFLECTIVITY VARIATIONS

(57)摘要

提供數種裝置及方法用於加工一基板之一表面。該基板可具有對於有一選定波長及偏極性的輻射在方向及/或方位上會呈現不同反射性的表面圖樣。該裝置可包含輻射源用來放射有該選定波長及偏極性的光子束，該光子束係以經選定成在掃描期間可實質最小化基板表面反射性變化及/或最小化最大基板表面反射性的方位角及入射角導引至該表面。也提供數種用於選擇最佳方位及/或入射角以便加工一基板之一表面的方法及裝置。

Apparatuses and methods are provided for processing a surface of a substrate. The substrate may have a surface pattern that exhibits directionally and/or orientationally different reflectivities relative to radiation of a selected wavelength and polarization. The apparatus may include a radiation source that emits a photonic beam of the selected wavelength and polarization directed toward the surface at orientation angle and incidence angle selected to substantially minimize substrate surface reflectivity variations and/or minimize the maximum substrate surface reflectivity during scanning. Also provided are methods and apparatuses for selecting an optimal orientation and/or incidence angle for processing a surface of a substrate.



- 10 . . . 熱加工裝置
- 20 . . . 可移動基板平台
- 22 . . . 上表面
- 30 . . . 半導體基板
- 50 . . . 控制器
- 110 . . . 輻射源
- 112 . . . 輸入光束
- 120 . . . 繼電器
- 140 . . . 輸出光束
- 150 . . . 圖像
- 152 . . . 縱長邊界

第 1 圖

發明專利說明書

双面影印

公告本

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：97141767

※申請日：97.10.30

※IPC 分類：B23K 26/66 (2006.01)
H01L 21/324 (2006.01)
B23K 101/40 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

最小化表面反射性變化的技術

MINIMIZATION OF SURFACE REFLECTIVITY VARIATIONS

二、中文發明摘要：

提供數種裝置及方法用於加工一基板之一表面。該基板可具有對於有一選定波長及偏極性的輻射在方向及/或方位上會呈現不同反射性的表面圖樣。該裝置可包含輻射源用來放射有該選定波長及偏極性的光子束，該光子束係以經選定成在掃描期間可實質最小化基板表面反射性變化及/或最小化最大基板表面反射性的方位角及入射角導引至該表面。也提供數種用於選擇最佳方位及/或入射角以便加工一基板之一表面的方法及裝置。

三、英文發明摘要：

Apparatuses and methods are provided for processing a surface of a substrate. The substrate may have a surface pattern that exhibits directionally and/or orientationally different reflectivities relative to radiation of a selected wavelength and polarization. The apparatus may include a radiation source that emits a photonic beam of the selected wavelength and polarization directed toward the surface at orientation angle and incidence angle selected to substantially minimize substrate surface reflectivity variations and/or minimize the maximum substrate surface reflectivity during scanning. Also provided are methods and apparatuses for selecting an optimal orientation and/or incidence angle for processing a surface of a substrate.

四、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：

10…熱加工裝置

20…可移動基板平台

22…上表面

30…半導體基板

50…控制器

110…輻射源

112…輸入光束

120…繼電器

140…輸出光束

150…圖像

152…縱長邊界

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

發明領域

本發明大體關於數種用於使用光子束加工基板之表面的方法及裝置。更特別的是，本發明係關於數種可用以下

5 方式完成該加工的方法及裝置：考慮到及/或最小化基板表面對於光子束之反射性變化及/或最大表面反射性。

【先前技術】

發明背景

10 基於半導體之微型電子裝置(例如，處理器、記憶體及其他積體電路(IC))的製造皆需要熱處理。例如，藉由使矽晶圓基板的區域暴露於含有硼、磷或砷原子的加速摻雜物可形成電晶體的源極/汲極部份。在植入後，填入空隙的摻雜物呈電性失活且需要活化。可藉由把整個或部份基板加

15 熱到特定的加工溫度且持續一段足夠時間使得晶格可讓雜質原子加入結構來達成活化。

一般而言，最好以產生定義明確且有極高導電係數之淺摻雜區的方式來活化或退火半導體基板。完成此項可藉由快速加熱晶圓至半導體熔點附近的溫度以使摻雜物在取

20 代晶格結點(lattice site)併入，然後快速冷卻晶圓以“凍結”摻雜物於定位。快速加熱及冷卻會導致摻雜物原子濃度隨著植入製程所定義的深度急劇改變。

可經由閃光燈或雷射技術來實現活化。至於退火，基於雷射的技術常優於習知熱燈技術，因為與基於雷射之技

術有關的時間尺度遠比與習知熱燈有關的短。結果，基於雷射之退火處理的熱擴散在雜質原子擴散通過晶格結構方面所發揮的作用小於用習知熱燈(未極化閃光燈)加熱晶圓表面的習知快速熱退火(RTP)技術。

- 5 用來描述基於雷射之熱加工技術的示範術語包括：雷射熱加工(LTP)、雷射熱退火(LTA)、以及雷射尖峰退火(LSA)。在某些情況下，這些用語可互換。總之，這些技術通常涉及把雷射光束形成為長又薄的圖像，接著掃描待加熱表面，例如，半導體晶圓的上表面。例如，0.1毫米寬的
- 10 光束可以100毫米/秒的速度光柵掃描半導體晶圓表面以在加熱循環中產生1毫秒的停留時間。對於矽晶圓，加熱循環的典型最大溫度大約為1350°C。在使晶圓表面可達最大溫度所需要的停留時間內，只有在表面區域下約100至約200微米的層才受熱。結果，毫米厚的晶圓大部份在雷射光束
- 15 通過後幾乎立即地可用來冷卻表面。在頒給Talwar等人的美國專利第6,747,245號與美國專利申請案公開案第20040188396號、第20040173585號、第20050067384號及第20050103998號中可獲得與基於雷射之加工裝置及方法有關的其他資訊。

- 20 LTP可使用源於許多來源中之任一的脈衝或者連續輻射。例如，習知LTP可使用連續高功率的二氧化碳雷射光束，其係光柵掃描晶圓表面使得所有表面區域暴露於至少一回加熱光束。同樣，形式為雷射二極體的連續輻射源可與連續掃描系統結合使用。

一般而言，雷射光束圖像在可用部份的照明均勻度(巨觀及微觀均勻度)為高度合意的特質。這可確保基板的對應加熱也對應地均勻。同樣，雷射所輸送的能量(例如，脈衝輻射應用的脈衝能量與連續輻射應用的雷射光束功率)在時間上應大體穩定，以致可依次將所有的曝光區域加熱到均勻的溫度。簡言之，照明均勻度及穩定度大體為適合用於半導體退火應用之任何雷射的合意特徵。

在許多雷射熱加工技術中，有適當偏極性之光子束(p極化光)的形狀係經製作成可在矽晶圓表面的一部份上形成圖像。在此類技術中，該圖像大體呈長形且實質掃描整個晶圓表面。由於均勻的晶圓表面(例如，裸晶圓或無圖樣晶圓)有均勻的光吸收性能，均勻的表面會均勻地吸收源於有適當偏極性之光束以及在表面之布魯斯特角(Brewster's angle)或附近(例如，約 75° 入射角)的大部份能量。結果，可相當直覺地藉由僅僅選擇適當的掃描路徑及速率來修整光束以將均勻的基板表面加熱到均勻的尖峰溫度。

然而，有不均勻表面的晶圓(例如，加工過或帶有圖樣的晶圓)為特別困難的挑戰。晶圓表面上諸如元件及傳導通路之類的零件可能妨礙均勻的光吸收。例如，矽晶圓上的元件常由矽以外的材料形成。不同的材料會有不同的布魯斯特角。即使在晶圓表面上沉積實質相同的材料，形成於被沉積材料與原始材料之間的介面可能散射光或改變光的反射性。因此，不管是用閃光燈技術還是雷射技術，反射率差異(reflectivity difference)可能導致能量源以不同的方

式加熱不同部份的不均勻晶圓表面。

已發現，取決於光束打到表面的入射角、晶圓表面相對於光束的方位、及/或光束相對於表面的偏極性，有些帶圖樣晶圓表面會有不同的反射性。此一發現的重要意涵之

5 一是藉由控制光束相對於晶圓表面的方向性及偏極性可實現均勻的加熱。另一意涵是可建立能說明及利用此等反射率差異來改善雷射熱加工晶圓表面之均勻度的裝置。

因此，對於半導體退火應用，顯然本技藝有機會改善熱處理以及克服與習知技術有關的缺點。

10 **【發明內容】**

發明概要

在第一方面中，本發明提供一種用於加工一基板之一表面的裝置，該表面具有一表面法線與一表面圖樣。該裝置例如可包含一輻射源、一平台、一繼電器、一對準系統、

15 以及一控制器。該輻射源發射一光子束。該平台支承以及使該基板與該光束相對移動。該繼電器由該輻射源導引該光子束以相對於該表面法線的一入射角至該基板。該對準系統將該基板定位在該平台上以便將該圖樣部署成相對於該光束有一方位角。該控制器可操作地耦合至該輻射源、

20 繼電器、對準系統及/或平台，以及提供該平台與該光束的相對掃描運動。該控制器保持該方位角及入射角於經選定成在掃描期間可實質最小化基板表面反射性變化及/或最小化最大基板表面反射性的數值。

例如，二氧化碳雷射可用來對基板表面發射一p極化光

束。相對於該基板表面，可固定該方位角。視需要，可調整該入射角。當該基板表面有一布魯斯特角時，該入射角數值可大約在該布魯斯特角的正負10度內。當基板材料改變時，基板的布魯斯特角也會跟著改變。例如，矽基板的布魯斯特角大約為 75° 。對於此類基板，相對於表面法線的入射角數值是在約 65° 至約 85° 的範圍內。

在另一方面，本發明提供一種用於加工如上述基板之表面的方法。該方法包含下列步驟：產生一光子束；以相對於該表面法線有一入射角以及相對於該表面圖樣有一方位角的方式，導引該光束至該基板表面；以及，以該光束掃描該基板。該光束通常為p極化，以及相對於該光束的偏極性，該方位角呈固定。此外，該入射角可不垂直於該表面但對於該表面法線可調整。總之，該光束可掃描該基板同時保持該方位角及入射角於經選定或在掃描期間可實質最小化基板表面反射性變化及/或最小化最大基板表面反射性的數值。

該光束係以一方式掃描藉此在掃描後實質加熱整個基板表面至一均勻的尖峰溫度。取決於該基板，該尖峰溫度的要求可不同。例如，儘管該尖峰溫度可大於用於退火矽基材料的約 1300°C ，然而對於鍍含量相對高的基板，該尖峰溫度可低到 1200°C 。總之，可以一種方式掃描該光束以便在掃描後，整個基板表面會被實質加熱至均勻的尖峰溫度且持續一段不超過約1毫秒的時間。

在又一方面，本發明提供一種用於加工一基板之一表

面的裝置，例如，具有對於有一選定波長及偏極性的輻射在方向及/或方位上會呈現不同反射性之表面圖樣的基板。該裝置包含一輻射源、一繼電器、一平台、以及一控制器。該輻射源發射有該選定波長及偏極性的光子束。該繼電器由該輻射源導引該光子束以相對於該基板表面法線的一入射角至該基板。該平台以相對於該光束有一方位角的方式支承該基板。該控制器可操作地耦合至該輻射源、繼電器、及/或平台。在操作時，該控制器提供該平台與該光束的相對掃描運動同時保持該方位角及入射角於經選定成在掃描期間可實質最小化基板表面反射性變化及/或最大基板表面反射性的數值。

該輻射源可配合該基板。例如，該輻射源可發射有一波長及偏極性的一光子束，該波長及偏極性係經選定成可大體最小化該基板及圖樣類型的反射性及/或反射性變化。在某些情況下，該基板可包含半導體材料或基本上由半導體材料組成，例如矽、鍺及彼等之合金。特別是，導引該光束至其上的基板表面可包含諸如矽之類的半導體，例如，絕緣體上矽。此外，該表面圖樣可包含諸如金屬之類的導電材料，例如銅、金、銀、鋁、等等。

該表面圖樣可由在基板上容易定向至一特定方向的多個導電結構形成。例如，該等結構各有長度與寬度，長度係定義縱軸，以及將該等結構對齊成彼等的縱軸是彼此平行。在此情況下，該等結構有沿著縱軸的主方向(dominant orientation direction)。此外，該等結構的寬度可與主方向正

交。在此情況下，該等寬度可遠小於該光束波長。例如，寬度可僅僅大於該波長的約1%至約5%。

在另一方面，提供一種用於加工如上述基板之表面的方法，其係使用有一波長及偏極性的光子束，該波長及偏極性係經選定成可大體最小化該基板類型的反射性及/或反射性變化。可以該基板表面反射性變化不超過約10%至約20%的方式來完成該方法。

在又一方面，提供數種方法及裝置用於選擇一最佳方位及/或入射角以使用有一選定波長及偏極性的一光子束來加工大體如上述之基板的表面。以一入射角導引該光束至該基板表面以及掃描該基板表面。藉由測量該基板所反射的輻射同時使該基板繞著它的表面法線旋轉及/或改變該入射角，可測定對應至基板表面反射性變化之最小值及/或全部或尖峰基板表面反射性之最小值的最佳方位及/或入射角。

由包含於本文的揭示內容可明白本發明的其他具體實施例。

圖式簡單說明

第1圖示意圖示本發明熱加工裝置之一簡化示範具體實施例。

第2圖的曲線圖係圖示裸矽晶圓表面與帶圖樣晶圓表面對於p極化輻射光束在一入射角範圍內的反射性。

第3圖圖示有低反射性非金屬電晶體結構(閘極)的示範性帶圖樣矽晶圓。

第4圖圖示有高反射性金屬閘極結構的示範性帶圖樣矽晶圓。

第5圖係圖示電流如何因應光束的電場而在第4圖結構之金屬層內流動。

5 第6圖的曲線圖係圖示：在對於有特定波長之輻射的電流感應有差異下，較長電線如何具有比較短電線還高的反射性。

第7A圖與第7B圖以及第7圖圖示表面上有多個形狀不同之結構的晶圓，該表面係照射入射輻射的光束。第7A圖
10 為晶圓的上視圖。第7B圖為沿著點線A繪出的晶圓橫截面圖。

第8圖圖示與第4圖所示類似的示範性帶圖樣矽晶圓，其中該結構係經定向成能與光束的電場垂直。

第9圖係圖示在一入射角範圍內有金屬結構之矽表面
15 在兩個不同方位的估計反射率曲線與裸矽表面的反射性曲線。

第10圖的實驗設置係圖示多個長形表面結構如何造成表面對於p極化輻射光束在方向及/或方位上會有不同的反射性。

20 第11圖係基於實驗結果繪出晶圓的反射率-概率密度曲線圖。

該等附圖係旨在圖解說明本技藝一般技術人員都能了解及適當地完成的本發明之各種方面。該等附圖並未按比例繪製，且為了強調及/或圖示清楚而誇大圖中的一些特

徵。

【實施方式】

較佳實施例之詳細說明

定義與概貌

5 在詳述本發明之前，除非另有說明，應瞭解不受限於特定的基板、雷射或材料，這些都可改變。應瞭解，本文所用的術語目的只是用來描述特定具體實施例，而不是用來限定。

● 請注意，如本專利說明書及隨附申請專利範圍，“一”
10 與“該”的單數形式係包含單數及複數個事物，除非上下文以其他方式清楚表示。因此，例如，用語“一光束”包含多個光束與單一光束，用語“一波長”包含多個波長或在一範圍內的波長以及單一波長，諸如此類。

15 在說明及陳述本發明中，會根據以下的定義來使用下列術語。

● 術語“布魯斯特的角度”或“布魯斯特角”係指輻射光束
 與表面的入射角，而此入射角對應至光束之P極化分量的最小或近似最小反射率。物件(例如，矽晶圓)表面上的薄膜可防止任一角度有零反射率。P極化輻射通常有最小反射率的角度。因此，如本文所用的，由堆疊於基板上之各種不同
20 薄膜形成的反射面(specular surface)之布魯斯特角可視為具有有效布魯斯特角，它是在P極化輻射之反射率呈最小時的入射角。此最小角度通常與基板材料的布魯斯特角重合或近似。

關於圖像或光束的術語“強度分布”係指積分輻射強度在一或更多維度上的分布。例如，圖像可具有有用部份與無用部份。圖像的有用部份在某一部份長度上通常有“均勻”或不變的積分強度分布。換言之，在掃描方向沿著圖像有用部份累積的強度分布實質不變。因此，基板表面區域上用具有均勻強度分布之圖像有用部份掃描的任何一點都會被加熱到相同的溫度。不過，無用部份的強度或強度分布則不同於有用部份的。因此，該圖像在整體上可具有整體“不均勻”的強度分布，即使有用部份本身有均勻的強度分布。

與上述有關的是，圖像(影像)或光束的術語“尖峰強度值”係指沿著光束長度在光束寬度上有最高積分強度的一點。通常，圖像的整個有用部份會有與尖峰積分強度極為近似的積分強度。

另一與上述有關的是，如用於“圖像的能量利用率”的術語“能量利用率”係指相對於圖像的光束總能量，與圖像中可用於產生想要效果之部份有關的能量比例。例如，在退火應用中，圖像的“有用部份”為光束中只在約1或2%最大或尖峰光束強度範圍內的部份。在此情況下，“有用部份”有“實質均勻的”強度。圖像輪廓形狀的微幅修改可大幅改變“能量利用率”。

術語“半導體”用來指稱導電係數大於絕緣體且小於良導體以及可用作電腦晶片及其他電子裝置之基材的各種固體物質中之任一。半導體包含諸如矽、鍺及化合物(例如，

碳化矽、磷化鋁、砷化鎵、以及銻化銦(indium antimonide))
之類的元素。除非另有說明，術語“半導體”包含元素半導體
與化合物半導體中之任一或組合，以及帶應變半導體，
例如有拉伸或壓縮的半導體。適合用於本發明的示範間接
5 帶隙半導體包含矽、鍺、及碳化矽。適合用於本發明的直
接帶隙半導體包含例如，砷化鎵、氮化鎵及磷化銦。

術語“實質”與“實質地”是以普通的意思來用且指稱有
相當大之重要性、價值、程度、數量、範圍或其類似者的
事物。例如，“呈實質高斯狀”一語係指主要與高斯曲線對
10 應的形狀。不過，“實質高斯”形狀也可具有非高斯曲線的一
些特徵，例如，該曲線也可包含非高斯分量。

同樣，“實質均勻的”強度分布會包含強度中偏離分布
之尖峰強度不到幾個百分點的相對平坦部份。該強度偏差
小於約5%為較佳。該強度偏差不大於約1%或不大於約0.8%
15 為最佳。術語“實質地”的其他用法包含類似的定義。

如本文所用的術語“基板”係指任何有一表面要予以加
工的材料。可以多種形式中之任一來構成該基板，例如，
含有晶片陣列的半導體晶圓、等等。

如上述，本發明大體提供用於使用光子束來熱加工基
20 板表面的裝置及方法，其係最小化基板表面上之結構的反
射性，以及促進表面反射性均勻度。該等裝置及方法通常
包含以解釋及/或控制光子束與基板表面之方位及/或方向
關係的方式進行的熱加工技術。在掃描期間，可以實質最
小化基板表面反射性變化及/或最小化最大基板表面反射

性的方式進行本發明。也提供用於選擇最佳基板方位及/或光束入射角的裝置及方法供以具有選定波長及偏極性的光子束來加工基板(例如，一群基板中之一個)的表面。該基板表面係取決於本身與光束的方位或方向關係而有不同的反射性。反射性的變化可與基板表面上的圖樣相關。

基於雷射的示範熱加工技術

一般而言，本發明可用來形成用於實行半導體快速熱加工的裝置。例如，第1圖的示意圖係根據本發明圖示熱加工裝置10之一簡化示範具體實施例，其係可用來退火及/或以其他方式熱處理一基板中之一或更多選定表面區域。LTP系統10包含有上表面22的可移動基板平台20，該上表面22係支承有上表面P(表面法線為N)的半導體基板30。基板平台20可操作地耦合至控制器50。基板平台20係經設計成在控制器50的操作下可在X-Y平面中與由輻射源110之輻射產生的圖像相對移動以便可掃描基板。平台20也可控制地使基板30繞著與X-Y平面正交的Z軸旋轉。結果，平台20能可控制地固定或改變基板30在X-Y平面的方位。

在某些情況下，該平台可包含可實現不同功能的不同組件。例如，可裝設一對準系統用來使平台上的基板對於表面法線有一可變方位角。在此情況下，該平台獨立控制基板的移動同時以對準系統控制基板方位。

輻射源110可操作地耦合至控制器50，而繼電器120用來中繼輻射源所產生的輻射至基板以在其表面上形成圖像。在一示範具體實施例中，輻射源110為二氧化碳雷射，

其係放射波長 λ_H 約10.6微米(加熱波長)、形式為光束112的
輻射。不過，適用於本發明的輻射也可包含LED或雷射二
極體輻射，例如，波長約0.8微米的輻射。視需要，可使用
多個輻射源。如圖示，雷射110產生會被繼電器120收到的
5 輸入光束112，該繼電器120係經設計成可將輸入光束轉變
成可在基板上形成圖像的輸出光束。

視需要，操縱光束的強度分布使得圖像強度在尖峰強
度附近的部份變均勻以便均勻地加熱以及有高能量利用
率。例如，繼電器120可將輸入光束112轉換成輸出光束
10 140。可以一方式將該繼電器構造成可提供想要的相干光束
整形(coherent beam shaping)使得輸出光束的強度分布有均
勻的實質部份。簡言之，結合繼電器120與輻射源110可穩
定化輸出光束的方向性、強度分布及相位分布以產生一致
可靠的雷射退火系統。

15 光束140係沿著光學軸A行進，它與基板表面法線N有
一角度 θ 。一般而言，雷射光束最好不要以法線入射顯像於
基板上，因為回到雷射空腔的任何反射光都可能造成不穩
定。以除法線入射以外的入射角 θ 提供光學軸A的另一理由
是，藉由合宜地選擇入射角與極化方向(例如，使入射角等
20 於基板的布魯斯特角以及使用p極化輻射)來使光束140與
基板30有效地耦合為最佳。總之，可將該平台設計成可使
基板掃描通過光束位置同時保留或改變入射角。同樣，可
將該平台設計成可控制、固定或改變基板相對於光束的方
位角。下文會說明入射角及/或方位角的選擇。

光束140在基板表面P形成圖像150。在一示範具體實施例中，圖像150為一長形圖像(例如，行式圖像)，其係具有以152表示縱長邊界且位在包含入射光束軸線及表面法線的平面內。因此，在此平面中可測量光束(θ)相對於基板表面的入射角。

該控制器可程式化以提供平台與光束的相對運動。結果，該圖像可掃描基板表面以加熱至少一部份的基板表面。可以一方式來進行該掃描以在預定的停留時間D內有效實現想要的溫度。通常掃描可沿著與圖像縱軸正交的方向進行，然而這不是嚴格的要求。也可實行非正交及非平行式的掃描。也可內含一構件以提供達成最大溫度之均勻度的回饋。本發明可使用各種溫度測量構件及方法。例如，檢測器陣列可用來取得表面上之放射輻射分布的快照，或多個快照可用來導出在光束圖像長度之位置與最大溫度的對映圖。視需要，也可使用用於測量光束在基板上之強度分布的構件。

使用可用空間解析度(比得上熱擴散距離為較佳)與時間常數(小於或比得上掃描光束的停留時間為較佳)來感測最大溫度的即時溫度測量系統為最佳。例如，溫度測量系統可用來對均勻散布於20毫米長行式圖樣的256個點每秒做20,000次的放射輻射取樣。在某些情況下，可以每秒100、1000、10,000、50,000行的掃描速率來做8、16、32、64、128、256、512、或更多次不同的溫度測量。在美國專利申請案公開號：2006/0255017(標題為“用於反射面之遠端

溫度測量的方法及裝置”，於2006年11月16日公開)中有描述示範的溫度測量系統。該等溫度測量系統可用來提供輸入給控制器以便能藉由調整輻射源、繼電器或掃描速度來完成適當的修正。

5 吸收(或反射)差異

為了闡明本發明的新穎與非顯而易見方面，下文說明基板表面相對於光子束之吸收/反射特性的理論及實務方面。特別是，說明著重於帶圖樣半導體晶圓表面相對於p極化雷射光束的吸收/反射特性與方向及/或方位的關係，尤其是，帶圖樣的類金屬結構(metallic-like structure)。

如上述，已發現，取決於光束打到表面的入射角、晶圓表面相對於光束的方位、及/或光束相對於表面的偏極性，有些帶圖樣晶圓表面會有不同的反射性。也已發現，對於給定範圍的入射角、方位角及光束偏極性，這些帶圖樣晶圓表面的反射性會與無圖樣晶圓表面的不同。例如，第2圖的曲線圖係圖示(1)裸(無圖樣)矽晶圓表面(實線)與(2)金屬表面(虛線)對於二氧化碳雷射之p極化輻射光束在一入射角範圍內的反射性。目視檢查該等反射性，可以看出裸矽表面的布魯斯特角約為 75° ，而金屬表面的布魯斯特角比較接近約 87° 。也清楚可見金屬表面的最小反射率高於裸晶圓的最小反射率。也清楚可見對於大部份的入射角，金屬表面的反射率高於裸晶圓表面。

此類反射性差別可用與帶圖樣晶圓表面有關的結構來解釋。第3圖圖示用於半導體元件之一假設類閘極結構，其

中該閘極大部份由半導體與光學性質與塊矽相似的介電物質組成。帶圖樣矽晶圓30可含有大量的電晶體結構，例如包含二氧化矽層202、矽層204及氮化矽層206的閘極200。此類結構多少為現代半導體工業的典型元件，不過本發明

5 不受限於半導體工業內的應用。在某些熱加工技術期間，可引導雷射光束140至此一結構。由於類閘極區中之結構的光學性質(吸收與反射)與塊矽的相似，因此彼等的吸收及反射特性也類似，以及在該等結構上有可能實現相對均勻的溫度。

10 偏離均勻光束能量吸收會產生溫度均勻度的偏差。當表面結構的材料與圖示於第3圖的顯著不同時，常常會出現吸收偏差。第4圖圖示在記憶體結構或先進邏輯(“高介電常數金屬閘極”)結構中可發現的假設金屬閘極結構。閘極300包含高介電常數材料層302、矽層304、金屬層306及氮化矽

15 層308。可使用其他的層及材料。附加層可增減。當p極化光束140打到閘極300時，會在金屬內產生表面電流。給定適當的光束波長，如第5圖所示，因應光束的電場，電流可在金屬層內流動。自然，電流的流動方向會與光束的偏極性一致(如雙箭頭I所示)。該層對於光束的反射率大體隨著

20 電流流量而成比例改變。

為了圖解說明，晶圓表面結構內的金屬或其他導電材料可視為有“天線長度”的線形偶極天線。第6圖以一般標尺繪製表示源於p極化入射光束之極化電場振幅的正弦波與暴露於光束的長、短電線。較長的電線有大約半個正弦波

的天線長度。此電線在位置A有大感應正電壓，但是在位置B有幾乎為零的電壓。大電壓差會在電線中產生最終反映該電場的交流電(以兩端為箭頭的直線圖示)。相反地，在短線兩端的感應電壓差由於天線長度較短而小得多。因此，短線的感應電流與反射性都比長線的低。

應注意，只存在反射電能意謂至少有些入射能量在此區域不會被吸收。因此，可得出以下結論：有類金屬結構之區域所吸收的能量會小於沒有(或較少)類金屬結構的區域。吸收能量有此差異會在晶圓上直接導致溫度不均勻。

由於金屬結構通常只覆蓋一部份的基板表面，因此有些晶圓表面區域(例如，高介電區)可能有極小的反射率而其他的區域(例如，高度導電金屬區)有很大的反射率。區域對光束有反射率差異會導致局部光束能量吸收差異變大。結果，大差異可能導致基板的表面溫度。

裝置、加工設計及具體實作

由上述顯而易見，晶圓表面上之結構的形狀及彼等相對於輻射偏極性的方位角對於該等結構之反射性的影響很大。如第7圖所示，晶圓30在上表面P上可具有多個形狀不同的結構(以300A、300B表示)。如第7A圖所示，結構300A為直徑等於D的圓形，而結構300B為寬度等於D、長度等於100D的矩形。如第7B圖所示，結構300A與300B均與圖示於第4圖的結構300類似。

此外，如第7A圖所示，提供兩個p極化輻射源100A、100B用來以分別與軸線X、Y平行的方向照明晶圓表面。當

光源100A的p極化輻射打到結構300A與300B時，這兩個結構有相同的有效天線長度D。相反地，當光源100B的p極化輻射打到結構300A與300B時，結構300B的有效天線長度大約為結構300A之有效天線長度的100倍。本技藝一般技術人員明白，就此實施例而言，結構300A的天線長度大體與相對於照明輻射的方位角無關，而結構300B的天線長度隨著結構的方位角改變而可在D至100D之間改變。

因此，有可能減少或實質排除晶圓上不同區域相對於p極化輻射之光束的反射率差異。例如，有可能藉由適當地選擇金屬結構的方位(相對於入射電場)與入射角來減少反射率(及吸收率)的差異。如第8圖所示，例如，這可藉由旋轉具有與第4圖所示類似之結構的基板使得金屬結構的方位是長軸與入射電場的極化向量垂直來完成。亦即，結構的長度均與入射雷射光束的極化平面實質垂直。此一配置可有效減少結構對於入射輻射的反射性，只有天線長度實質比輻射波長短。

第9圖係圖示在一入射角範圍內有金屬結構之表面在兩個不同方位的估計反射率曲線以及塊矽的反射率曲線。該等曲線係假定p極化入射輻射。結構相對於有電場向量是在金屬結構之長維度平面中之輻射的反射率遠高於結構相對於有電場向量是與長維度垂直之輻射的反射率。

特別是，入射角為 75° 時，矽與金屬結構的反射率差異在一方位可大於50%，而反射率差異在適當的方位可小於10%。也值得一提的是，當入射角大於約 75° (例如，約 82°)

或更大)時，兩個區域的反射率有可能完全匹配。

第10圖圖示用於證實多個長形表面結構如何致使表面相對於p極化輻射之光束的反射率在方向及/或方位上不一樣的實驗設置。用於金屬結構的實驗設置與用於金屬-閘極
5 DRAM結構的類似。該等金屬結構係由矽晶圓表面上約50奈米厚的金屬層形成。在該金屬層上沉積約100奈米厚的多晶矽層。該等金屬結構各個大約100奈米寬、1000奈米長，重覆距離約為300奈米。

該實驗設置係用來以不同的方位及入射角測量表面的
10 反射率。在一方位中，測得超過35%的反射率差異。在另一方位中，測得小於10%的反射率差異。第11圖的晶圓之反射率-概率密度曲線圖表明藉由增加入射角至82°可進一步減少晶圓的反射率差異。

因此，該實驗大體顯示有可能使帶圖樣晶圓中之矽區
15 與金屬結構的反射率相等以使不同結構的加熱量相等。該等化可包含以適當的入射角導引有適當偏極性的光子束至有適當方位的晶圓。照明源通常有比最小結構維度長很多的波長。例如，波長與最小結構維度的比例可大於100:1。在某些情況下，實現該等化所需要的入射角可大於基板的
20 布魯斯特角以匹配兩個區域之間的反射性。

因此，本發明也包含用於選擇最佳方位及/或入射角的方法及裝置以使用如上述之光子束來加工如上述之基板的表面。該等方法及裝置包含以一入射角導引光子束至基板表面，用光子束掃描基板表面，以及測量基板所反射的輻

射作為結果。在光束照明基板時，藉由使基板繞著法線旋轉及/或改變入射角，可發現對應至基板表面反射性變化之最小值及/或最大基板表面反射性的最佳方位及/或入射角。

為了確保光束對於表面沒有不利影響，該等選擇方法
5 及裝置通常使用比加工表面所需還小的光束功率位準。在找到最佳方位及/或入射角後，可將該(等)角度編程至用於加工基板表面的裝置內。然後，可以加工基板表面所要求的光束功率位準來使用此一裝置。該裝置也可用來加工有相同或類似表面圖樣及/或反射性的相同或類似基板。

10 本發明的變體

對本技藝一般技術人員而言，顯然可以不同的形式來具體實作本發明。例如，高功率二氧化碳雷射(例如，有至少250瓦特、1000瓦特或3500瓦特或更高功率者)可用來產生圖像，接著使它掃描通過基板的表面以實現基板表面的
15 快速熱加工，例如，熔化或非熔化加工。像這樣的功率位準可以1毫秒以上的停留時間來提供約30焦耳/平方公分或更多的曝光能劑量。較長的停留時間需要較高的能量。二氧化碳雷射的波長 λ 是在紅外線區的10.6微米，其係大於晶圓特徵的典型尺寸，因此，在光束掃描帶圖樣矽晶圓時，
20 可被均勻地吸收，結果會使晶圓上的每一點升高到極其近似的同一最大溫度。

本技藝一般技術人員會明白本發明的其他變體。例如，在例行實驗後，熟諳此藝者會發現本發明可併入現有設備。本技藝習知的輔助子系統可用來穩定化雷射光束相

對於繼電器的位置與寬度。本技藝一般技術人員明白，必須小心處理與使用強力雷射來實施本發明有關的某些操作問題以實現本發明的完整效益。

應瞭解，儘管已用較佳的特定具體實施例來描述本發明，然而以上說明旨在圖解說明而非限定本發明的範疇。本發明可酌情包含或排除描述於本文的任一方面。例如，可使用光束組合技術與光束整形技術本身或兩者的組合。熟諳此藝者會明白在本發明範疇內的其他方面、優點及修改均屬於本發明。

10 在本文中提及的所有專利及專利申請案係以與上述揭示內容一致的方式全部併入本文作為參考資料。

【圖式簡單說明】

第1圖示意圖示本發明熱加工裝置之一簡化示範具體實施例。

15 第2圖的曲線圖係圖示裸矽晶圓表面與帶圖樣晶圓表面對於p極化輻射光束在一入射角範圍內的反射性。

第3圖圖示有低反射性非金屬電晶體結構(閘極)的示範性帶圖樣矽晶圓。

第4圖圖示有高反射性金屬閘極結構的示範性帶圖樣
20 矽晶圓。

第5圖係圖示電流如何因應光束的電場而在第4圖結構之金屬層內流動。

第6圖的曲線圖係圖示：在對於有特定波長之輻射的電流感應有差異下，較長電線如何具有比較短電線還高的反

射性。

第7A圖與第7B圖以及第7圖圖示表面上有多個形狀不同之結構的晶圓，該表面係照射入射輻射的光束。第7A圖為晶圓的上視圖。第7B圖為沿著點線A繪出的晶圓橫截面圖。

第8圖圖示與第4圖所示類似的示範性帶圖樣矽晶圓，其中該結構係經定向成能與光束的電場垂直。

第9圖係圖示在一入射角範圍內有金屬結構之矽表面在兩個不同方位的估計反射率曲線與裸矽表面的反射性曲線。

第10圖的實驗設置係圖示多個長形表面結構如何造成表面對於p極化輻射光束在方向及/或方位上會有不同的反射性。

第11圖係基於實驗結果繪出晶圓的反射率-概率密度曲線圖。

【主要元件符號說明】

10…熱加工裝置	120…繼電器
20…可移動基板平台	140…輸出光束
22…上表面	150…圖像
30…半導體基板	152…縱長邊界
50…控制器	200…閘極
100A,100B…p極化輻射源	202…二氧化矽層
110…輻射源	204…矽層
112…輸入光束	206…氮化矽層

102年3月29日修(更)正替換頁

双面影印

300...閘極

306...金屬層

300A,300B...結構

308...氮化矽層

302...高介電常數材料層

P...上表面

304...矽層

N...表面法線

七、申請專利範圍：

1. 一種用於加工一基板之一表面的方法，該基板具有一表面法線與一表面圖樣，該表面圖樣包括一具有一長軸及一寬軸之金屬結構，其中該長軸的長度係等於或大於該寬軸的長度，該方法包含下列步驟：

a. 產生一極化光子束，該極化光子束具有一長於該基板上之該金屬結構之寬軸的長度之波長；

b. 導引該光子束以相對於該表面法線之一入射角朝向該基板表面，而該金屬結構係以一方位角設置，使得該光束被導引至該寬軸且該光束之極化面與該金屬結構之長軸實質上垂直；以及

c. 以該光束掃描過該基板同時保持該方位角及入射角於經選定的數值，以在在掃描期間可實質上最小化基板表面反射性變化或最小化該基板表面反射性。

2. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該基板表面係呈一布魯斯特角，以及所選定的入射角數值係經選定在該布魯斯特角的正負10度內。

3. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該光束係以一方式掃描，使得整個基板表面被實質加熱至一均勻的尖峰溫度。

4. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該表面圖樣包括多數經對準的金屬結構。

5. 如申請專利範圍第3項之方法，其中該尖峰溫度大於900℃。

6. 如申請專利範圍第3項之方法，其中該光束以一方式掃描使得整個基板表面被實質加熱至該均勻尖峰溫度的持續時間不超過1毫秒。
7. 一種用於加工一基板之一表面的方法，其中該基板有一表面法線與一表面圖樣，該表面圖樣包括一具有一第一軸及一第二軸之金屬結構，其中該第一軸的長度係等於或大於該第二軸的長度，而該表面圖樣相對於有一選定波長及偏極性的輻射在方向及/或方位上會呈現不同的反射性，該方法包含下列步驟：
- a. 產生有該選定波長及偏極性的一光子束，其中該波長係長於該基板上之該金屬結構之第二軸的長度；
 - b. 導引該光子束朝向該基板；以及
 - c. 提供支承該基板於其上之該平台與該光子束之間的相對掃描運動，同時保持該基板相對於該光子束有一方位角數值、以及該光子束相對於該基板表面法線有一入射角數值，使得在掃描期間該光子束被導引至該第二軸且該極化面與該金屬結構之第一軸實質上垂直，以在掃描期間實質上最小化基板表面反射性變化及/或最小化該基板表面反射性。
8. 如申請專利範圍第7項之方法，其中係以該基板表面反射性變化不超過10%的方式來完成步驟c。
9. 如申請專利範圍第7項之方法，其中係以最大基板表面反射性不超過20%的方式來完成步驟c。
10. 一種用於選擇一最佳方位角及一最佳入射角之至少一

者以使用有一選定波長及偏極性的一光子束來加工一
基板之一表面的方法，其中該表面有一表面法線與一表
面圖樣，該表面圖樣相對於有該選定波長及偏極性的輻
射在方向或方位上會呈現不同的反射性，該方法包含下
列步驟：

- a. 以一入射角導引該光子束朝向該基板表面；
- b. 用該光子束相對該基板表面掃描；
- c. 在步驟b期間，測量該基板所反射的輻射；
- d. 重覆步驟a至c，同時使該基板繞著該法線旋轉或
改變該入射角以找到對應至基板表面反射性變化之最
小值或最小化該基板表面反射性的該最佳方位角及該
最佳入射角之至少一者；及
- e. 以加工該表面所需的一光束功率位準來操作該
裝置。

11. 一種用於選擇一最佳方位角及一最佳入射角之至少一
者以使用有一選定波長及偏極性的一光子束來加工一
基板之一表面的方法，其中該表面有一表面法線與一
表面圖樣，該表面圖樣相對於有該選定波長及偏極性
的輻射在方向或方位上會呈現不同的反射性，該方法
包含下列步驟：

- a. 以一入射角導引該光子束朝向該基板表面；
- b. 用該光子束相對該基板表面掃描；
- c. 在步驟b期間，測量該基板所反射的輻射；
- d. 重覆步驟a至c，同時使該基板繞著該法線旋轉或

改變該入射角以找到對應至基板表面反射性變化之最小值或最小化該基板表面反射性的該最佳方位角及該最佳入射角之至少一者；及

e. 以加工另一基板之一表面所需的一光束功率位準來操作該裝置。

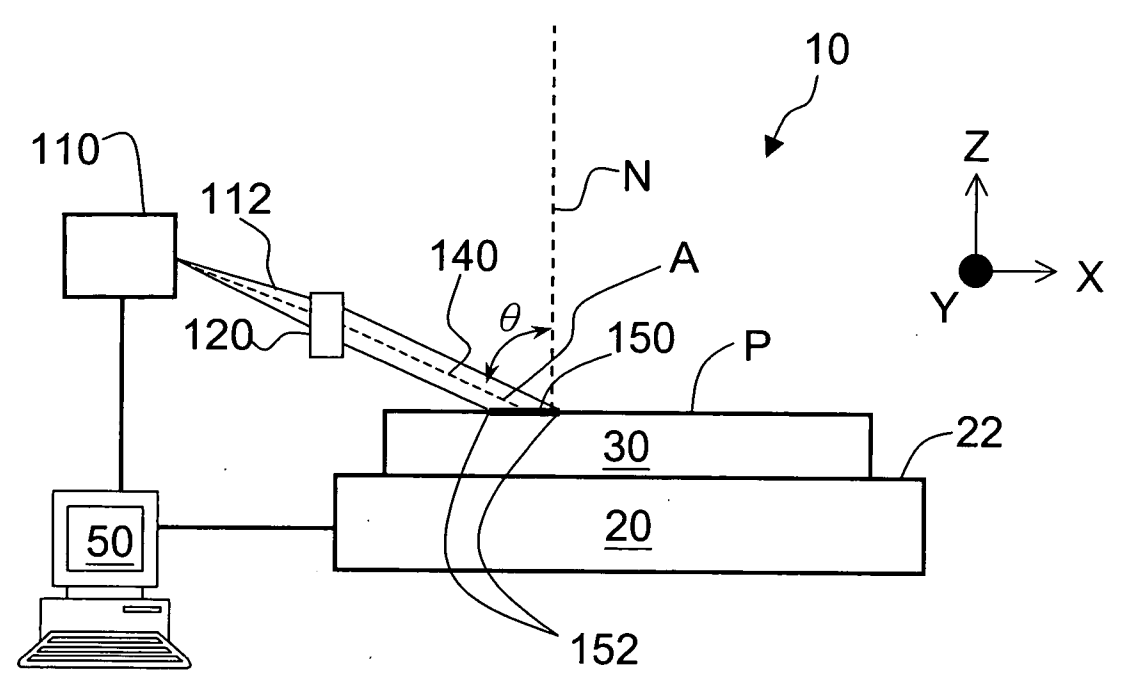
12. 如申請專利範圍第10或11項之方法，其中係使用比加工該表面所需的光束功率位準還小的一光束功率位準來完成步驟d。

13. 如申請專利範圍第10或11項之方法，在步驟d之後及在步驟e之前更包含下列步驟：

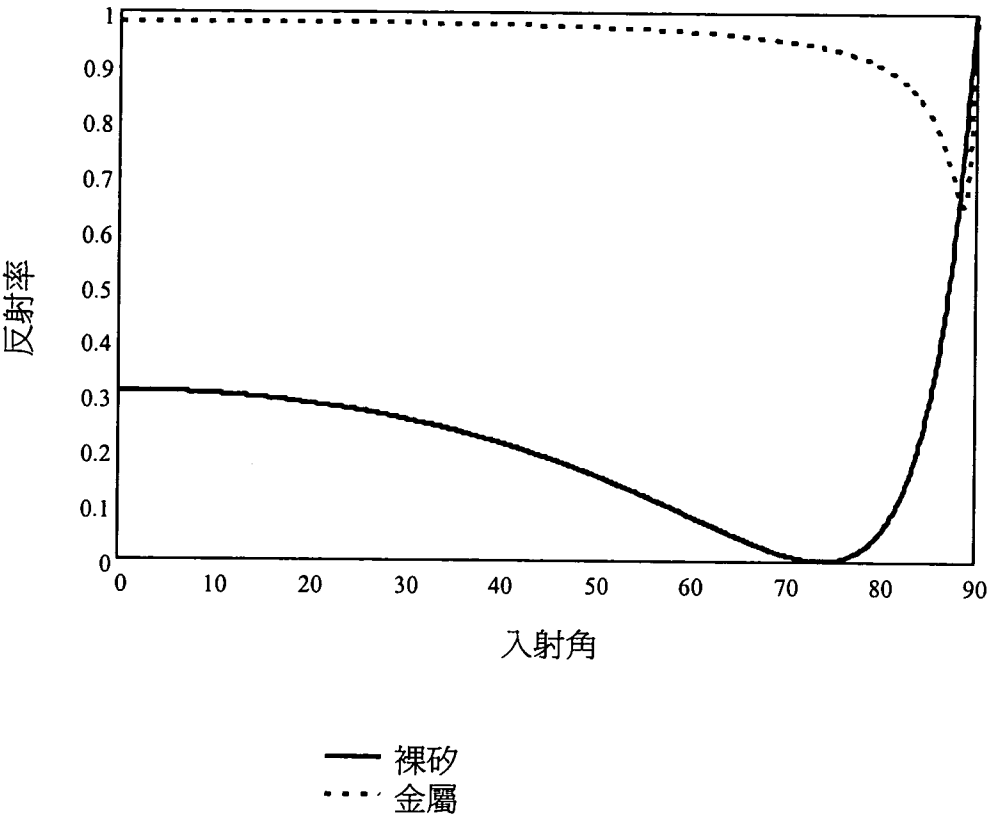
f. 將該最佳方位角編程至用於加工該基板表面的一裝置內。

14. 如申請專利範圍第10或11項之方法，在步驟d之後及在步驟e之前更包含下列步驟：

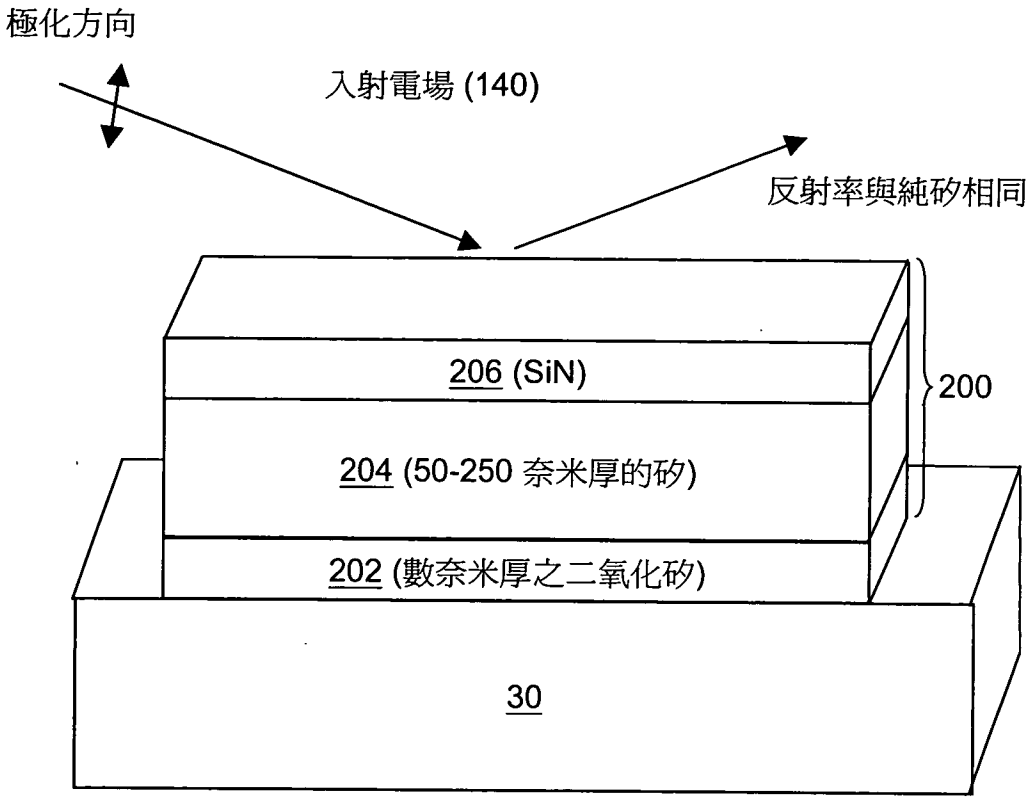
f. 將該最佳入射角編程至用於加工該基板表面的一裝置內。



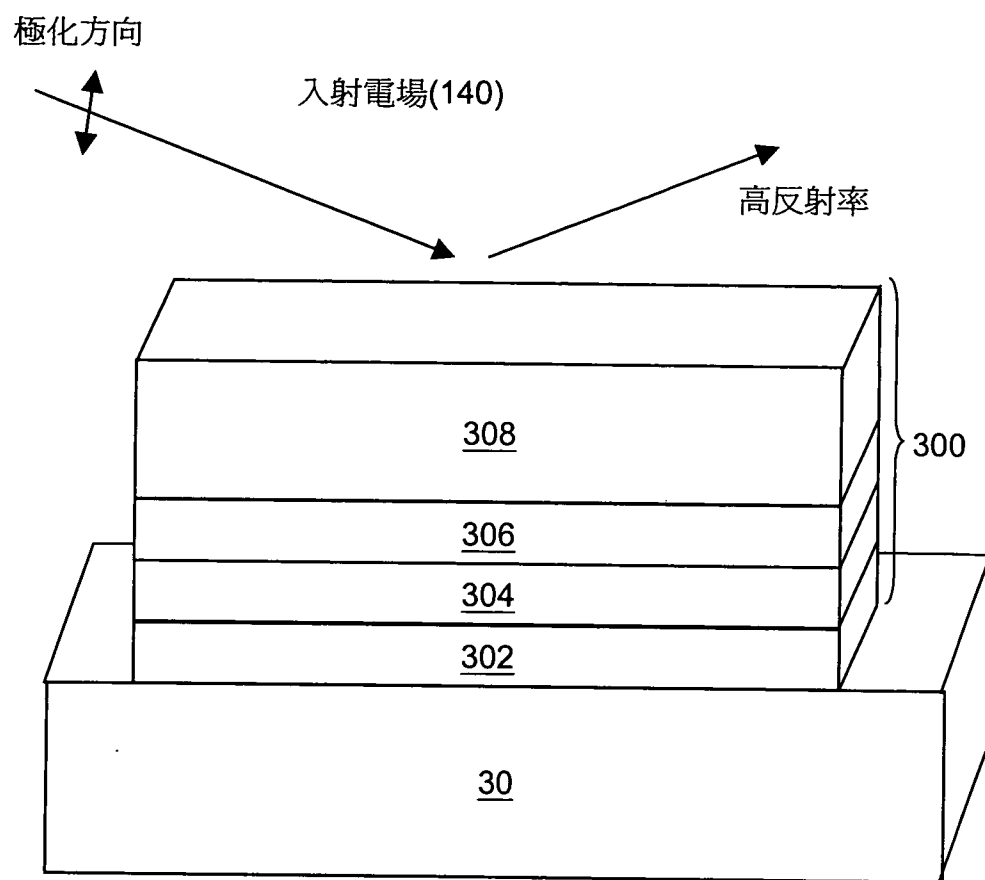
第 1 圖



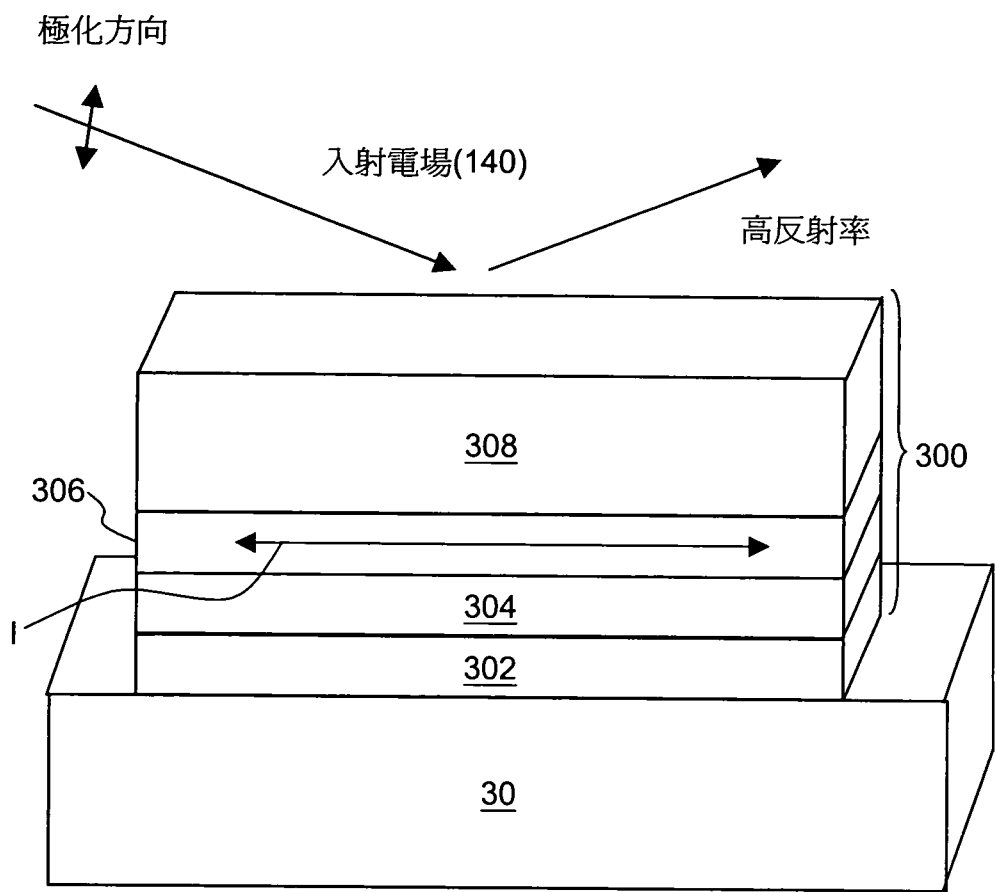
第 2 圖



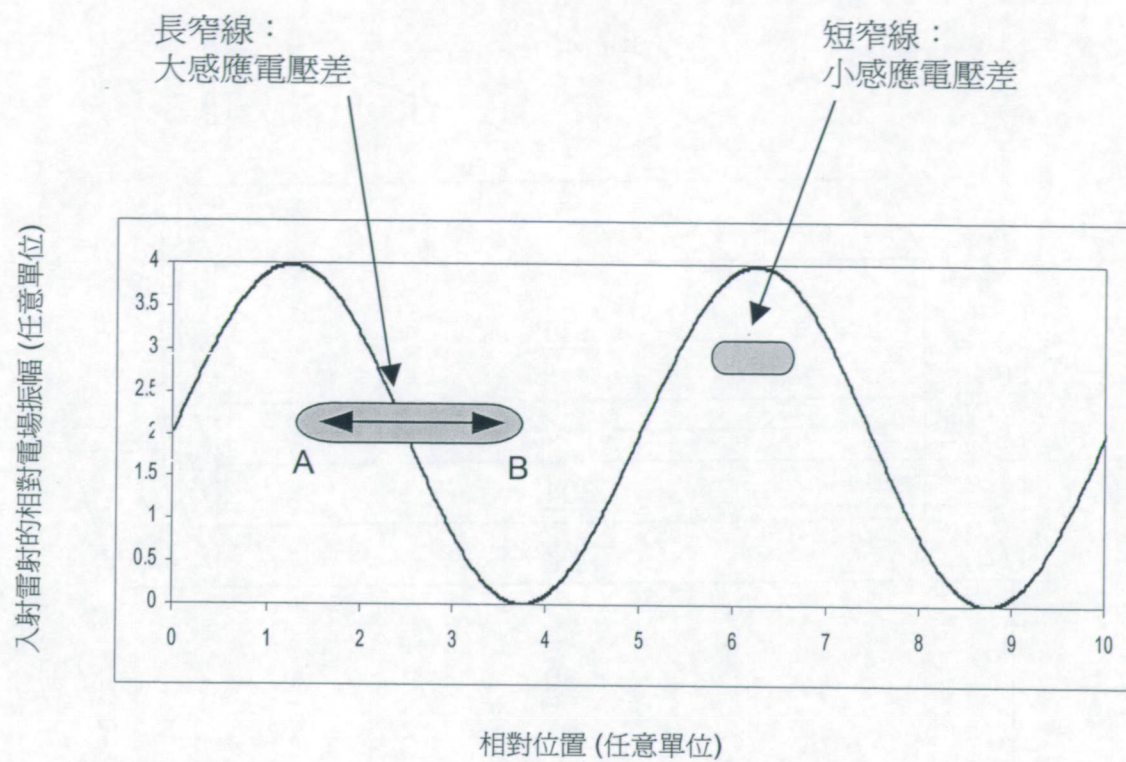
第 3 圖



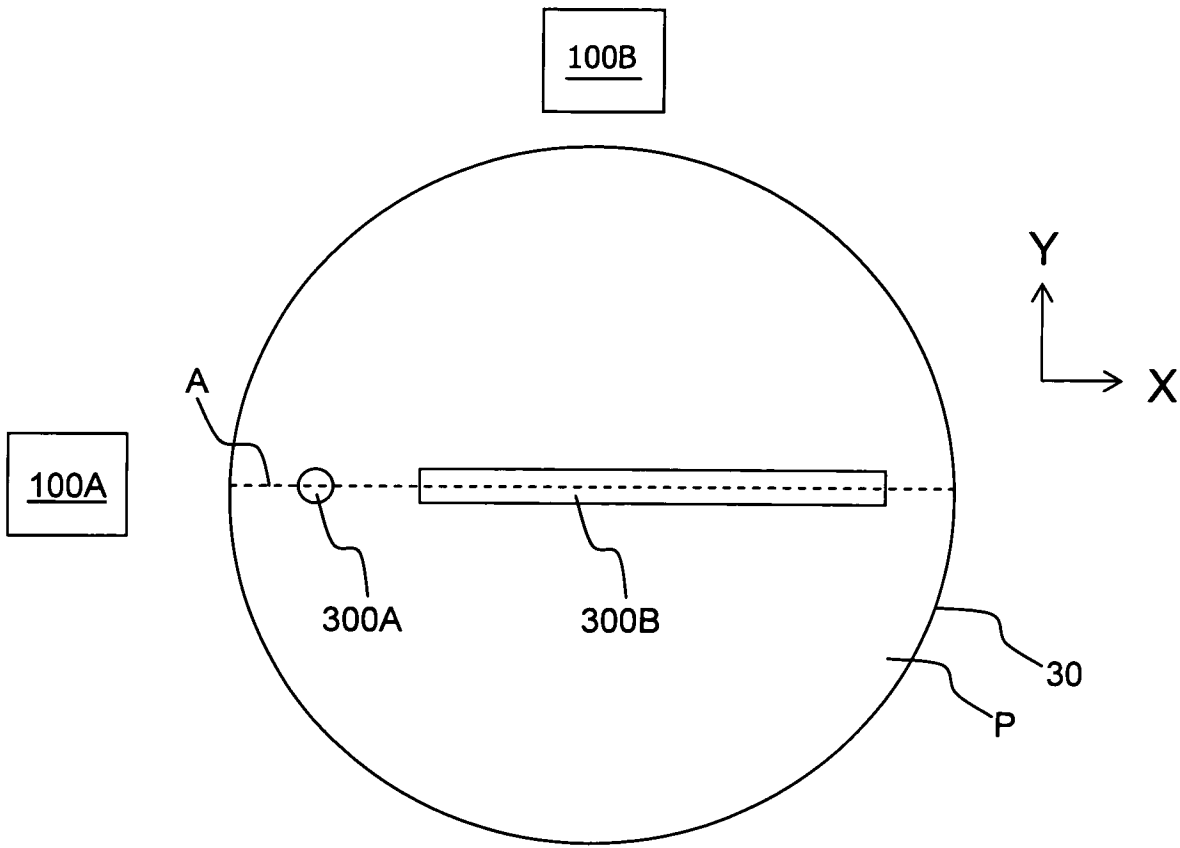
第 4 圖



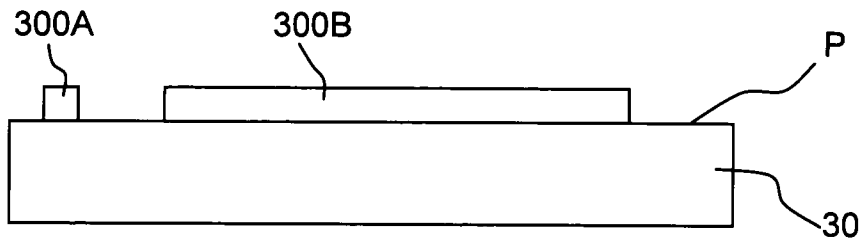
第 5 圖



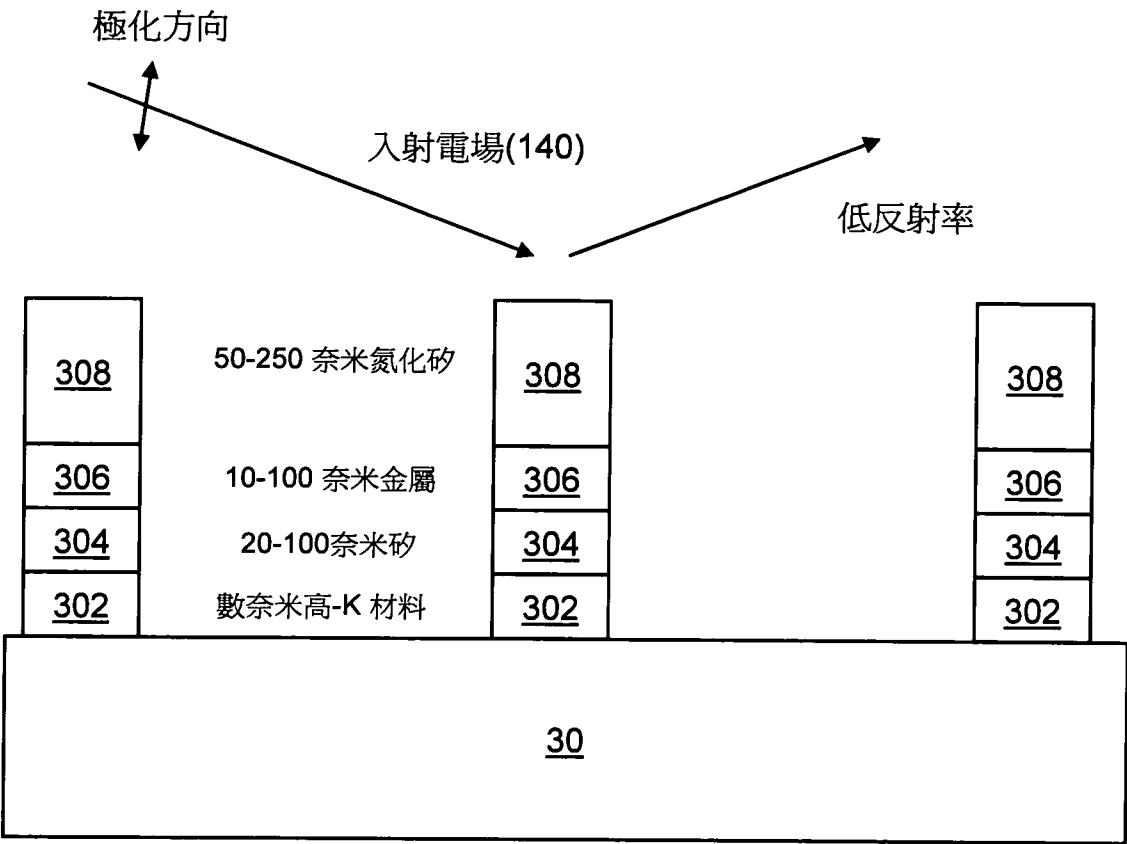
第 6 圖



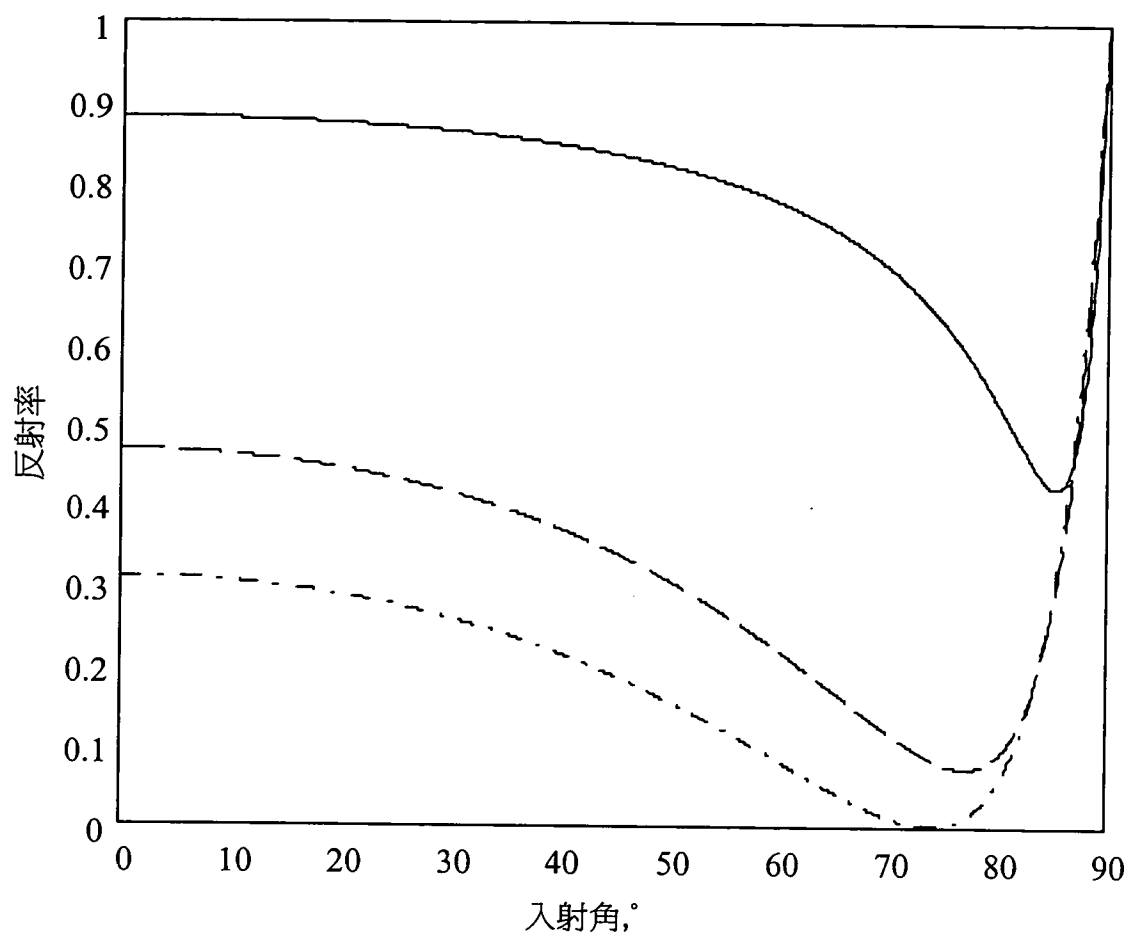
第 7A 圖



第 7B 圖

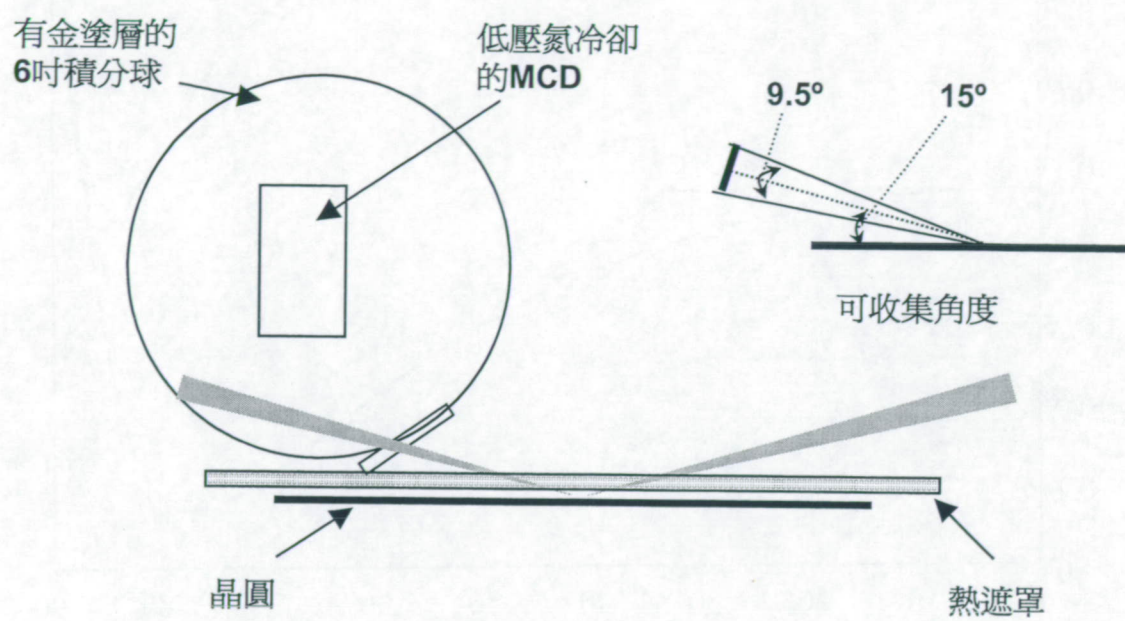


第 8 圖

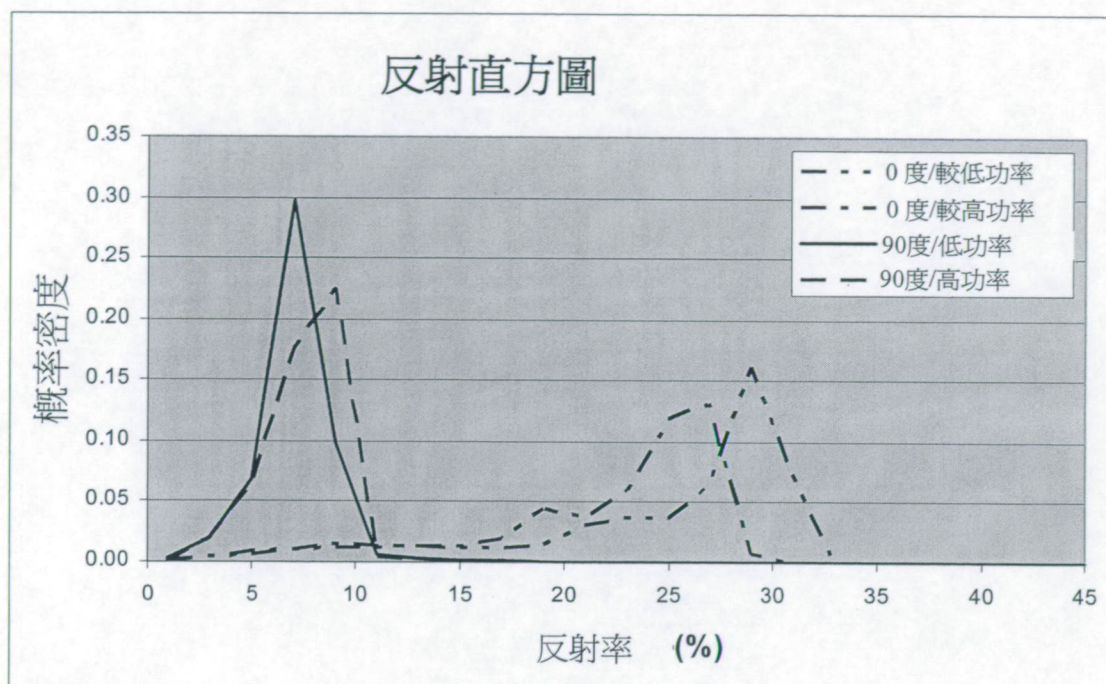


- “高反射性”定向的预测反射率
- - - “低反射性”定向的预测反射率
- . - 砖之反射率

第 9 圖



第 10 圖



第 11 圖