



(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 I731202 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 06 月 21 日

(21)申請案號：106144496

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 12 月 19 日

(51)Int. Cl. : **H01J37/07 (2006.01)**

(30)優先權：2016/12/20 美國 62/436,925

2017/05/05 美國 15/588,006

(71)申請人：美商克萊譚克公司 (美國) KLA-TENCOR CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：德爾加多 吉爾達多 R DELGADO, GILDARDO R. (US)；葛爾夏 貝里歐斯
艾德葛爾朵 GARCIA BERRIOS, EDGARDO (US)；希爾 法蘭斯 HILL, FRANCES
(CA)；葛爾夏 盧蒂 GARCIA, RUDY (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 440883

TW 200406016A

CN 101105488A

US 5494179A

US 7508216B2

US 2005/0092929A1

US 2005/0118807A1

US 2014/0055025A1

WO 2009/060200A1

審查人員：林迺信

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：6 共 29 頁

(54)名稱

用以電子發射的設備，方法及系統

(57)摘要

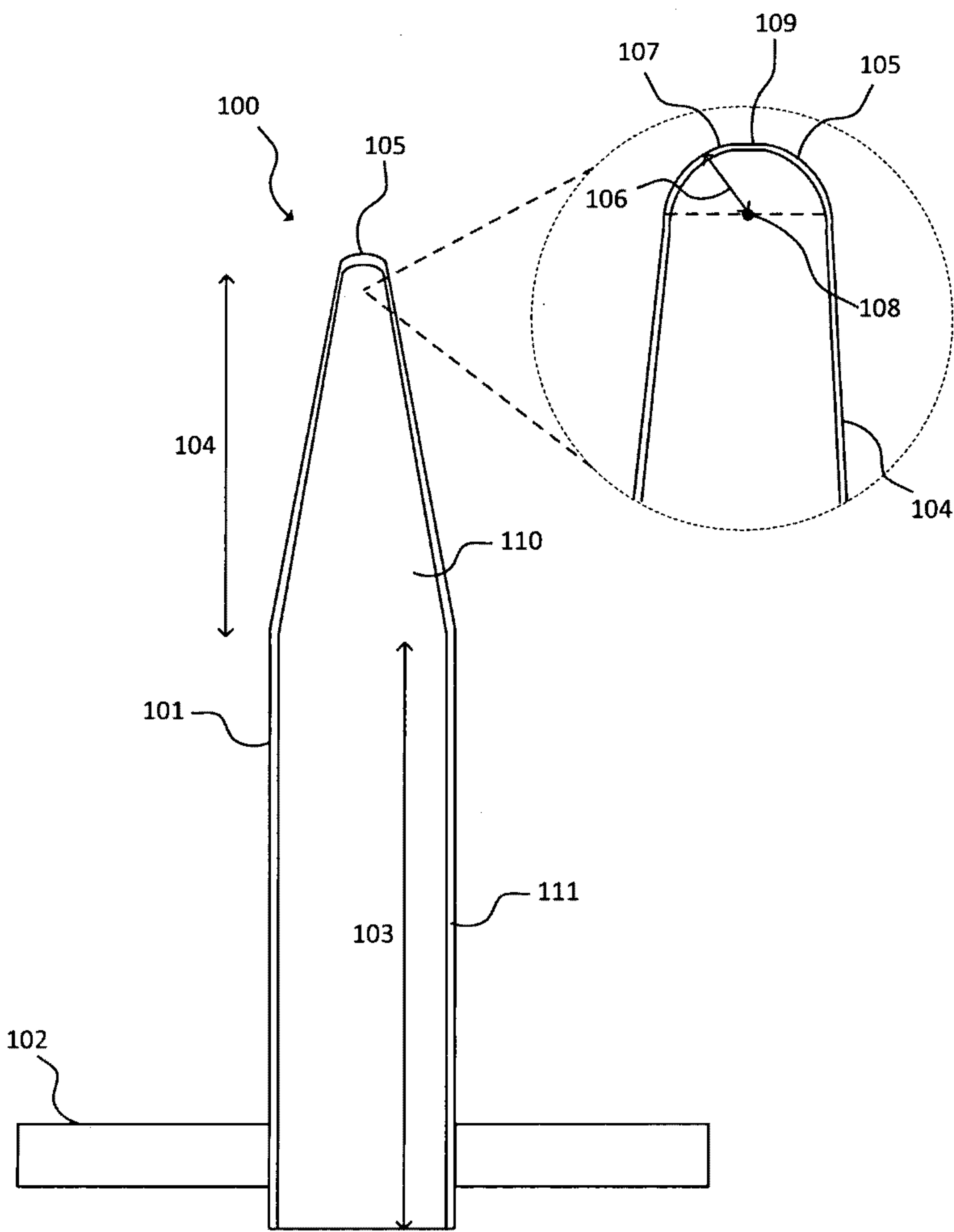
本發明揭示一種具有一保護罩蓋層之發射器，該保護罩蓋層位於該發射器之一外部表面上。該發射器可具有 100nm 或更少之一直徑。該保護罩蓋層包含鈦。鈦係抗氧化及碳生長的。該保護罩蓋層亦可具有相對較低之濺鍍率以耐離子腐蝕。該發射器可係具有一電子束源之一系統的一部分。可將一電場施加至該發射器，且可自該發射器產生一電子束。可藉由濺鍍沈積、原子層沈積 (ALD)，或離子濺鍍來將該保護罩蓋層施加至該發射器。

An emitter with a protective cap layer on an exterior surface of the emitter is disclosed. The emitter can have a diameter of 100 nm or less. The protective cap layer includes ruthenium. Ruthenium is resistant to oxidation and carbon growth. The protective cap layer also can have relatively low sputter yields to withstand erosion by ions. The emitter may be part of a system with an electron beam source. An electric field can be applied to the emitter and an electron beam can be generated from the emitter. The protective cap layer may be applied to the emitter by sputter deposition, atomic layer deposition (ALD), or ion sputtering.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 100:電子發射系統
- 101:發射器
- 102:發射器安裝機構
- 103:第一區段
- 104:第二區段
- 105:圓形尖端
- 106:半徑
- 107:外部表面
- 108:中心
- 109:平坦發射小面
- 110:發射器核心
- 111:保護罩蓋層



【圖1】



I731202

【發明摘要】

公告本

【中文發明名稱】

用以電子發射的設備，方法及系統

【英文發明名稱】

APPARATUS, METHOD AND SYSTEM FOR ELECTRON EMISSION

【中文】

本發明揭示一種具有一保護罩蓋層之發射器，該保護罩蓋層位於該發射器之一外部表面上。該發射器可具有100 nm或更少之一直徑。該保護罩蓋層包含鈦。鈦係抗氧化及碳生長的。該保護罩蓋層亦可具有相對較低之濺鍍率以耐離子腐蝕。該發射器可係具有一電子束源之一系統的一部分。可將一電場施加至該發射器，且可自該發射器產生一電子束。可藉由濺鍍沈積、原子層沈積(ALD)，或離子濺鍍來將該保護罩蓋層施加至該發射器。

【英文】

An emitter with a protective cap layer on an exterior surface of the emitter is disclosed. The emitter can have a diameter of 100 nm or less. The protective cap layer includes ruthenium. Ruthenium is resistant to oxidation and carbon growth. The protective cap layer also can have relatively low sputter yields to withstand erosion by ions. The emitter may be part of a system with an electron beam source. An electric field can be applied to the emitter and an electron beam can be generated from the emitter. The protective cap layer may be applied to the emitter by sputter deposition, atomic layer deposition (ALD), or ion sputtering.

【指定代表圖】

圖1

【代表圖之符號簡單說明】

- 100
- 電子發射系統
- 101
- 發射器
- 102
- 發射器安裝機構
- 103
- 第一區段
- 104
- 第二區段
- 105
- 圓形尖端
- 106
- 半徑
- 107
- 外部表面
- 108
- 中心
- 109
- 平坦發射小面
- 110
- 發射器核心
- 111
- 保護罩蓋層

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用以電子發射的設備，方法及系統

【英文發明名稱】

APPARATUS, METHOD AND SYSTEM FOR ELECTRON EMISSION

【技術領域】

本發明係關於具有包含鈎之一塗層之電子發射器。

【先前技術】

具有小尖端直徑(例如，100 nm或更少)之用於電子發射之發射器受真空條件之影響。該等真空條件可劣化場發射效能。典型電子發射器不具有使其免受氧化或積碳之害之保護塗層。在電子束發射期間，一碳層於超高真空(UHV)條件下生長於陰極尖端之表面上。UHV環境中之表面氧化亦係可能的。先前設計在清理(例如)氧化層或碳層方面亦不夠穩健。

由於已確立之矽微製作技術，矽係用於製作用作為電子發射器之奈米尖端之一優良候選材料。然而，矽發射器極易受氧化之影響，氧化將該發射器尖端轉換為二氧化矽。該二氧化矽歸因於其之高功函數而將致使該尖端不可用於電子發射。亦由於該發射器上存在二氧化矽而影響穩定性。還沒有防止在整個系統使用期中發生此問題之明確方法。

因此，需要一改良之電子發射器。

【發明內容】

在一第一實施例中，提供一種設備。該設備包括一發射器及安置於該發射器之一外部表面上之一保護罩蓋層。該發射器具有100 nm或更少之一直徑。該保護罩蓋層包含鈎。

該發射器可具有小於 1 mm^2 之一發射區域。

該保護罩蓋層可具有 1 nm 至 100 nm 之一厚度。例如，該保護罩蓋層可具有 1 nm 至 20 nm 之一厚度。在此實例中，該發射器可具有 1 nm 至 50 nm 之一尖端半徑。

該保護罩蓋層可在至少一發射區域中係無針孔、氣泡或夾雜物的。該保護罩蓋層可僅具有擁有小於 1 nm 之一直徑或長度尺寸之瑕疵。該保護罩蓋層可具有少於 10^4 個雜質。該等雜質可包含碳、氧化物、作為一溶解氣體之氧氣、鈉或鉀。該保護罩蓋層可具有小於或等於25%之一多孔性。該保護罩蓋層可具有大於或等於0.92之一堆積密度。

在一第二實施例中，提供一種方法。在該方法中，提供具有一外部表面之一發射器。該發射器具有 100 nm 或更少之一直徑。將一保護罩蓋層施加至該發射器之該外部表面。該保護罩蓋層包含鈉。該施加可包含濺鍍沈積、原子層沈積或離子濺鍍。

在一第三實施例中，提供一種方法。在該方法中提供包含一保護罩蓋層之一發射器，該保護罩蓋層安置於該發射器之一外部表面上。該發射器具有 100 nm 或更少之一直徑。該保護罩蓋層包含鈉。將一電場施加至該發射器。自該發射器產生一電子束。該發射器可在 10^{-9} Torr 或更少之一真空中操作。

在一第四實施例中，提供一種系統。該系統包括：一電子束源；一發射器，其位於該電子束源中；一保護罩蓋層，其安置於該發射器之一外部表面上；及一偵測器。該發射器具有 100 nm 或更少之一直徑。該保護罩蓋層包含鈉。該保護罩蓋層可在至少一發射區域中係無針孔的。

【圖式簡單說明】

為了具有對本發明之本質及目標之一更完整之瞭解，應參考結合附圖之以下詳細描述，其中：

圖1係根據本發明之一電子發射系統之一實施例之一正視圖；

圖2係根據本發明之一電子發射系統之一原型之一視圖；

圖3係圖2之電子發射系統之一橫截面圖；

圖4係根據本發明之一方法之一流程圖；

圖5係根據本發明之另一方法之一流程圖；且

圖6係根據本發明之一系統之一實施例。

【實施方式】

相關申請案之交叉參考

本申請案主張2016年12月20日申請且經指定為美國申請案第62/436,925號之臨時專利申請案的優先權，該案係以引用的方式併入本文中。

儘管將在特定實施例方面描述所主張之發明標的，但包含不提供本文闡述之所有優勢及特徵之實施例之其他實施例亦係在本發明之範疇內的。可在不違背本發明之範疇之情況下做出各種結構、邏輯、處理步驟及電子改變。據此，僅參考隨附申請專利範圍來界定本發明之範疇。

本文揭示之實施例提供具有高電子電流穩定性及使用期之一發射器。如本文所揭示，該發射器之尖端經塗佈具有一保護罩蓋鈣層。鈣抗氧化且抗碳生長。該保護罩蓋層亦可具有相對較低之濺鍍率(sputter yield)以耐離子腐蝕。本文揭示之實施例可改進至現存系統內，此減少再設計成本。

圖1係包含一發射器101及發射器安裝機構102之一電子發射系統100

的前視圖。電子發射系統100經組態以將電子發射至圍繞電子發射系統100的環境或空間內。發射器101具有一第一區段103、一第二區段104，及一圓形尖端105。第一區段103可係圓柱形的。在沒有圓形尖端105的情況下，第二區段104大體上可係平頭截錐狀的。第二區段104可係安置於一第一區段103之一遠端上。第二區段104在第一區段103與圓形尖端105之間可具有一錐狀寬度或直徑。儘管第一區段103及第二區段104大體上可係圓形的，但第一區段103及第二區段104兩者可歸因於晶體結構而係有小面的。經安置於第二區段104之一遠端上的圓形尖端105大體上可係一截短球形。圓形尖端105可係至少部分或全部係圓形的。除了本文描述之形狀外的其他形狀亦係可能的。

第一區段103，或第一區段103與第二區段104可被描述為發射器101之「軸件」。由發射器安裝機構102固持發射器101之軸件。

發射器101、第一區段103、第二區段104或圓形尖端105之尺寸可係不同的。發射器101之軸件或發射器101本身可係奈米尺度或相對於長度及直徑兩者之微米尺度。

發射器101包含一發射器核心110及一保護罩蓋層111。保護罩蓋層111係安置於發射器核心110之外部表面上。可由保護罩蓋層111覆蓋發射器核心110之外部表面的全部或部分。可由保護罩蓋層111覆蓋發射器101之100%或少於100%的曝露表面。然而，可由保護罩蓋層111覆蓋發射器101之至少圓形尖端105或發射器101的至少發射區域。

發射器核心110可係矽或其他材料。保護罩蓋層111可係鈎或包含鈎之一合金。 $(Ru_x Pt_y)$ ，其中 $x+y=1$ ，係可用作為保護罩蓋層111之一鈎合金之一實例。其他鈎合金亦係可能的。

發射器安裝機構102之組態可與圖1中繪示者不同。在一實例中，一發射器安裝機構102使用一鎢髮夾(位於具有用於髮夾腿之電子之一陶瓷絕緣體上)來支撐發射器尖端。該髮夾可經加熱以提供急驟清理或將發射器溫度提升至熱場發射(TFE)值(例如，約1,800 K)。一接地參考電源可為發射器提供可係約5 KV之偏壓電壓。

將一電場施加至電子發射系統100或以其他方式位於電子發射系統100中。可使用電荷板或使用其他技術施加該電場。

圓形尖端105經組態以將自由電子發射至圍繞電子發射系統100之一真空空間內。可藉由將一電場施加至電子發射系統100而產生電子。

如圖1之插圖中可見，圓形尖端105具有一半徑106。可自發射器核心110中之圓形尖端105之一中心108至保護罩蓋層111之一外部表面107量測半徑106。圓形尖端105可具有小於1 μm 之一半徑106，包含至1.0 nm之所有值及其間之範圍。例如，圓形尖端105可具有700 nm或更小、450 nm或更小或100 nm或更小之一半徑106。該半徑大於0 μm 。

發射器101可具有小於1 μm^2 之一發射區域。此發射區域可係圓形尖端105之外部表面107之一部分。

圓形尖端105可係均勻圓形或非均勻圓形。圓形尖端105可包含一平坦發射小面109。例如，可存在為一小<100>定向奈米平坦部(nano-flat)形式之一平坦發射小面109。此平坦發射小面109可用於產生一高準直電子束。在一實例中，平坦發射小面109可提供小於1 μm^2 之一發射區域。

在其他實例中，圓形尖端105具有一大體上係半球或拋物面之形狀。此等形狀可更廣泛地分散電子發射，此會導致進入電子光學器件內之電子之一更小更亮之分率。

為了提供所要圓形尖端105，可控制表面結晶質(crystallinity)。

保護罩蓋層111可致使發射器101抗氧化且抗積碳。保護罩蓋層111亦可具有相對較低之濺鍍率以耐離子腐蝕。

保護罩蓋層111可具有1 nm至100 nm之一厚度，包含至0.1 nm之所有值及其間之範圍。例如，保護罩蓋層111可具有約1 nm至20 nm之一厚度，包含至0.1 nm之所有值及其間之範圍。例如，保護罩蓋層111之厚度可自約1 nm至5 nm。保護罩蓋層111之厚度可經設計以最佳化電子發射。確切厚度可取決於發射器101之初始尖端半徑。因此，保護罩蓋層111之厚度可大於20 nm。

保護罩蓋層111之外部表面處之直徑可經控制以調諧電子束之性質(例如，亮度、尖端處之電場、電流-電壓性質、電子對電子相互作用)。保護罩蓋層111之外部表面處之直徑由發射器核心110之直徑加上發射器101之一截面之兩側上之保護罩蓋層111之厚度之總和構成。當選擇發射器核心110之直徑時，需考慮諸如製作簡易性、重複率及發射器之間之尺寸之變動之製作問題。當選擇保護罩蓋層111之厚度時，可控制膜之品質，諸如晶粒結構、晶粒邊界、中斷、可覆蓋表面、針孔、膜密度或表面粗糙度。塗佈發射器之保護罩蓋層111係均勻、緊密、連續且尤其係在尖端處具有十分低之表面粗糙度可係重要的。為了照顧電場穿透，保護罩蓋層111厚度之較低界限可係一個單層。在一個單層上方，膜厚度可經選擇以最佳化膜品質。發射器核心110加上保護罩蓋層111之總直徑可經選擇以最佳化電子束性質。

在一實例中，發射器101具有至保護罩蓋層111之一外部表面之1 nm至50 nm之一半徑106。保護罩蓋層111具有1 nm至20 nm之一厚度。

減少圓形尖端105之直徑或以其他方式改變圓形尖端105之半徑將增加發射光束之亮度。一發射器之減少之亮度 B_r 界定為

$$B_r = \frac{I}{\pi r_{vs}^2 \Omega V_{ext}} \quad \text{方程式1}$$

其中 I 係場發射電流， r_{vs} 係虛擬源之半徑， Ω 係光束之固體角度且 V_{ext} 係操作電壓。當尖端直徑減少時，該方程式中用於亮度之兩個參數改變。第一，較小尖端在尖端處具有更高加強之電場，所以發射一給定電流所需之電壓下降且 V_{ext} 值減少，從而導致減少之 B_r 之一更高值。第二，小尖端直徑具有較小虛擬源大小 r_{vs} ，從而導致減少之 B_r 之一更高值。

亮度通常隨著半徑之減少而增加，此係因為電子係自一較小表面區域發射的。發射器核心110之尺寸及保護罩蓋層111之厚度可經組態以提供所要亮度。

發射器101之虛擬源大小(VSS)亦會影響亮度。一愈小VSS會導致愈高亮度。改變發射器101之半徑106及/或保護罩蓋層111之厚度會影響該VSS且因此影響亮度。此亦會影響總電流密度及/或總電流發射。

圓形尖端105之發射區域可小於1 mm²。圓形尖端105之發射區域可對應於圓形尖端105之整個表面區域或僅圓形尖端105之表面區域之部分。例如，該發射區域可對應於一平坦發射小面109。

與材料之功函數成反比例地調整一發射器之亮度。在方程式1中界定一發射器材料之減少之亮度。場發射電流 I 與材料之功函數成反比。功函數之愈小值產生愈高電流，且因此產生愈高亮度值。虛擬源大小 r_{vs} 與提升至1/4之功函數成反比，所以虛擬源大小在較低功函數之情況下增加，但電流之增加處於主導地位，此導致低功函數之一淨較高亮度。

保護罩蓋層111之全部或部分可係無針孔的。例如，發射器101之至

少發射區域可係無針孔的。該發射區域可係靠近尖端或其他區域之5 nm至10 nm區域。可由拉動電子束所必要之高提取域來放大任何針孔的效應。

保護罩蓋層111之全部或部分可係無氣泡或夾雜物的。例如，發射器101之至少發射區域可係無氣泡或夾雜物的。

保護罩蓋層111中之一最大缺陷直徑或長度尺寸可係小於1 nm。缺陷包含沈積膜中之過度結構，諸如可經由濺鍍參數控制之棒或塊體。

可控制保護罩蓋層111之均質性。諸多發射器係晶體結構，諸如在場發射器尖端中使用之100鎢晶體。在一例項中，基板矽中存在晶體結構，但該晶體結構不必轉換為一表面結晶質，此係因為諸如濺鍍塗佈之程序產生一非晶膜。由於發射器係約數奈米之一區域，所以結晶質係尖端處之約5 nm至10 nm區域。諸如原子層沈積(ALD)之沈積程序可使得晶體結構突出至沈積膜。可使用一聚焦離子束(FIB)及利用透射電子顯微術(TEM)之檢查，在一截面上評估均質性。亦可藉由使用橢偏測量技術檢查膜性質來評估均質性。發射器101頂點處的保護罩蓋層111可經組態以變得極其尖銳。

保護罩蓋層111可具有少於 10^3 或 10^4 個雜質。雜質可包含碳、氧化物、作為溶解氣體之氧氣、鈉、鉀或其他物質。雜質影響保護罩蓋層111之功函數，此將影響電子發射之均質性。

保護罩蓋層111之多孔性可小於或等於25%。保護罩蓋層111之堆積密度可大於或等於0.92。可利用以下方程式，使用折射率來界定與量測多孔性(P)

$$P(\%) = \left(1 - \left(\frac{n_f^2}{n_B^2} - 1\right)\right) * 100\% \quad \text{方程式2}$$

其中， n_f 係沈積薄膜之折射率，且 n_B 係塊體材料之折射率。

使用以下方程式將一膜之堆積密度(PD)定義為平均膜密度(ρ_f)與塊體密度(ρ_B)之一比率。

$$PD = \rho_f / \rho_B \quad \text{方程式3}$$

可由以下方程式表達膜折射率與其堆積密度之間之關係。

$$PD = \left(\left(\frac{n_{f-1}^2}{n_{f+2}^2} - \frac{n_{B+2}^2}{n_{B-1}^2} \right) \right) * 100\% \quad \text{方程式4}$$

保護罩蓋層111提供使用無保護罩蓋層111之發射器核心110之優勢。

保護罩蓋層111提供較高電子電流及較高電流穩定性。例如，相較於無一保護罩蓋層111之n型矽或p型矽發射器，具有一保護罩蓋層111之一發射器101將產生較高發射電流且具有更佳之發射電流穩定性。因為保護罩蓋層111包含一金屬，所以可達成較高發射電流。愈高發射電流導致愈高光束亮度。

此外，保護罩蓋層111減少碳污染及氧化。可由分子氫、氫電漿或其他電漿清理鈦或鈦合金。因此，可使用(例如)具有熱量之 H_2^+ 及/或氧氣來移除保護罩蓋層111上之任何碳污染或氧化。

包含鈦之一保護罩蓋層111針對電場發射或存在高電場方面係穩健的。針對離子濺鍍及清理，此一保護罩蓋層111亦係穩健的。

鈦可具有使降落於其表面上之氣體分子分裂或防止此等氣體分子黏著於其表面之能力。此等分子能夠使得發射器表面上之提取場失真且由於表面上之分子之行動性及停留時間而引起轉化為光束中之雜訊之增強發射。因此，保護罩蓋層111可自清理。

保護罩蓋層可形成於一發射器之一外部表面上。該發射器可具有100 nm或更少之一直徑。將包含鈦之保護罩蓋層施加至該發射器之該外部表

面。

可藉由離子或磁控管濺鍍、ALD或藉由熟習技術者已知之其他方法沈積保護罩蓋層111。此等技術可使得能夠形成具有所要密度及均質性之一保護罩蓋層111。

圖2係一電子發射系統之一原型之一視圖。圖3係圖2之電子發射系統之一橫截面圖。該發射器之整個形狀可係(例如)圓錐或筆狀的。該發射器之形狀可經選擇以提供提取器幾何結構之所需場增強量，且該發射器之形狀亦可設置所需提取電壓。一般而言，較高場增強可係更佳的，此係因為其需要較低操作電壓(例如，較少形成電弧之可能性，電子束中更高之減少亮度、回流離子之低能量等等)。該等發射器可安裝至一加熱器細絲、可蝕刻在一平面式發射器晶片上或可在另一組態中使用。

可藉由使用包含鈣之保護罩蓋層111改良發射器使用期。在一實例中，具有包含鈣之一保護罩蓋層111之一發射器可在 10^{-9} Torr真空條件下操作數月或甚至一年或更久。在不具有保護罩蓋層111之情況下，可需要 10^{-12} Torr真空條件來防止氧化物負面地影響發射器101效能。

基於模型化，具有包含鈣之一保護罩蓋層111之一發射器101相較於現存發射器設計可提供100倍至1000倍亮度。

圖4係根據本發明之一方法之一流程圖。在200處，提供具有一外部表面之一發射器。該發射器具有100 nm或更少之一直徑。在201處，將一保護罩蓋層施加至該發射器之該外部表面。保護罩蓋層包含鈣，且可係包含鈣之一合金。該施加可包含濺鍍沈積、ALD或離子濺鍍。濺鍍沈積及ALD可提供保護罩蓋層之所要保形性。特定言之，濺鍍沈積可減少多孔性、空隙之存在及保護罩蓋層中之針孔之存在。

圖5係根據本發明之另一方法之一流程圖。在300處提供包含一保護罩蓋層之一發射器，該保護罩蓋層安置於該發射器之一外部表面上。該發射器具有100 nm或更少之一直徑。該保護罩蓋層包含鈎，且可係包含鈎之一合金。在301處，將一電場施加至該發射器。在302處，自該發射器產生一電子束。該發射器可在 10^{-9} Torr之一真空中操作。

可在電子束產生期間使用約0.5 kV至10 kV (包含至0.1 kV之所有範圍及值)之一提取電壓。例如，該提取電壓可為約1 kV至10 kV或約1.5 kV至10 kV。其他提取電壓亦係可能的。

具有一保護罩蓋層之一發射器之一電場可自約0.1 V/nm至5 V/nm，包含至0.1 V/nm之所有範圍及值。該電場可根據發射器之外部直徑(包含該保護罩蓋層之厚度)而改變。大於5 V/nm之電場可用於高電流(例如，大於10 μ A)。

可在倍縮光罩及晶圓檢測及度量系統中使用本發明之實施例。該系統可經組態以提供所要真空環境規格。此等系統之實例包含：使用單一或多個電子源之電子束晶圓或倍縮光罩檢測系統；使用單一或多個電子源之電子束晶圓或倍縮光罩再檢測系統；使用單一或多個電子源之電子束晶圓或倍縮光罩度量系統；或需要至少一電子源使用在晶圓或倍縮光罩度量、再檢測或檢測中使用之單一或多個電子束產生x射線之系統。該發射器中之電子流可經引導朝向一樣本(諸如一半導體晶圓或其他工件)。該電子流可行進通過提取及聚焦電極而形成具有一所要光束能量及光束電流之一電子束。可使用一或多個透鏡在樣本上產生一小電子束點。可使用偏轉器掃描該電子束。該樣本可放置於可能夠相對於該電子束掃描之一載台上。當該電子束擊中樣本時，可自該樣本發射次級電子及反向散射電子，該等次

級電子及反向散射電子可經聚集且朝向一偵測器加速。

本文描述之實施例可包含一系統(諸如圖6之系統400)或在該系統中執行。系統400包含一輸出擷取子系統，該輸出擷取子系統包含至少一能量源及一偵測器。該輸出擷取子系統可為一基於電子束之輸出擷取子系統。例如，在一個實施例中，引導至晶圓404之能量包含電子，且自晶圓404偵測到之能量包含電子。依此方式，能量源可係一電子束源402。在圖6中展示之此一實施例中，輸出擷取子系統包含耦合至電腦子系統407之電子柱401。

亦如圖6中所展示，電子柱401包含經組態以產生藉由一或多個元件403聚焦至晶圓404之電子之電子束源402。電子束源402可包含一發射器，諸如圖1中之電子發射系統100之發射器101，且一或多個元件403可包含(例如)一槍透鏡、一陽極、一光束限制孔、一閘極閥、一光束電流選擇孔、一物鏡及/或一掃描子系統。電子柱401可包含此項技術中已知之任何其他適合元件。儘管僅繪示一個電子束源402，但系統400可包含多個電子束源402。

自晶圓404返回之電子(例如，次級電子)可藉由一或多個元件405聚焦至偵測器406。一或多個元件405可包含(例如)一掃描子系統，該掃描子系統可為包含於(若干)元件403中之相同掃描子系統。電子柱401可包含此項技術中已知之任何其他適合之元件。

儘管電子柱401在圖6中展示為經組態使得電子以一斜入射角引導至晶圓404且以另一斜角自晶圓散射，但應瞭解，電子束可以任何適合之角度引導至晶圓且自該晶圓散射。另外，基於電子束之輸出擷取子系統可經組態以使用多個模式產生晶圓404之影像(例如，具有不同照明角度、集光

角度等等)。基於電子束之輸出擷取子系統之多個模式可在輸出擷取子系統之任何影像產生參數中不同。

電腦子系統407可與偵測器406電子通信。偵測器406可偵測自晶圓404之表面返回之電子，藉此形成晶圓404之電子束影像。該等電子束影像可包含任何適合之電子束影像。電腦子系統407可經組態以使用偵測器406之輸出及/或電子束影像執行其他功能或額外步驟。

應注意，本文提供圖6以大體上繪示一基於電子束之輸出擷取子系統之一組態。本文描述之基於電子束之輸出擷取子系統組態可經更改以最佳化該輸出擷取子系統之效能，此通常當設計一商用輸出擷取系統時執行。另外，可使用一現存系統(例如，藉由將本文描述之功能加入至一現存系統)實施本文描述之系統。針對一些此等系統，本文描述之方法可提供為系統之選用功能(例如，除系統之其他功能外)。

在一個實施例中，系統400係一檢測系統。例如，本文描述之電子束輸出擷取子系統可經組態為檢測系統。在另一實施例中，系統400係一缺陷再檢測系統。例如，本文描述之電子束輸出擷取子系統可經組態為缺陷再檢測系統。在一進一步實施例中，系統400係一度量系統。例如，本文描述之電子束輸出擷取子系統可經組態為度量系統。特定言之，在本文中描述且在圖6中展示之系統400之實施例可在一或多個參數中經修改以根據其等將用於之應用而提供不同成像能力。在此一實例中，圖6中展示之系統400可經組態以若用於缺陷再檢測或度量而非用於檢測時具有一較高解析度。換言之，圖6中展示之系統400之實施例描述可以數種方式經定製以產生具有大體上適合用於不同應用之不同成像能力之輸出擷取子系統之一系統400之一些通用及各種組態。

系統400或電子發射系統100之實施例可經組態以用於樣本(諸如晶圓及倍縮光罩)之檢測、缺陷再檢測及/或度量。例如，本文描述之實施例可經組態以將掃描電子顯微術(SEM)用於遮罩檢測、倍縮光罩檢測、倍縮光罩度量、晶圓檢測及晶圓度量之目的。系統400或電子發射系統100亦可經組態為電子源以產生用於晶圓或倍縮光罩度量、再檢測或檢測之x射線。

特定言之，本文描述之實施例可安裝於一電腦節點或係一輸出擷取子系統之一組件或耦合至一輸出擷取子系統之電腦叢集(諸如，一電子束檢測器或缺陷再檢測工具、一遮罩檢測器、一虛擬檢測器或其他裝置)上。依此方式，本文描述之實施例可產生可用於各種應用之輸出，包含(但不限制於)晶圓檢測、遮罩檢測、電子束檢測及再檢測、度量或其他應用。圖6中展示之系統400之特性可如以上描述之基於系統400將針對其產生輸出之樣本而經修改。

本文揭示之發射器可經組態以在不同模式中操作，包含低溫場發射模式、室溫場發射模式、溫暖溫度場發射模式、熱場模式或光電陰極模式。亦可使用本文揭示之發射器執行此等模式之組合。該發射器可針對一特定模式或在各特定模式(可根據發射器定製)中使用之參數經最佳化。例如，圓形尖端之尺寸可針對各模式而不同。

在一場發射模式中，可(諸如)使用具有高正電壓之一電極使得一電場施加至電子發射系統或處於該電子發射系統中。此高正電壓吸引電子，從而使得一些電子離開發射器之表面。當施加之電場足夠高以減少圓形尖端真空介面上之潛在障壁(即，量子-機械穿隧)時，電子將穿隧通過表面障壁且朝向一偏壓陽極行進。

用於低溫場發射模式之操作溫度可自約0 K至小於300 K。該系統之溫度小於或等於操作期間發射器之溫度。預期低溫場發射減少發射之電子之能量分佈。可藉由使得發射器處之費米-狄拉克(Fermi-Dirac)分佈變窄而減少能量發散(energy spread)(ΔE)。低溫場發射模式可包含溫度之週期性閃現以使得發射穩定。

室溫場發射通常在65 °F至100 °F (18 °C至38 °C)下操作。不像低溫場發射，室溫場發射操作模式可不需要用於冷卻之硬體，且因此可具有一較低實施方案成本。

溫暖溫度場發射模式在大於環境溫度且低於1000 K之一溫度或大於環境溫度且低於在系統中可偵測到熱離子發射之溫度之一溫度下操作。發射器溫度介於系統之溫度與在系統中可偵測到熱離子發射之溫度之間。溫暖溫度場發射模式可歸因於導電帶中之較高數目之電子(此減少塊體中之電洞相互作用)及/或發射器尖端處之照射分子之較短停留時間而提供減少之電流波動。溫暖場發射得益於減少非所要照射分子(例如，H₂O、H₂、CO、CO₂、O₂、N₂或碳氫化合物)之接合能量，因此減少其等在發射器表面上之停留時間。

熱場發射模式可使用一較低提取電壓來達成與(例如)室溫場發射模式相同之亮度。熱場發射模式中之發射器溫度可為約1,800 K。該熱場發射使得更多能量電子可用於發射，但因為增加之熱能光譜而以增加之能量發散為代價。熱場發射模式之一個優勢係可顯著減少吸附物之停留時間且因此減少光束電流中之高頻率雜訊。電子光學器件可經組態以減少能量發散。

在光電陰極模式中，一特定頻率之光落於發射器上。發生光電發射

以產生電子流。因此，吸附一光子，一電子移動至發射器之表面，且該等電子發出至真空。此可結合另一場發射模式或與另一場發射模式分離地執行。

一些倍縮光罩及晶圓檢測應用需要在整個檢測時間期間具有最高可能之減少亮度 B_r (運用光束能量經正規化之亮度)及具有小於1%之穩定性之最低可能之能量發散(ΔE)之一電子源。一場發射器之高頻率電流波動可源自真空中之剩餘氣體分子之恆定吸收/解吸。均方根雜訊與發射表面積之1.5之一幕次成反比。當尖端半徑變得較小時，在相同真空條件下可發生較高雜訊。較低真空可減少雜訊。在發射期間將圓形尖端加熱至一溫度(例如，自約380 K至1,000 K)以減少揮發性物種且防止揮發性物種留存在表面上(減少分子停留時間)且保持一乾淨發射表面亦可提供穩定發射。加熱發射器亦減少穿隧距離且增加電子能量，從而使得更易進行場發射。然而，加熱發射器可使得能量加寬或可引起一較大能量發散。

一組合之光電陰極及場發射模式可使得能夠發生以下程序。吸附一光子，電子填入一導電帶，且電子移動至表面。將熱量施加至發射器且利用一施加之電場使得電子發出至真空。光子能量通常應足夠高以將電子激發至導電帶但該光子能量低於離子化能量。當最佳化雷射傳遞時可需要考慮雷射穿透深度。

用於低溫場發射、室溫場發射、溫暖溫度場發射或光電陰極模式之發射器之操作之最佳總壓力可為 10^{-9} Torr或更少。此操作壓力加總真空相關分子(例如， H_2O 、 H_2 、 CO 、 CO_2 、 O_2 、 N_2 或碳氫化合物)之全部或部分壓力。針對 H_2 ，部分壓力限制可為 10^{-12} Torr，而針對任何其他分子而言，該部分壓力可低於 10^{-10} Torr。

操作壓力可根據操作模式而不同。例如，操作壓力可根據發射機制及表面活化能而不同。熱場發射模式可在 10^{-9} Torr或更少下操作。低溫場發射模式可在 10^{-10} Torr或更少下操作。低溫場發射模式亦可在 10^{-11} Torr或更少下操作。

在熱場發射中，增加之熱能可更容易地解吸污染物，所以可存在對壓力之一減少之敏感度。若吸附物之接合能量較高，則接著使用一低壓力減少吸附物之照射率。

在光電陰極中，照明源中之增加之能量可提供解吸任何表面污染物之能力，但此可取決於使用材料之表面活化能。

操作壓力或其他真空參數影響發射器之污染或腐蝕。發射器周圍之環境之高粒子數目(諸如由水分或其他粒子引起)會導致加速之質量損失。功函數發射區域可消失且發射可減少至接近零，此係因為僅高功函數表面曝露於提取場。發射材料之任何孔蝕可經晶體破壞，此影響功函數。

例如，當一薄層碳形成於電子流發射表面上時可發生尤其係在較低操作溫度下之發射表面之碳污染。可由揮發性真空系統相關有機物(例如，油或潤滑劑)、拋光劑或清潔劑中之殘渣、棉簽或抹布中之剩餘纖維或其他源引起碳污染。碳膜利用一高功函數層污染發射表面，此導致減少之發射電流。

在另一實例中，可歸因於水分發生發射器中之材料之氧化、升華或蒸發。因此，耐火或介電材料可形成於其他表面上，包含內部表面、孔及陽極表面。

為了避免碳污染、水分損壞或氧化，控制圍繞電子發射系統之真空環境。環境之操作壓力可取決於操作模式。

可如本文描述之執行方法之步驟之各者。該等方法亦可包含可由本文描述之控制器及/或(若干)電腦子系統或(若干)系統執行之(若干)任何其他步驟。可由可根據本文描述之實施例之任何者經組態之一或多個電腦系統執行該等步驟。另外，可由本文描述之系統實施例之任何者執行以上描述之方法。

儘管已相對於一或多個特定實施例描述本發明，但將瞭解可在不違背本發明之範疇之情況下做出本發明之其他實施例。因此，認為僅由隨附申請專利範圍及其合理解譯限制本發明。

【符號說明】

100	電子發射系統
101	發射器
102	發射器安裝機構
103	第一區段
104	第二區段
105	圓形尖端
106	半徑
107	外部表面
108	中心
109	平坦發射小面
110	發射器核心
111	保護罩蓋層
200	提供具有一外部表面之一發射器
201	將一保護罩蓋層施加至該發射器之該外部表面

- 300
- 提供包含一保護罩蓋層之一發射器，該保護罩蓋層係安
置於該發射器之一外部表面上
- 301
- 將一電場施加至該發射器
- 302
- 自該發射器產生一電子束
- 400
- 系統
- 401
- 電子柱
- 402
- 電子束源
- 403
- 元件
- 404
- 晶圓
- 405
- 元件
- 406
- 偵測器
- 407
- 電子子系統

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種用以電子發射的設備，其包括：

一矽發射器，其中該矽發射器具有100 nm或更少之一直徑；及

一保護罩蓋層，其係安置於該矽發射器之一外部表面上，其中該保護罩蓋層包含鈦(ruthenium)。

【第2項】

如請求項1之設備，其中該矽發射器具有小於1 mm²之一發射區域。

【第3項】

如請求項1之設備，其中該保護罩蓋層具有1 nm至100 nm之一厚度。

【第4項】

如請求項3之設備，其中該保護罩蓋層具有1 nm至20 nm之一厚度。

【第5項】

如請求項4之設備，其中該矽發射器具有1 nm至50 nm之一尖端半徑。

【第6項】

如請求項1之設備，其中該保護罩蓋層在至少一發射區域中係無針孔的。

【第7項】

如請求項1之設備，其中該保護罩蓋層在至少一發射區域中係無氣泡及夾雜物的。

【第8項】

如請求項1之設備，其中該保護罩蓋層具有僅擁有小於1 nm之一直徑或長度尺寸的瑕疵。

【第9項】

如請求項1之設備，其中該保護罩蓋層具有少於 10^4 個雜質。

【第10項】

如請求項9之設備，其中該等雜質包含碳、氧化物、作為一溶解氣體之氧氣、鈉或鉀。

【第11項】

如請求項1之設備，其中該保護罩蓋層具有小於或等於25%之一多孔性。

【第12項】

如請求項1之設備，其中該保護罩蓋層具有大於或等於0.92之一堆積密度。

【第13項】

一種用以電子發射的方法，其包括：

提供具有一外部表面之一矽發射器，其中該矽發射器具有100 nm或更少之一直徑；

將一保護罩蓋層施加至該矽發射器之該外部表面，其中該保護罩蓋層包含鈦。

【第14項】

如請求項13之方法，其中該施加包含濺鍍沈積。

【第15項】

如請求項13之方法，其中該施加包含原子層沈積。

【第16項】

如請求項13之方法，其中該施加包含離子濺鍍。

【第17項】

一種用以電子發射的方法，其包括：

提供包含一保護罩蓋層之一矽發射器，該保護罩蓋層係安置於該矽發射器之一外部表面上，其中該矽發射器具有100 nm或更少之一直徑，且其中該保護罩蓋層包含鈎；

將一電場施加至該矽發射器；且

自該矽發射器產生一電子束。

【第18項】

如請求項17之方法，其中該矽發射器在 10^{-9} Torr或更少之一真空中操作。

【第19項】

一種用以電子發射的系統，其包括：

一電子束源；

一矽發射器，其係提供於該電子束源中以使得電子可以被引導朝向一樣本，其中該矽發射器具有100 nm或更少之一直徑；

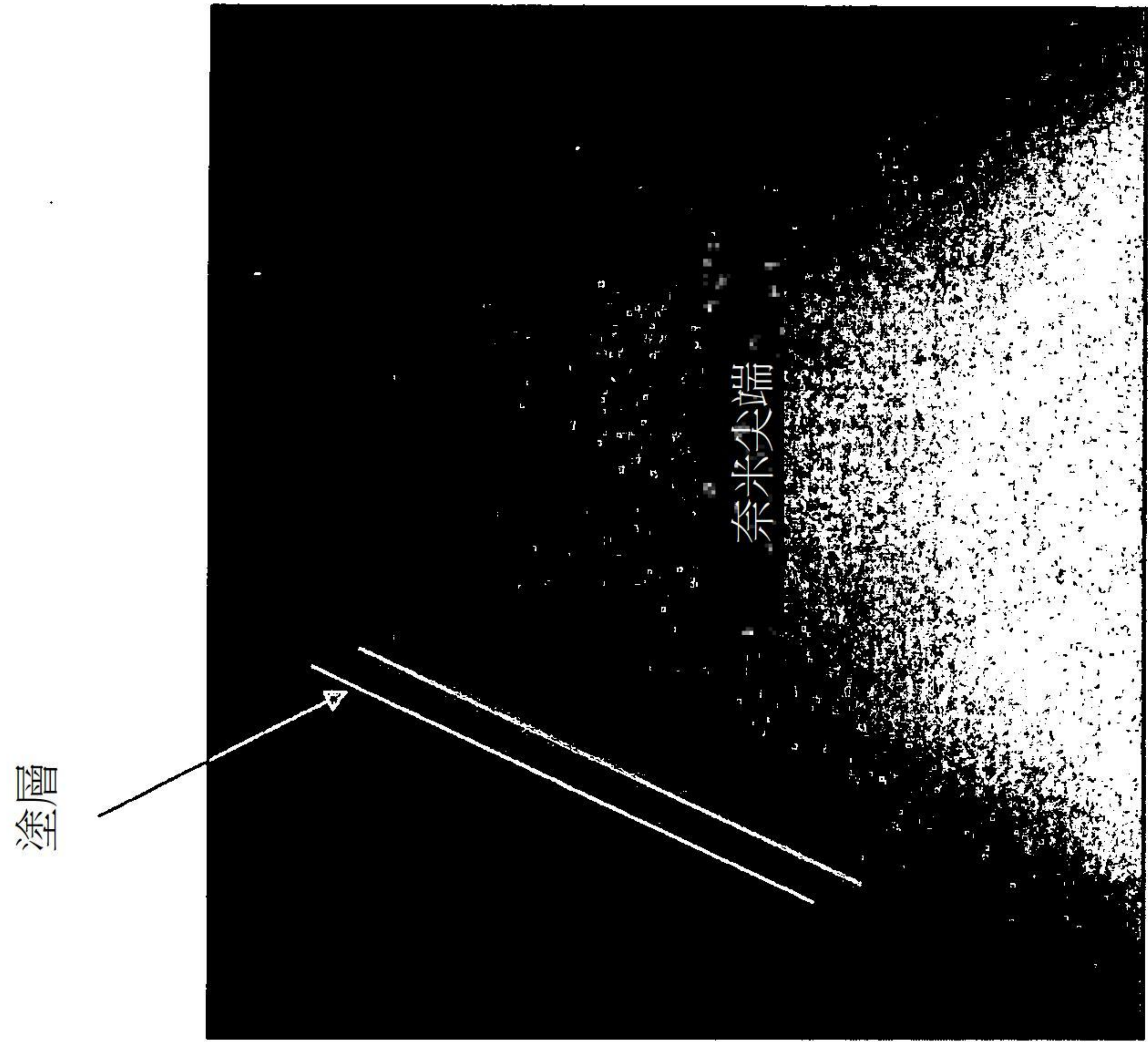
一保護罩蓋層，其經安置於該矽發射器之一外部表面上，其中該保護罩蓋層包含鈎；及

一偵測器，其偵測從該樣本返回的電子。

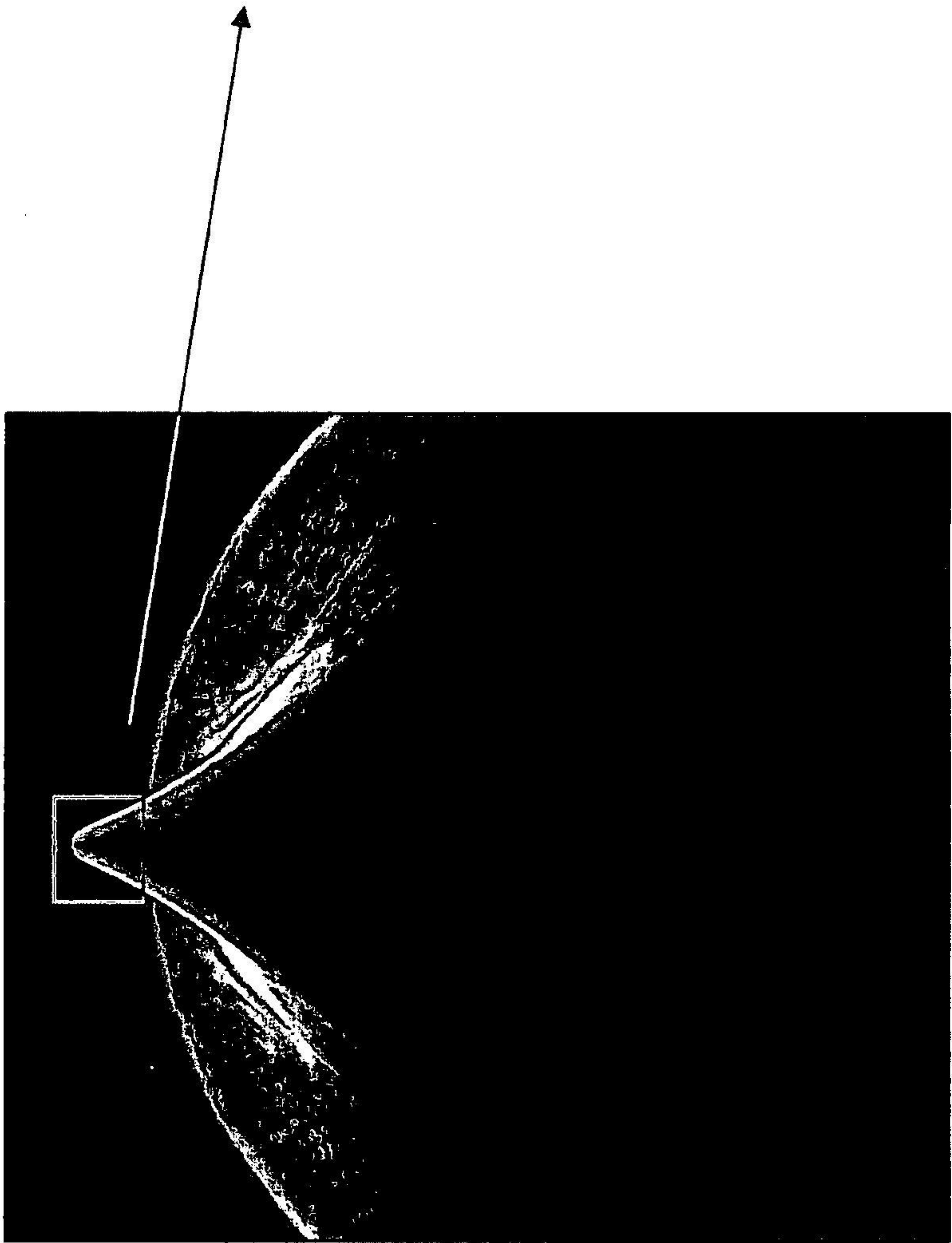
【第20項】

如請求項19之系統，其中該保護罩蓋層在至少一發射區域中係無針孔的。

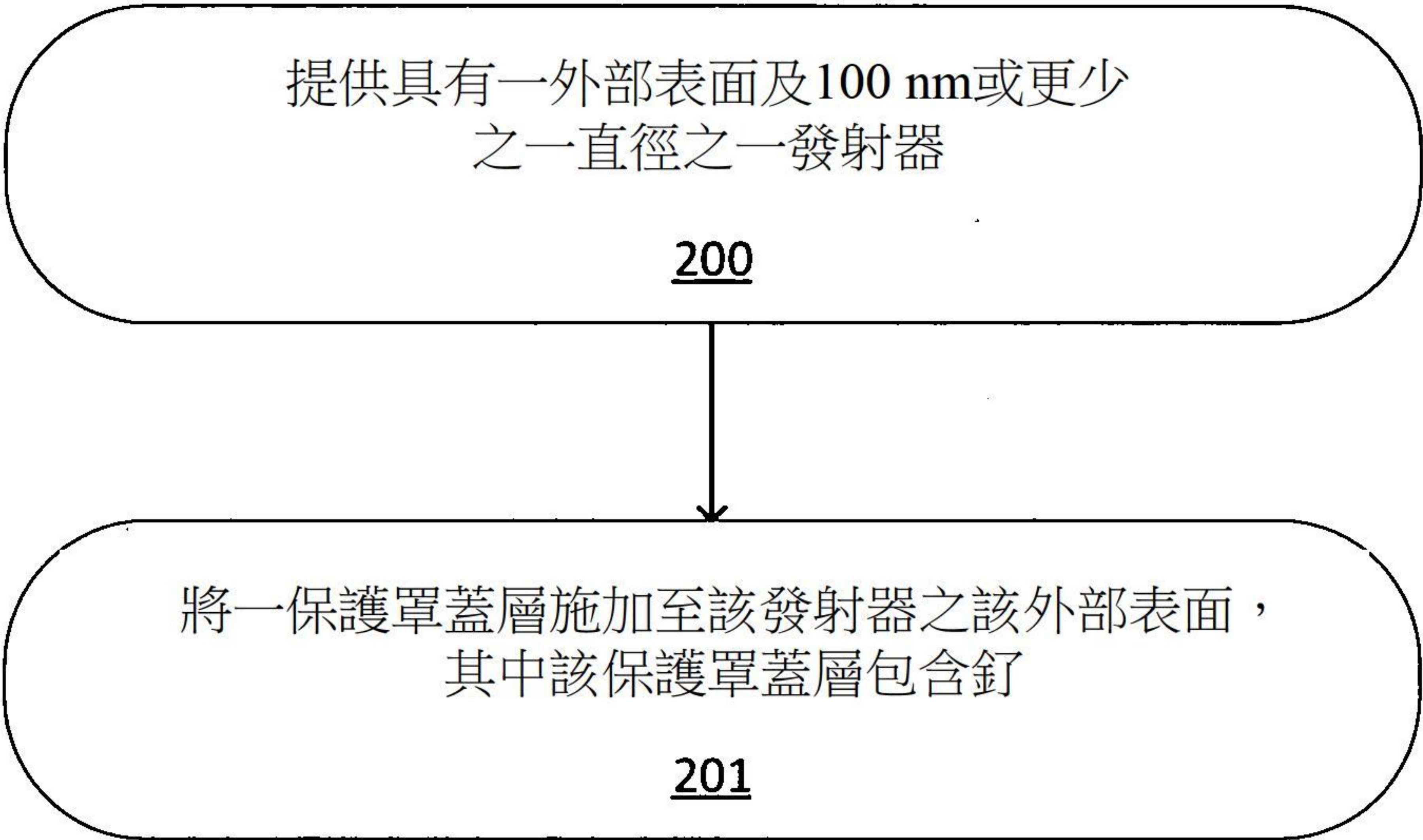




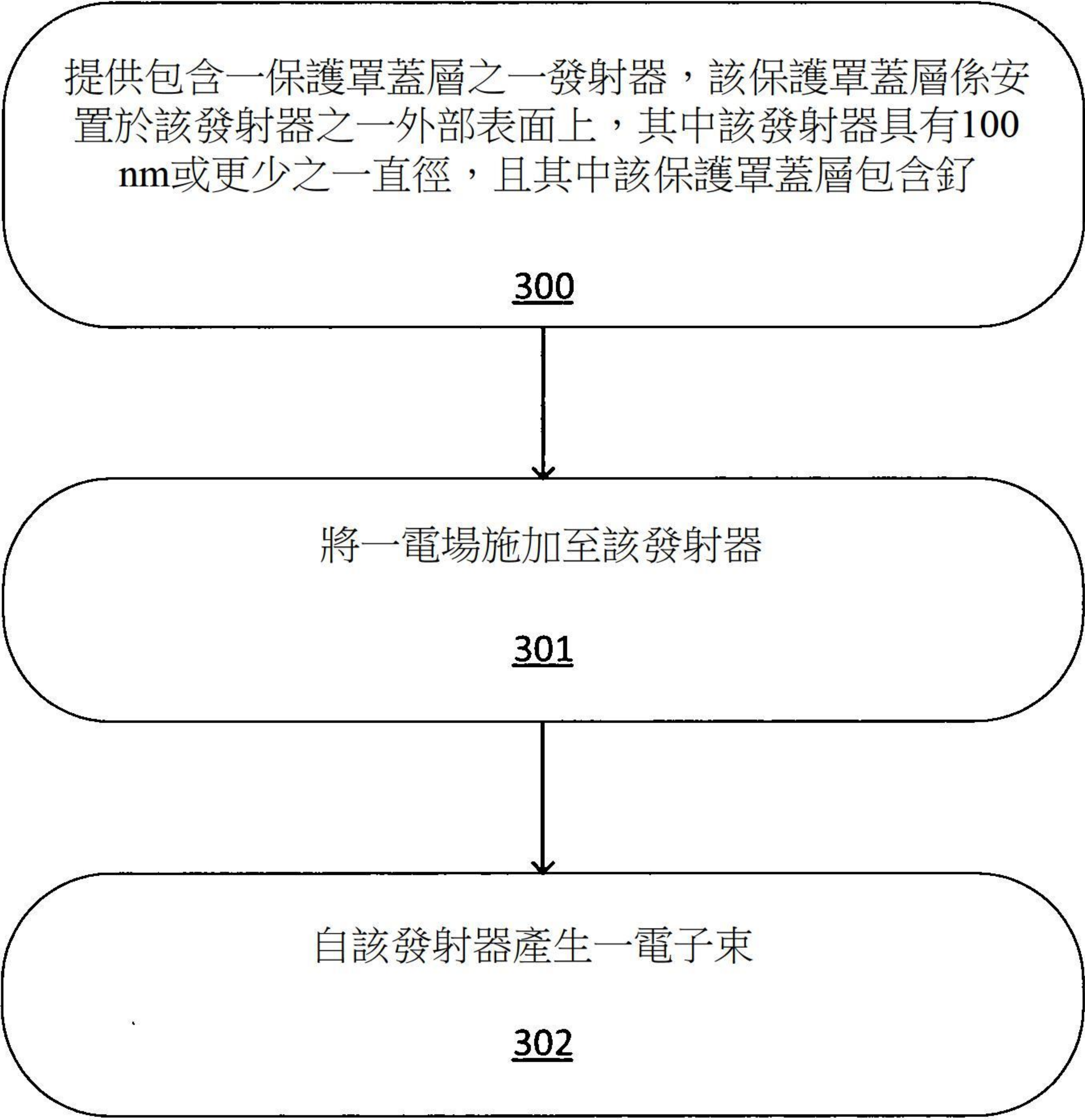
【圖3】



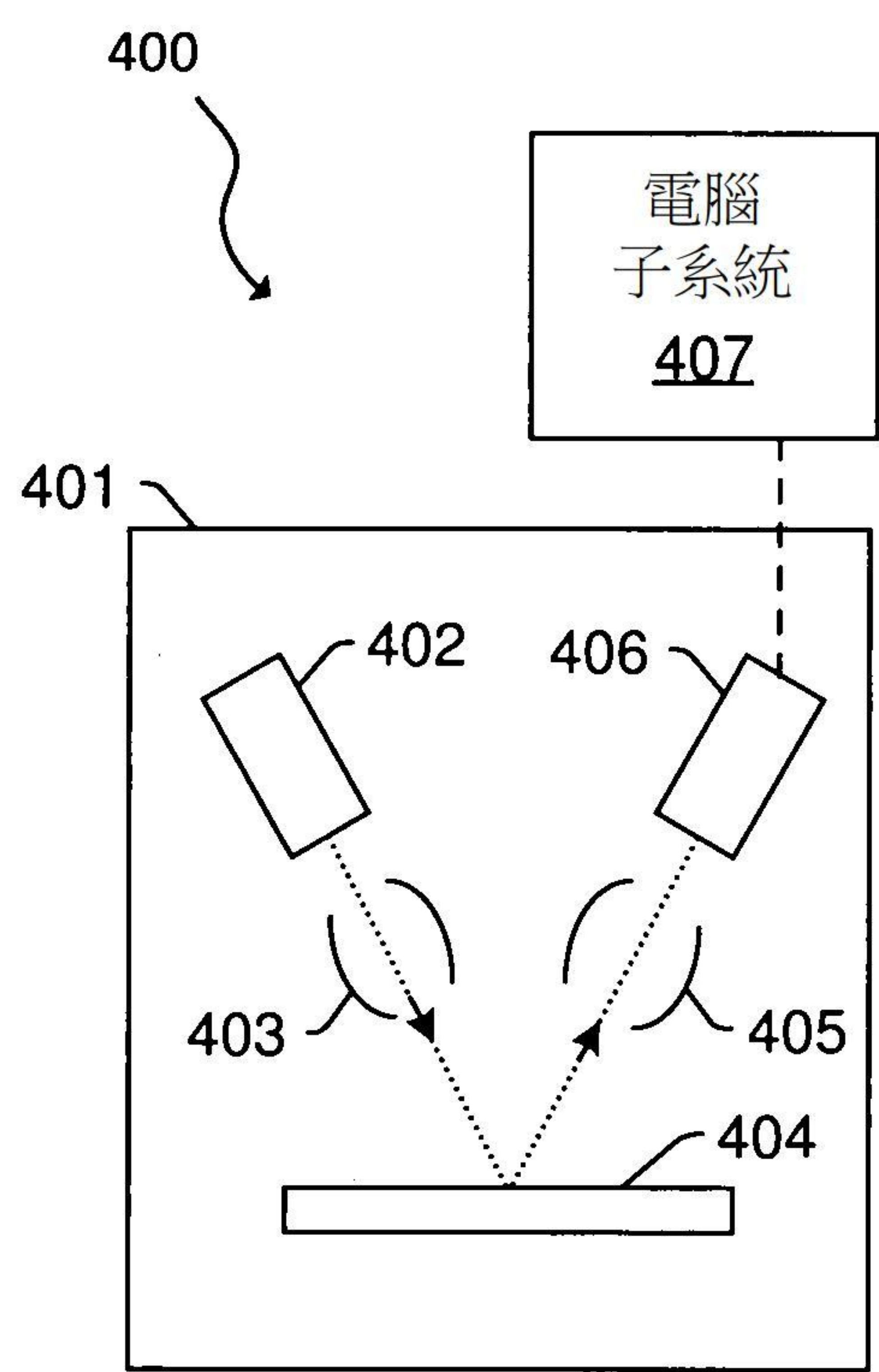
【圖2】



【圖4】



【圖5】



【圖6】