



(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 I790394 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 01 月 21 日

(21)申請案號：108127503

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 08 月 02 日

(51)Int. Cl. : **G01T1/20 (2006.01)****H01L33/50 (2010.01)****H01J37/244 (2006.01)****H01J49/02 (2006.01)**

(30)優先權：2018/08/02 以色列

260956

(71)申請人：以色列商應用材料以色列公司 (以色列) APPLIED MATERIALS ISRAEL LTD. (IL)
以色列(72)發明人：阿蘇林 伊泰 ASSULIN, ITAY (IL)；萊文 雅各布 LEVIN, JACOB (IL)；伊坦
蓋 EYTAN, GUY (IL)

(74)代理人：李世章；彭國洋

(56)參考文獻：

TW 201346311A

JP 2005-298603A

JP 2017-120192A

審查人員：陳勇志

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：5 共 40 頁

(54)名稱

用於電子偵測的感測器

(57)摘要

本發明相關於一種用於從物體發射的電子偵測的感測器，該感測器與以特定柱及晶圓電壓操作的帶電粒子束柱一起使用。感測器經配置且可操作以至少減低負離子與感測器的有效區域的相互作用，同時最小化電子能量損失。感測器也經配置且可操作以最小化以下兩者：有效區域的陰極發光效率的逐漸劣化、及在感測器操作期間產生且在整個閃爍體的壽命期間演變的陰極發光的動態改變。

The present invention relates to a sensor for electron detection emitted from an object to be used with a charged particle beam column being operated at a certain column and wafer voltage. The sensor is configured and operable to at least reduce interaction of negative ions with the active area of the sensor while minimizing electrons energy loss. The sensor is also configured and operable to minimize both gradual degradation of a cathodoluminescence efficiency of the active area and dynamic change of cathodoluminescence generated during operation of the sensor and evolving throughout the scintillator's lifetime.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 10:感測器
- 12:閃爍體結構
- 14:塗覆結構
- 50:光導
- 71:光子
- 73:光子

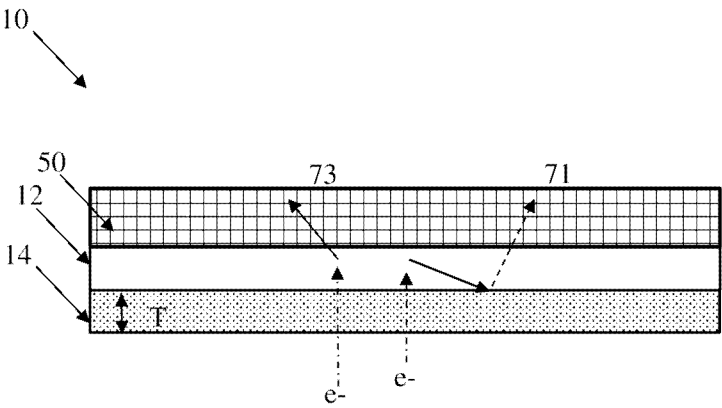


圖1E



I790394

【發明摘要】

【中文發明名稱】用於電子偵測的感測器

【英文發明名稱】SENSOR FOR ELECTRON DETECTION

【中文】

本發明相關於一種用於從物體發射的電子偵測的感測器，該感測器與以特定柱及晶圓電壓操作的帶電粒子束柱一起使用。感測器經配置且可操作以至少減低負離子與感測器的有效區域的相互作用，同時最小化電子能量損失。感測器也經配置且可操作以最小化以下兩者：有效區域的陰極發光效率的逐漸劣化、及在感測器操作期間產生且在整個閃爍體的壽命期間演變的陰極發光的動態改變。

【英文】

The present invention relates to a sensor for electron detection emitted from an object to be used with a charged particle beam column being operated at a certain column and wafer voltage. The sensor is configured and operable to at least reduce interaction of negative ions with the active area of the sensor while minimizing electrons energy loss. The sensor is also configured and operable to minimize both gradual degradation of a cathodoluminescence efficiency of the active area and dynamic change of cathodoluminescence generated during operation of the sensor and evolving throughout the scintillator's lifetime.

【指定代表圖】第（ 1E ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

1 0 感測器

1 2 閃爍體結構

1 4 塗 覆 結 構

5 0 光 導

7 1 光 子

7 3 光 子

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】用於電子偵測的感測器

【英文發明名稱】SENSOR FOR ELECTRON DETECTION

【技術領域】

【0001】 本發明相關於輻射閃爍偵測器的領域。更特定地，本發明相關於一種可用於電子偵測的基於閃爍的感測器結構。

【先前技術】

【0002】 閃爍體是當被例如 α 射線、 β 射線、 γ 射線、X 射線或中子的輻射擊中時吸收輻射以產生螢光的物質。閃爍體與光電偵測器(例如光電倍增管)組合可構成輻射偵測器。當被進入的粒子撞擊時，發光材料吸收其能量並閃爍(亦即，以光的形式重新發射吸收的能量)。各種系統，例如掃描電子顯微鏡(SEM)及電子束檢查工具，可包含閃爍體及光導。越來越需要提供具有長壽命的可靠且快速的閃爍體。

【發明內容】

【0003】 可通過用電子照射物體來評估(測量、檢查及/或檢閱)物體。接著，偵測從物體反射及/或散射的次級電子或後向散射電子(BSE)。據此，閃爍體在特定的加速電壓下被次級電子或後向散射電子轟擊，並相應地通過陰極發光(CL)發射可偵測的光。光實質上由光導聚集。在閃爍體內部產生的光子在所有方向上發射，且由於閃爍體及基板折射率而經受再吸收及全內反射。當閃爍體-光導

方案用作偵測器時，其設計中要考慮的任務之一是最大化光子傳送進入光導。為此目的，應用塗覆至閃爍體的表面以將光子反射回到閃爍體。

【0004】發明人驚奇地發現：閃爍體也被負離子轟擊。該等負離子實質上被加速前往閃爍體，從而造成閃爍體效率的劣化。此損壞機制極端有效且在非常短的時間週期內發生，且如果沒有減輕，將造成閃爍體的立即且不可逆的退化。負離子源是成像樣品或晶圓上的污染物及碳氫化合物（而非於閃爍體上）。通過稱為電子刺激解吸（ESD）的處理形成負離子，因此負離子的存在是樣品的掃描電子顯微鏡（SEM）成像所固有的。由於SEM中的場分佈，負離子到達閃爍體。

【0005】為了解決與負離子的轟擊相關聯的此問題，本發明提供了一種感測器，特別具有與閃爍體結構交界的塗覆結構，該閃爍體結構曝露於從物體發射的電子。塗覆結構經配置以具有特定的厚度，選擇該厚度以至少減低負離子與有效區域的相互作用，同時在與塗覆結構衝擊時最小化電子能量的損失。用語「至少減低負離子的相互作用」是指減速並在塗覆結構內包含負離子路徑，使得負離子不會到達閃爍體有效區域。以此方式，塗覆結構通過至少減低（例如，完全消除）負離子與閃爍體結構的相互作用來防止負離子損壞閃爍體材料（亦即，有效區域）。

【0006】塗覆結構也意圖產生與偏壓電極的接觸。此提供加速電壓至次級及BSE電子，並關閉由入射光束和次

級電子攜帶的電流的電迴路。塗覆結構經配置且可操作以改善電接觸及/或跨閃爍體結構的有效區域及塗覆結構之間的交界維持均勻的位能(亦即,跨感測器的電位能的均勻化)。塗覆結構可具有平面形狀,可或不可為連續的。例如,可使用具有網格形狀的結構。此外,塗覆結構具有特定材料成分,選擇該特定材料成分以將有效區域發射的光子反射回往有效區域(亦即,將閃爍體內部產生的光子反射回去,以最大化光子輸出至在其後側上連接至閃爍體的光導)。

【0007】 因此,根據本發明的廣泛態樣,提供了一種用於從一物體發射的電子偵測的感測器,該感測器與以一特定柱及晶圓電壓操作的一帶電粒子束柱一起使用。該感測器包括:一閃爍體結構,該閃爍體結構具有一有效區域及一特定壽命。該閃爍體結構包括一快速閃爍體材料(亦即,具有 ns 數量級的衰減時間),該快速閃爍體材料經配置且可操作以通過陰極發光及在以一特定衝擊能量電子衝擊時以一特定波長範圍發射光子;及一塗覆結構,該塗覆結構與該閃爍體結構交界且曝露於從該物體發射的該等電子。該塗覆結構經配置且可操作以維持跨該有效區域及該塗覆結構之間的該交界的一均勻位能。該塗覆結構具有一特定材料成分,選擇該特定材料成分以將該有效區域發射的光子反射回往該有效區域。該塗覆結構也具有一特定厚度,選擇該特定厚度以至少減低負離子與該有效區域

的相互作用，同時最小化衝擊該塗覆結構時電子能量的損失。

【0008】 在一些實施例中，該閃爍體結構包括一半導體III-V多量子井結構。

【0009】 在一些實施例中，根據該特定柱及晶圓電壓由該等負離子與該有效區域相互作用處的能量來決定該特定厚度。

【0010】 在一些實施例中，根據損壞該有效區域的負離子的類型來選擇該厚度。

【0011】 在一些實施例中，該塗覆具有至少200 nm的一厚度。

【0012】 在一些實施例中，該特定材料成分包括一導電材料，使得該塗覆結構經配置且可操作以作為一電極，以應用一電位能以加速次級及後向散射的電子前往該感測器。

【0013】 不幸地，閃爍體結構的損壞不僅與負離子轟擊相關。閃爍體與次級電子或後向散射電子的直接轟擊造成特定劑量後閃爍體發光效率的劣化。此也產生在短時間週期上改變閃爍體光輸出的動態效應(圖像抓取的比例)。例如，在 0.3 C/cm^2 的劑量之後，閃爍體的效率劣化可高達50%，在某些情況下甚至可劣化90%。

【0014】 為了解決與有效區域的陰極發光效率的逐漸劣化及感測器操作期間產生且在整個閃爍體的壽命期間演變的陰極發光的動態改變相關聯的上述問題，本發明提

供了一種包括多塗覆結構的塗覆結構。多塗覆結構限定了沿其深度具有不同物理及化學屬性的剖面。沿其深度的不同物理及化學屬性包括特定材料成分及特定厚度。選擇上述屬性以最小化以下兩者：該有效區域的一陰極發光效率的逐漸劣化、及在該感測器操作期間產生且在整個該閃爍體的壽命期間演變的陰極發光的一動態改變。兩個因素影響了陰極發光的光強度：次級及後向散射電子通過塗覆結構的傳輸（有效激發層級）及光學模式中的損失（導因於塗覆結構中或閃爍體結構及塗覆結構之間的交界處的吸收）。根據塗覆材料及閃爍體材料（塗覆材料沉積於閃爍體材料上）之間的交界化學性質來選擇塗覆結構的材料成分。考慮塗覆結構材料對操作波長的反射率/吸收率。如果在發射波長處塗覆的反射率為高，則閃爍體效率得到改進，反之亦然。塗覆結構能夠鈍化表面狀態並使表面位能均勻化以形成良好的等位能交界。使用不同的材料致能適當地控制塗覆結構及閃爍體結構之間的交界的接觸、化學性質、及形成影響表面位能均勻化程度及終止於閃爍體結構表面的缺陷的鈍化的內層。

【0015】 在一些實施例中，該多塗覆結構可包括在發射光子的該特定波長範圍處具有不同反射係數的至少兩個不同的塗覆材料。可由至少兩個層形成該多塗覆結構。該兩個層可具有不同厚度。

【0016】 在一些實施例中，該多塗覆結構可包括與該有效區域交界的一第一反射材料，及與來自該物體的一電子

發射交界的一第二反射材料。該第一反射材料具有較該第二反射材料低的一反射係數。可選擇與該有效區域交界的該第一反射材料以致能良好的歐姆(O h m i c)接觸(亦即, 低電阻), 以減輕表面狀態、缺陷及電子捕獲之其中至少一者的效應。第二反射層可具有根據損壞閃爍體結構的負離子的類型來選擇的一厚度。因此, 本發明提供了一種用於從經配置以具有增加的壽命的物體發射的電子偵測的感測器。用語「壽命」或「生命週期」同時是指閃爍體效率的劣化速率, 及閃爍體的效率/輸出的穩定性(亦即, 上述之動態瞬態效應)。足夠長的壽命(相對於劑量, 將在特定工作條件下累積)及閃爍體輸出的穩定性而沒有瞬態效應是掃描電子顯微鏡效能的重要參數。

【0017】 根據本發明的另一廣泛態樣, 提供了一種用於從一物體發射的電子偵測的感測器, 該感測器與以一特定柱及晶圓電壓操作的一帶電粒子束柱一起使用。該感測器包括: 一閃爍體結構, 該閃爍體結構具有一有效區域及一特定壽命。該閃爍體結構包括一快速閃爍體材料, 該快速閃爍體材料經配置且可操作以通過陰極發光及在以一特定衝擊能量電子衝擊時以一特定波長範圍發射光子; 及一塗覆結構, 該塗覆結構與該閃爍體結構交界。用語「多塗覆結構」是指沿其深度具有不同物理及化學屬性的結構, 例如材料、反射係數、厚度、化學屬性、導電性等。特定地, 多塗覆結構的厚度及材料皆特別經配置以解決上述壽命問題, 並最佳化效率。反射屬性上的改變可為連續的,

或多塗覆結構可限定具有不同反射屬性的兩個幾何區域。換句話說，多塗覆結構可包括在發射光子的該特定波長範圍處具有不同反射係數的至少兩個不同的塗覆材料。

【0018】 多塗覆結構交界的上表面、閃爍體結構及其底部表面都接收來自物體的電子帶電粒子發射。因此，多塗覆結構的底部表面（與閃爍體結構交界的表面相對）經配置以直接曝露於環境（例如，真空）以接收來自物體的電子帶電粒子發射。多塗覆結構/層可由兩個或更多個不同的塗覆材料製成，或由具有不同物理及化學特定屬性的一個複合材料製成。多塗覆結構（例如，特定材料複合物）經配置且可操作以將由閃爍體結構發射的後向光子反射回往閃爍體結構，以控制與閃爍體結構的有效區域前往有效區域的交界屬性。選擇特定厚度以最小化以下兩者：有效區域的陰極發光效率的逐漸劣化、及動態效應（例如，在感測器操作期間產生且在整個該閃爍體的壽命期間演變的陰極發光的動態改變）。

【0019】 在一些實施例中，本發明相關於一種用於從一物體發射的電子偵測的感測器。該感測器由閃爍體及多塗覆結構組成。該閃爍體包括一閃爍體材料，該閃爍體材料經配置且可操作以在電子衝擊時發射光子，多塗覆結構與閃爍體結構交界。在這方面，應理解為了操作本發明的感測器，感測器不須包括進一步的層。

【0020】 在一些實施例中，該閃爍體結構包括一半導體 III-V 多量子井結構。

【0021】 在一些實施例中，由至少兩個層形成該多塗覆結構。該兩個層可具有不同厚度。

【0022】 在一些實施例中，該多塗覆結構包括兩個不同的塗覆材料：與該有效區域交界的一第一反射材料，及與來自該物體的一電子帶電粒子發射交界的一第二反射材料。該第一反射材料(亦即，額外的塗覆材料)具有較該第二反射材料低的一反射係數，經配置以用於將光子反射回往半導體閃爍體結構。可選擇與該有效區域交界的該第一反射材料以致能良好的歐姆接觸以減輕表面狀態、缺陷及電子捕獲之其中至少一者的效應。

【0023】 在一些實施例中，至少一種塗覆材料是導電材料，使得多塗覆結構經配置且可操作以作為電極，以應用電位能至感測器。在一些實施例中，兩種材料都是導電的。

【0024】 第一反射材料的厚度及第二反射材料的厚度之間的比率可超過1：10或1：20。第一反射材料的厚度可在約2至50奈米的範圍中。第二反射材料的厚度可在約20至600奈米的範圍中。

【0025】 根據本發明的另一廣泛態樣，提供了一種用於從一物體發射的電子偵測的方法。該方法包括通過閃爍體接收電子；通過閃爍體且由於接收電子而發射光子。發射光子包括發射光子前往光導且發射光子前往與閃爍體交界的多塗覆結構。該方法額外地包括通過多塗覆結構將已穿過多塗覆結構的光子反射前往閃爍體。因此，閃爍體及多塗覆結構之間的交界經配置且可操作以進行控制。

【0026】 根據本發明的另一廣泛態樣，提供了一種增加用於從物體發射的電子偵測的感測器的壽命的方法，該感測器與以一特定柱及晶圓電壓操作的一帶電粒子束柱一起使用。該方法包括提供閃爍體結構，該閃爍體結構具有包括快速閃爍體材料的有效區域。該方法還包括將閃爍體結構與多塗覆結構交界，該多塗覆結構經配置以用於反射由閃爍體材料發射的後向光子，並沿其深度限定不同的物理及化學屬性。另外，該方法包括控制交界屬性（例如，最小化以下兩者：該有效區域的一陰極發光效率的逐漸劣化、及在該感測器操作期間產生且在整個該閃爍體的壽命期間演變的陰極發光的動態改變），及增加感測器的壽命。

【0027】 在一些實施例中，該方法進一步包括選擇多塗覆結構的材料（例如，選擇多塗覆結構的至少兩個材料）及其特定厚度。

【0028】 在一些實施例中，該方法進一步包括消除負離子與閃爍體結構的相互作用。消除負離子與閃爍體材料的相互作用可進一步包括選擇多塗覆結構的厚度。

【圖式簡單說明】

【0029】 為了更好地理解本文揭露的主題並舉例說明如何可在實行中實施，現在將藉由參考附圖僅以非限制性範例方式來描述實施例，其中：

【0030】 **圖 1 A** 及 **1 B** 展示了沒有損壞和均勻的偵測器區域的典型陰極發光圖像；

【0031】 圖1C及1D展示了閃爍體中離子損壞區域的陰極發光圖像；

【0032】 圖1E根據本發明的一些實施例圖示了示意圖的範例，表示了用於從物體發射的電子偵測的感測器及感測器內光子的傳播；

【0033】 圖2A為展示閃爍器中的區域的陰極發光圖像的照片，該圖像示範非劣化區域及在標準工作條件下通過累積撞擊它的劑量電子而劣化的區域；

【0034】 圖2B至2C分別圖示了劣化及其動態效應；

【0035】 圖2D根據本發明的一些實施例圖示了示意圖的範例，表示了用於從物體發射的電子偵測的感測器及感測器內光子的傳播；

【0036】 圖3圖示了示意圖的範例，表示了與本發明的感測器一起使用的系統；

【0037】 圖4圖示了舉例說明用於從物體發射的電子偵測技術的流程圖；及

【0038】 圖5圖示了基於本發明的教示舉例說明用於增加感測器壽命的技術的流程圖。

【實施方式】

【0039】 如上所述，發明人驚奇地發現，在操作期間，閃爍體也被負離子轟擊。圖1A及圖1B分別展示了具有和不存在破壞離子束的物體的成像區域。該等負離子在被電子轟擊的物體的表面附近形成，且通過電子刺激的解吸處理而產生。如圖1C至1D所圖示，負離子在被檢查物體的

表面上產生，且被柱產生的電場吸引到帶電粒子束柱中。離子被特定電位能加速，與偵測器碰撞，並損壞偵測器。消除負離子與閃爍體結構的相互作用在操作期間提供穩定的陰極發光及快速操作。

【0040】 本發明致能提供對離子損壞具有足夠免疫力的偵測器閃爍體，同時不損害電流效能。這可通過適當地選擇塗覆結構的厚度及/或材料來實行。塗覆結構經配置且可操作以防止源自物體表面的離子到達閃爍體結構。因此，閃爍體結構的壽命增加，且同樣地增加了感測器的壽命。參考圖1E，通過示意圖的方式圖示了本發明的感測器10，經配置且可操作以用於從物體發射的電子偵測。感測器10包括由快速閃爍體材料製成的閃爍體結構12(例如，閃爍體膜)，經配置且可操作以通過陰極發光及在電子 e^- 撞擊時以特定波長範圍發射光子，且塗覆結構14與閃爍體結構12交界且曝露於從物體發射的電子 e^- 。由閃爍體材料產生的光子可在各個方向上傳播。例如，由閃爍體結構12發射的光子73傳播前往光導50，光導50被併入帶電粒子束柱中(如圖3中所展示)。然而，如71中所圖示的一些光子由閃爍體結構12在不同於前往光導50的方向上發射。因此，塗覆結構14經配置以具有選擇的特定反射屬性，以用於重新引導由閃爍體結構12發射而傳播前往塗覆結構14的光子回到閃爍體結構12。換句話說，塗覆結構具有選擇的特定材料成分，以將閃爍體材料發射的後向光子反射前往閃爍體結構的有效區域。用

語「有效區域」是指閃爍體結構表現出輻射敏感性的區域。塗覆結構**14**也經配置以具有特定厚度**T**，選擇厚度**T**以至少減低(例如，完全消除)負離子與有效區域的相互作用，同時在與塗覆結構**14**衝擊時最小化電子能量損失。將塗覆結構**14**製造成足夠厚(例如幾百奈米(例如，在約200奈米至600奈米的範圍中)以實質上防止負離子到達閃爍體結構**12**，同時允許電子(例如次級電子及/或後向散射電子)到達閃爍體結構**12**。在這方面，應注意，使塗覆結構**14**太厚可減低穿過塗覆結構**14**的電子的能量。然而，由於塗覆結構**14**防止了離子損壞，塗覆結構**14**的厚度**T**可提供感測器敏感度及感測器壽命之間的折衷。可基於包含感測器的系統的一個或更多個參數來決定塗覆結構**14**的厚度**T**。例如，當阻止較低能量的負電子時，可需要較薄的元件。當沿著系統使用不同位能的方案時，可獲得撞擊感測器的負離子的更低或更高的能量。系統的一個或更多個參數可包含任何操作條件、任何照明參數、任何收集參數、閃爍體的預定所需壽命、及可到達閃爍體的可允許量的負離子。參數也可包含可到達閃爍體的可允許百分比的負離子、與負離子相關的任何參數及/或與感測器偵測到的電子相關的任何參數、負離子的識別(例如，負氫離子)、到達感測器時負離子的能量、到達感測器時負離子的分佈、將負離子引導前往感測器的加速電壓、感測器附近靜電場的任何參數、感測器附近磁場的任何參數、到達感測器時的電子能量、到達感測器時的電子分佈等。

可根據損壞有效區域的負離子的類型來選擇塗覆結構**14**的厚度**T**。特定地，離子可為更重或更輕，因此塗覆配置可相應地改變。在決定負離子具有不同的同一性(例如氬)之後，可測量及/或模擬塗覆結構**14**內的負離子路徑，且可將塗覆結構**14**設計為比路徑的深度更厚。與閃爍體結構**12**交界的塗覆結構**14**具有均勻分佈應用至閃爍體表面上的閃爍體結構的電壓偏壓(亦即，特定柱及晶圓電壓)的功能。因此，塗覆結構**14**經配置且可操作以跨有效區域及塗覆結構之間的交界維持均勻的位能。

【0041】在這方面，應注意，塗覆結構**14**的厚度**T**在一方面應適當地選擇以阻止負離子的傳播。另一方面，它不應過度減速移動前往閃爍體結構**14**的電子。換句話說，在一方面，裁製塗覆厚度**T**以阻擋離子到達有效區域。另一方面，該裁製最小化電子能量損失以便最大化效率。塗覆結構反射的效率致能提供電子能夠被抽空的能力及最小化電子的捕獲。此外，可由離子撞擊感測器的能量來決定厚度**T**。由閃爍體及物體位能來決定該能量。換句話說，可根據特定柱及晶圓電壓由負離子與有效區域相互作用的能量來決定特定厚度**T**。也可根據損壞有效區域的負離子的類型來選擇厚度**T**。塗覆結構**14**的精確厚度**T**是根據工作條件及感測器配置決定的，且可改變以適應仍在上述準則內的該等條件，以減輕離子問題。在一特定且非限制性範例中，針對具有約9至15 kV的範圍中的衝擊能量的電子，塗層具有至少200 nm的厚度。

【0042】此外，應理解，當使用快速閃爍體材料時，與負離子相互作用相關聯的問題特別顯著。因此，例如，閃爍體結構包括半導體III-V多量子井結構。例如，閃爍體材料可為異質結構。例如，閃爍體材料可以紫外光或藍光或黃光之光譜發射。例如，半導體III-V多量子井結構可包括氮化物半導體層，該氮化物半導體層是指含有Ga、In、及Al之其中至少一個作為III族元素且含有N作為主要V族元素的化合物。

【0043】應注意，儘管在圖式中，閃爍體結構12及塗覆結構14被圖示為具有平面形狀，此僅為範例。應理解，為了圖示的簡化及清楚，圖式中所展示的元件不必按比例繪製。可通過任何沉積方法(例如，通過熱蒸發)將塗覆結構14沉積於閃爍體結構12上。塗覆技術已得到很好的研究，且有許多合適的塗覆及層可包含在本發明中。另外，存在許多形成本領域中已知的具有本發明所需的光學及/或保護屬性的塗覆的方法。

【0044】塗覆結構14可由單層材料形成，或可包括多個層，儘管未特別展示。在一些實施例中，塗覆結構14包括沿其深度具有不同物理及化學性質的多塗覆結構。多塗覆結構經配置以具有特定材料成分及特定厚度。選擇該特定材料成分及特定厚度以最小化以下兩者：有效區域的陰極發光效率的逐漸劣化、及在感測器操作期間產生且在整個閃爍體的壽命期間演變的陰極發光的動態改

變。即使在相同的掃描電子顯微鏡中，可使用該塗覆及感測器的不同厚度及配置。

【0045】 在一些實施例中，多塗覆結構可包括至少兩個不同的塗覆材料，該等塗覆材料在發射的光子的特定波長範圍具有不同的反射係數。多塗覆結構可由至少兩個層製成。兩個層可具有不同厚度。

【0046】 在一些實施例中，多塗覆結構可包括與有效區域交界的第一反射材料及與來自物體的電子發射交界的第二反射材料。第一反射材料可具有低於第二反射材料的反射係數。可選擇與有效區域之表面交界的第一反射材料，以致能與閃爍體結構的表面的良好歐姆接觸，以減輕表面狀態、缺陷和電子捕獲之其中至少一者的效應。第二反射層可具有根據損壞閃爍體結構的負離子的類型選擇的厚度。因此，第一反射材料及第二反射材料可具有不同的厚度。在特定且非限制性的範例中，由於較低的反射係數，第一反射材料可製造得相對較薄(例如，在約3至20奈米(例如，15奈米)的範圍中)。然而，由於較低的反射係數，第一反射材料的厚度應經配置以減輕壽命問題且最小化效率的降低。進一步地，第二反射材料可製造得足夠厚(例如幾百奈米(例如，在約200奈米至600奈米的範圍中)，以實質上防止負離子到達閃爍體結構，同時允許電子(例如次級電子及/或後向散射電子)到達閃爍體。在這方面，應注意，將第二反射材料製作得足夠厚可減低穿過第二反射材料的電子的能量。然而，由於第二反射材料防

止離子損壞，第二反射材料的厚度可提供感測器的敏感度及感測器的壽命之間的折衷。應注意，第一反射材料或第一反射材料及第二反射材料的組合可經配置以實質上防止負離子到達閃爍體結構。增加第一反射材料的厚度可增加第一反射材料在實質上防止負離子到達閃爍體結構中的作用。例如，當期望第一反射材料起實質防止負離子到達閃爍體的主要作用(或專有作用)時，則第一反射材料可比第二反射材料厚。應注意，可基於包含感測器的系統的一個或更多個參數來決定第一反射材料的厚度及/或第二反射材料的厚度。在一些實施例中，第二反射層具有根據損壞閃爍體結構的負離子的類型選擇的厚度及/或材料。

【0047】 如上述，與閃爍體的發光效率劣化相關聯的另一問題是在由次級電子或後向散射電子引起的閃爍體結構的損壞。參考圖2A，展示了具有劣化區域及圍繞劣化區域的非劣化區域的閃爍體結構的陰極發光圖像。隨著累積的電子劑量隨時間的推移，閃爍體效率的劣化增加。電子轟擊在閃爍體結構中產生額外的缺陷(或擴大現有的低效率區域附近的低效率區域)，因此減低了陰極發光效率。更特定地，由物體發射的電子的累積劑量造成閃爍體效率隨著劑量的增加(亦即，陰極發光的劣化)及動態/暫時/瞬態效應(在下文中稱為動態效應)而劣化，而造成操作期間陰極發光的改變。該兩個效應會減低基於閃爍體的偵測器的壽命。動態行為導因於兩個效應：效率恢復及效率衰減返回。當閃爍體曝露於電子通量時發生恢復，第一

曝露時間訊框(例如,多訊框圖像抓取中的第一訊框)展示上述劣化,但連續的時間訊框更亮。在恢復之後,如果沒有電子撞擊偵測器,效率緩慢地(例如,分鐘的數量級)衰減返回劣化值。該處理可稱為衰減返回。衰減返回的處理相關於從材料中載體激發的鬆弛,該材料具有內部缺陷使載體返回到缺陷。參考圖 2 B 至 2 C,圖示了劣化效應。更特定地,在圖 2 B 中以累積劑量的標度表示閃爍體輸出對不定單位的累積劑量。在圖 2 C 中以圖像獲取的標度表示作為不定單位的時間的函數的不同電流密度的閃爍體輸出。當將曝露閃爍體於電子時,不希望的動態效應清楚地展示在圖式中。恢復速率及飽和度值取決於電流密度。較高的電流密度以較高層級飽和效率。電流密度越高使恢復越快。因此,動態效應隨著累積劑量而增加,且高度依賴於操作期間衝擊閃爍體的電流密度,及該電流密度的短期歷史。更特定地,動態效應可根據當前評估迭代的特定照明及/或收集條件而改變,且也受先前評估迭代的影響。可減輕或補償閃爍體效率上的恆定及穩定的減少。相反地,由於上述效應的依賴性,動態效應更難以補償。用於累積該動態效應的時間標度可為包含閃爍體的系統的操作條件的函數,且可在例如幾個月到一年之間的操作範圍。發現動態效應的來源為閃爍體結構表面處的表面狀態。該等表面狀態源自閃爍體材料的物理屬性及其生成方法,且為閃爍體材料的固有屬性。在這方面,應注意,特

別是使用快速閃爍體觀察到如上所述減低基於閃爍體的偵測器的壽命的效應。

【0048】 參考圖2D，通過示意圖的方式圖示了本發明的感測器10'，經配置且可操作以用於從物體發射的電子偵測。根據本發明的此廣泛態樣，感測器10'包括由快速閃爍體材料製成的閃爍體結構12(例如，閃爍體膜)。閃爍體結構12經配置且可操作以通過陰極發光及在電子e-衝擊時以特定波長範圍發射光子，且多塗覆結構14與閃爍體結構交界。本發明提供一種用於從物體發射的電子偵測的感測器，該感測器與以特定柱及晶圓(亦即，加速)電壓操作的帶電粒子束柱一起使用，經配置以具有增加的壽命。

【0049】 發明人發現，不同的材料及不同的厚度導致不同的劣化及不同的恢復。一些材料提供最大效率但壽命最短，一些材料提供低效率但壽命最長。因此，本發明提供了一種沿其深度具有不同物理及化學屬性的多塗覆結構。選擇的厚度的選擇的材料的獨特組合提供給感測器增加的壽命及最佳化的效率。該等屬性的改變可為連續的，或多塗覆結構可限定具有不同屬性的兩個幾何區域。多塗覆結構可由兩個不同的塗覆材料或具有特定屬性的一個複合材料製成(例如，具有上述屬性的單一材料)。

【0050】 在這方面，應理解，量子井在激發下發射光子。該等光子擴散以充滿由整個閃爍體結構形成的容積，且在該等光子離開該容積之前，該等光子形成內部「模

式」。閃爍體結構內的光學模式部分地受到邊界處的全內反射的限制，但是該光學模式也稍微擴散到交界外，且在閃爍體結構及塗覆結構之間的交界處包含漸逝部分。該交界可為透明的或吸收的。如果交界為透明的，該交界充當介電包層(無損失)。然而，如果交界為吸收的，感測器不會收集部分的發光，而是在交界處被吸收。因此，適當地選擇本發明的多塗覆結構的材料成分以控制最小化光學損失的交界屬性。此外，也應注意，如上述，天然氧化物層以及碳氫化合物及任何其他污染物可在塗覆之前覆蓋閃爍體表面。氧化的閃爍體表面可變更感測器的電屬性。為此，在本發明中，與閃爍體表面交界的塗覆材料的材料成分可選擇為 O_2 清除劑，從底層吸取氧氣。以這種方式，最小化感測器的光學效率的劣化。

【0051】 該動態效應的最小化提供了感測器隨著時間的均勻的非劣化效率。由於閃爍體材料的物理屬性及其生成方法，半導體閃爍體材料(例如，單晶或多量子井)包括產生電子捕獲的缺陷及表面狀態。以下可能是該等效應的來源的物理解釋。該等缺陷在充電時可產生針對電荷的局部位能障礙，且可成為非輻射重新組合位點(加熱中心)。缺陷可表現為捕獲、耗盡容積、非輻射重新組合中心、及局部加熱，且在強激發(例如，電子束輻射)下易於延伸或倍增。該等電子捕獲可產生局部電位能(亦即，提高導電帶及價帶兩者中的位能)，產生針對自由電子的排斥，從而產生局部耗盡層。耗盡層可局部地減低載體密度，從而

減低輻射重新組合及總效率，且也便於上述動態效應。如上述，表面狀態可產生陰極發光強度上改變的動態效應且減低感測器的壽命。本發明的技術減輕了該等效應（例如，通過中和該等表面狀態），從而增加了感測器效率的效率及均勻性及感測器的壽命。多塗覆結構可由至少兩個具有不同物理屬性的材料製成。在這方面，應理解，如果使用單一塗覆層將發射的光子反射前往閃爍體結構，該單一塗覆層應由具有足夠高的反射係數的材料製成，以有效地將光子反射返回。然而，具有高反射係數的材料不具有所需的物理及化學屬性以減輕上述壽命效應。此外，該等材料可能與閃爍體材料不具有良好的電接觸，使得在閃爍體材料表面處產生的表面狀態不被中和。在一些實施例中，所選擇的材料因而應具有與延伸至閃爍體材料表面的缺陷核心良好的歐姆接觸，而中和其中的電荷。此繼而使缺陷周圍的位能平坦化，且防止或降低新捕獲的形成。

【0052】 此外，與閃爍體半導體材料一起使用的塗覆材料在塗覆材料及半導體材料之間的交界處產生化學反應。然後，可產生通常不導電的中間層，減低感測器的效率。發明人驚奇地發現，在與半導體閃爍體材料的交界處導入額外的塗覆材料增加了感測器的壽命。本發明的感測器具有增加的壽命，且在操作期間具有穩定的陰極發光，在感測器效率上具有最小的衝擊。

【0053】 在圖2D的此特定及非限制性範例中，多塗覆結構14由至少兩個層製成。多塗覆結構14經配置且可操

作以將由有效層發射的後向光子反射前往閃爍體結構**12**。多塗覆結構**14**也經配置且可操作以減輕壽命效應。特定地，可經配置以避免減低輻射重新結合及上述相關的動態效應。控制塗覆及閃爍體結構之間的介面的品質及屬性，在操作期間提供了穩定均勻的陰極發光。例如，此可通過提供具有與閃爍體材料良好電(例如，歐姆)接觸的材料來實行，以減輕表面狀態、缺陷及電子捕獲的效應(例如，中和閃爍體結構表面處的表面狀態)。因此，多塗覆結構**14**可經配置且可操作以最小化以下兩者：閃爍體結構**12**的陰極發光的逐漸劣化、及感測器**10'**的操作期間的陰極發光的動態改變。在一些實施例中，多塗覆結構**14**由至少一個導電材料製成，使得多塗覆結構**14**可作為應用電位能至感測器的電極。在該特定且非限制性的範例中，多塗覆結構**14**包括至少兩個不同的塗覆材料**14A**及**14B**，塗覆材料**14A**及**14B**具有不同的物理及化學屬性，例如在發射的光子的特定波長範圍處的反射係數、導電性及其他化學屬性。在一特定且非限制性範例中，針對從閃爍體發射的特定波長，一個塗覆材料的反射係數為約0.5，針對第二塗覆材料，反射係數 >0.9 。針對提供減輕壽命問題及離子問題的其他材料，該等數值可為不同(例如，針對第一塗覆材料為0.8，針對第二塗覆材料為 >0.9)。第一反射材料**14A**與閃爍體結構**12**交界，第二反射材料**14B**與來自物體的電子發射交界。第一反射材料**14A**具有低於第二反射材料**14B**的反射係數。在

這方面，應理解，選擇第二反射材料 **14 B** 以有效的方式將由閃爍體結構 **12** 發射的光子反射返回。據此，第一反射材料 **14 A** 將一些光子(來自閃爍體)反射返回閃爍體結構 **12**。例如，由閃爍體結構 **12** 發射的光子 **73** 傳播前往光導 **50**，光導 **50** 併入帶電粒子束柱中(如圖 **3** 中所展示)。該圖式也展示了由閃爍體結構 **12** 發射前往第一反射材料 **14 A** 且進一步從第一反射材料 **14 A** 重新反射前往閃爍體結構 **12** 的光子 **71**。第二反射材料 **14 B** 經配置以反射穿過第一反射材料 **14 A** 的光子前往第二反射材料 **14 A** 回往閃爍體結構 **12**。為了圖示的目的，光子 **72** 從閃爍體結構 **12** 發射前往第一反射材料 **14 A** 且傳播前往第二反射材料 **14 B**。第二反射材料 **14 B** 重新引導光子 **72** 穿過第一反射材料 **14 A** 前往閃爍體結構 **12**(及光導 **50**)。第二反射材料 **14 B** 的較高反射係數使得大部分光子被反射返回前往閃爍體結構 **12**。然而，具有高反射係數的反射材料不會減輕或解決上述壽命問題。反射材料 **14 A** 在反射材料 **14 A** 及閃爍體結構 **12** 之間的交界處具有比反射材料 **14 B** 在反射材料 **14 B** 及閃爍體結構 **12** 之間的假想交界處更良好的電(例如，歐姆)接觸，這可產生較低導電度的中間層，如上述。閃爍體結構 **12** 的特定物理屬性(例如，接觸屬性)實際上中和了引起閃爍體劣化及動態效應的物理機制。以此方式，最小化感測器操作期間陰極發光的動態改變，同時延長感測器的壽命且隨著時間的推移提供感測器的均勻效率。應注意，如上述，由於閃爍體材料的劣化，例如

在六個月之後，基於本領域中已知的閃爍體材料，傳統感測器的效率與在第一天採用的第一訊框相比要低得多。因此，基於閃爍體材料的傳統感測器的效率是不均勻的，不能準確地預測，因此不能相應地進行補償。然而，令人驚訝的是，通過使用本發明的感測器，上述動態效應的最小化導致光子輻射的增加。由於多塗覆結構，本發明的感測器的效率是均勻的。

【0054】 例如，至少一個塗覆材料可由金屬材料製成。在特定且非限制性的範例中，多塗覆結構**14**可由鈦、鋁、氮化物、金、銀、鉬、鋁化鈦、鈮、鎢、氧化銦錫、二硼化鎂、鉻、鉑、釩、及鉛的其中至少兩者製成。

【0055】 在一些實施例中，第一反射材料**14A**及第二反射材料**14B**是具有相同厚度的層。在特定且非限制性的範例中，由於較低的反射係數，可將第一反射材料**14A**製造得相對較薄(例如，在約3至20奈米(例如，15奈米)的範圍中)。也可將第二反射材料**14B**製造得相對較薄(例如，在約3至20奈米(例如，15奈米)的範圍中)。然而，第一及第二反射材料的厚度應足夠大以將來自閃爍體的一些光子反射返回閃爍體。替代地，第一反射材料**14A**及第二反射材料**14B**是具有不同厚度的層。

【0056】 參考圖3，圖示了與本發明的感測器一起使用的系統**100**，用於從物體發射的電子偵測。例如，系統**100**可為掃描電子顯微鏡(SEM)或任何其他電子束檢查工具的至少一部分。系統**100**包含用於支撐及移動物體**200**的

機械單元**130**。系統**100**也包含帶電粒子單元，例如以某柱及晶圓電壓操作的帶電粒子束柱**120**。帶電粒子束柱**120**經配置以用於使用光子照射物體及用於偵測從物體**200**發射的帶電粒子。帶電粒子束柱**120**包含本發明的感測器**S**，可通過圖**1D**的感測器**10**或圖**2D**的感測器**10'**來實行。系統**100**的配置是特定且非限制性的範例，且感測器**S**可根據系統需求放置在任何合適的位置。本發明不限於該配置。感測器**S**曝露於從物體**200**發射的帶電粒子，且通過陰極發光及在帶電粒子以特定衝擊能量衝擊時以特定波長範圍發射光子。感測器**S**可與光導**50**及光電倍增器**60**相關聯，光電倍增器**60**併入帶電粒子束柱**120**中。光導**50**位於感測器**S**及光電倍增器**60**之間。帶電粒子束柱**120**以特定柱及晶圓電壓操作，以致能閃爍體結構發射的光子傳播前往光導**50**。在與前往光導**50**不同的方向上發射的光子應被重新引導前往光導**50**。因此，感測器**S**也經配置以用於將光子反射前往閃爍結構，且進一步前往光導**50**。

【0057】 圖**4**是用於從物體發射的電子偵測的方法**300**的範例。方法**300**包括在步驟**310**中通過閃爍體結構接收電子且由於電子的接收而在步驟**320**中發射光子。在步驟**320**中發射光子之後，在步驟**330**中將已穿過塗覆結構的光子反射前往閃爍體結構。閃爍體結構及塗覆結構之間的交界經配置且可操作以控制交界屬性。方法**300**可包括步驟**340**中的實質上防止負離子到達閃爍體。該實質防止可

包含防止所有負離子到達閃爍體，或僅防止大多數（例如 80 %、90 %、95 %、99 % 等）負離子到達閃爍體。

【0058】 圖 5 是用於增加從物體發射的用於電子偵測的感測器的壽命的方法 400 的範例。方法 400 在步驟 410 中包括提供閃爍體結構，該閃爍體結構具有與多塗覆結構交界的有效區域，經配置以用於將有效區域發射的光子反射返回，在步驟 420 中，控制有效區域及多塗覆結構之間的交界的屬性，及在步驟 430 中，最小化以下兩者：有效區域的陰極發光效率的逐漸劣化、及在該感測器操作期間產生且在整個該閃爍體的壽命期間演變的陰極發光的動態改變，從而增加感測器的壽命。方法 400 可進一步包括步驟 422 中的選擇多塗覆結構的材料以提供與閃爍體材料的良好電接觸（歐姆接觸）。方法 400 可進一步包括步驟 432 中的消除負離子與閃爍體結構的相互作用。為此，方法 400 可進一步包括步驟 434 中的選擇多塗覆結構的厚度。例如，可增加多塗覆結構的厚度。

【符號說明】

【0059】

10 感測器

10' 感測器

12 閃爍體結構

14 塗覆結構

14 A 塗覆材料

14 B 塗覆材料

5 0 光 導

6 0 光 電 倍 增 器

7 1 光 子

7 2 光 子

7 3 光 子

1 0 0 系 統

1 2 0 帶 電 粒 子 束 柱

1 3 0 機 械 單 元

2 0 0 物 體

3 0 0 方 法

3 1 0 步 驟

3 2 0 步 驟

3 3 0 步 驟

3 4 0 步 驟

4 0 0 方 法

4 1 0 步 驟

4 2 0 步 驟

4 2 2 步 驟

4 3 0 步 驟

4 3 2 步 驟

4 3 4 步 驟

【生物材料寄存】

【 0 0 6 0 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 0 6 1 】 國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

【發明申請專利範圍】

【第 1 項】一種用於從一物體發射的電子偵測的感測器，
該感測器包括：

一閃爍體結構，該閃爍體結構具有一有效區域及一特定壽命，該閃爍體結構包括一快速閃爍體材料，該快速閃爍體材料經配置且可操作以藉由陰極發光及在以一特定衝擊能量電子衝擊時以一特定波長範圍發射光子；及

一塗覆結構，該塗覆結構與該閃爍體結構交界且曝露於從該物體發射的該等電子，該塗覆結構經配置且可操作以維持跨該有效區域及該塗覆結構之間的該交界的一均勻位能，其中該塗覆結構具有一特定材料成分及一特定厚度，選擇該特定材料成分以將由該有效區域發射的光子反射回往該有效區域，選擇該特定厚度以至少減低負離子與該有效區域的相互作用，同時最小化衝擊該塗覆結構時電子能量的損失。

【第 2 項】如請求項 1 所述之感測器，其中該閃爍體結構包括一半導體 III-V 多量子井結構。

【第 3 項】如請求項 1 所述之感測器，其中該感測器與以一特定柱及晶圓電壓操作的一帶電粒子束柱一起使用，且根據該特定柱及晶圓電壓由該等負離子與該有效區域相互作用處的能量來決定該特定厚度。

【第 4 項】如請求項 3 所述之感測器，其中根據損壞該有效區域的負離子的類型來選擇該厚度。

【第 5 項】如請求項 1 所述之感測器，其中該塗覆結構具有至少 200 nm 的一厚度。

【第 6 項】如請求項 1 所述之感測器，其中該特定材料成分包括一導電材料，使得該塗覆結構經配置且可操作以作為一電極，以應用一電位能以加速次級及後向散射的電子前往該感測器。

【第 7 項】如請求項 1 所述之感測器，其中該塗覆結構包括一多塗覆結構，該多塗覆結構沿著該多塗覆結構的深度具有不同的物理及化學屬性。

【第 8 項】如請求項 7 所述之感測器，其中該多塗覆結構包括在發射的該等光子的該特定波長範圍處具有不同反射係數的至少兩個不同的塗覆材料。

【第 9 項】如請求項 7 所述之感測器，其中由至少兩個層形成該多塗覆結構。

【第 10 項】如請求項 9 所述之感測器，其中該兩個層具有不同厚度。

【第 11 項】如請求項 7 所述之感測器，其中該多塗覆結構包括與該有效區域交界的一第一反射材料，及與來自該物體的一電子發射交界的一第二反射材料，該第一反射材料具有較該第二反射材料低的一反射係數。

【第 12 項】如請求項 11 所述之感測器，其中選擇與該有效區域交界的該第一反射材料以致能良好的歐姆 (O h m i c) 接觸，以減輕表面狀態、缺陷及電子捕獲之其中至少一者的效應。

【第 13 項】如請求項 7 所述之感測器，其中該多塗覆結構具有一特定材料成分及一特定厚度，選擇該特定材料成分及該特定厚度以最小化以下兩者：該有效區域的一陰極發光效率的逐漸劣化、及在該感測器操作期間產生且在整個該閃爍體的壽命期間演變的陰極發光的一動態改變。

【第 14 項】如請求項 7 所述之感測器，其中該多塗覆結構包括：至少一第一反射材料和一第二反射材料，其中該第一反射材料具有在 3 奈米 (n m) 與 20 n m 之間的厚度。

【第 15 項】如請求項 14 所述之感測器，其中該第一反射材料和該第二反射材料是金屬的。

【發明圖式】

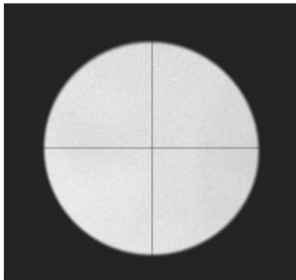


圖1A

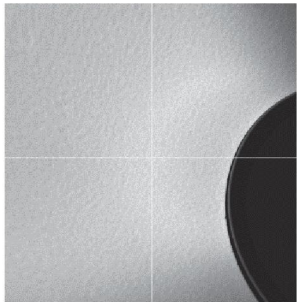


圖1B

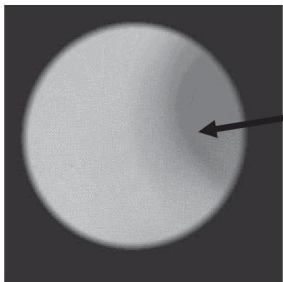


圖1C

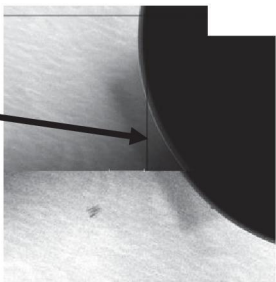


圖1D

損壞

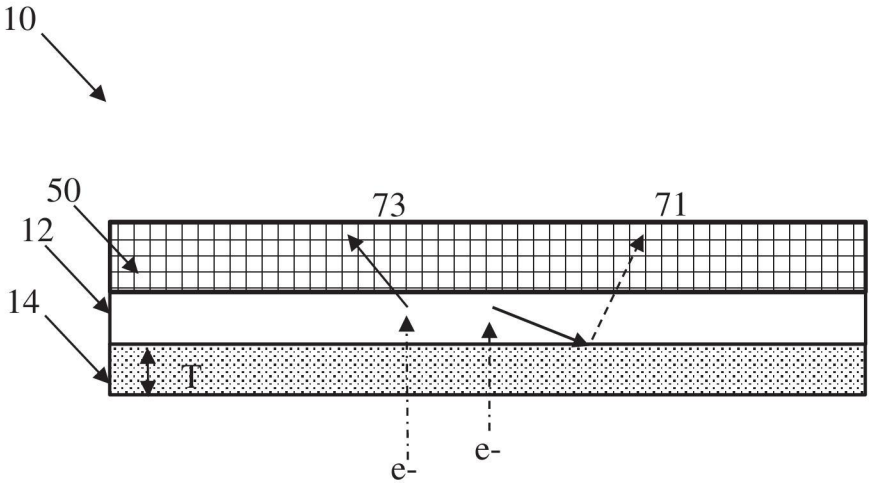


圖1E

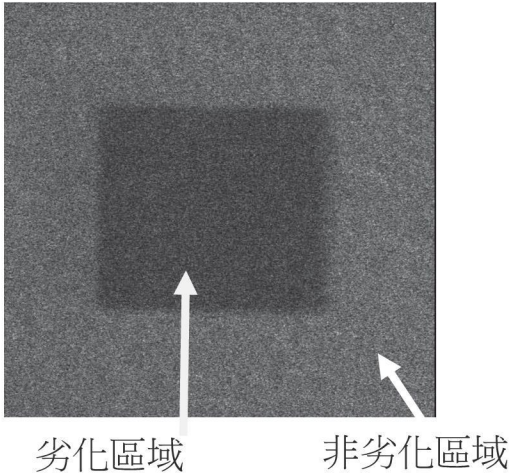


圖2A

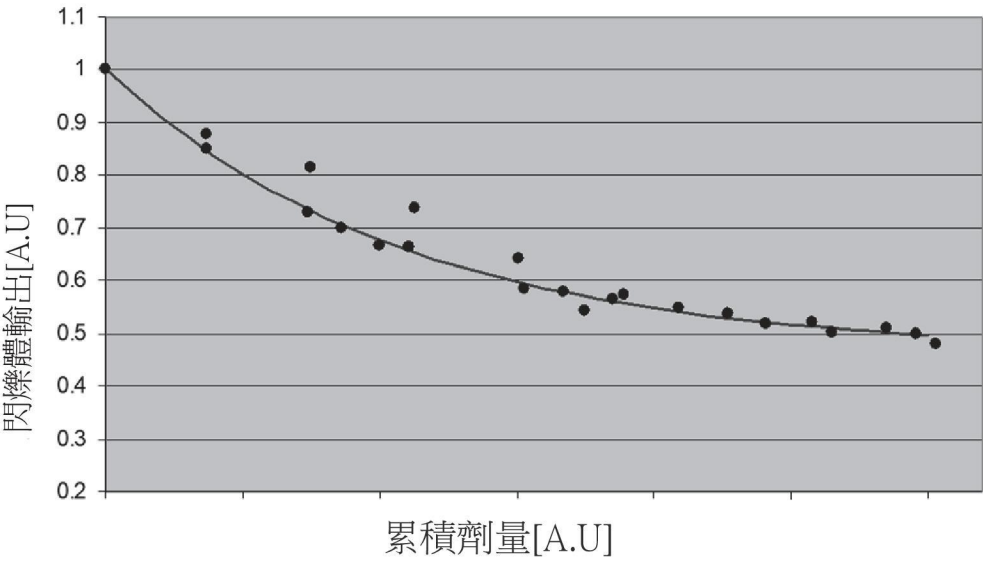


圖2B

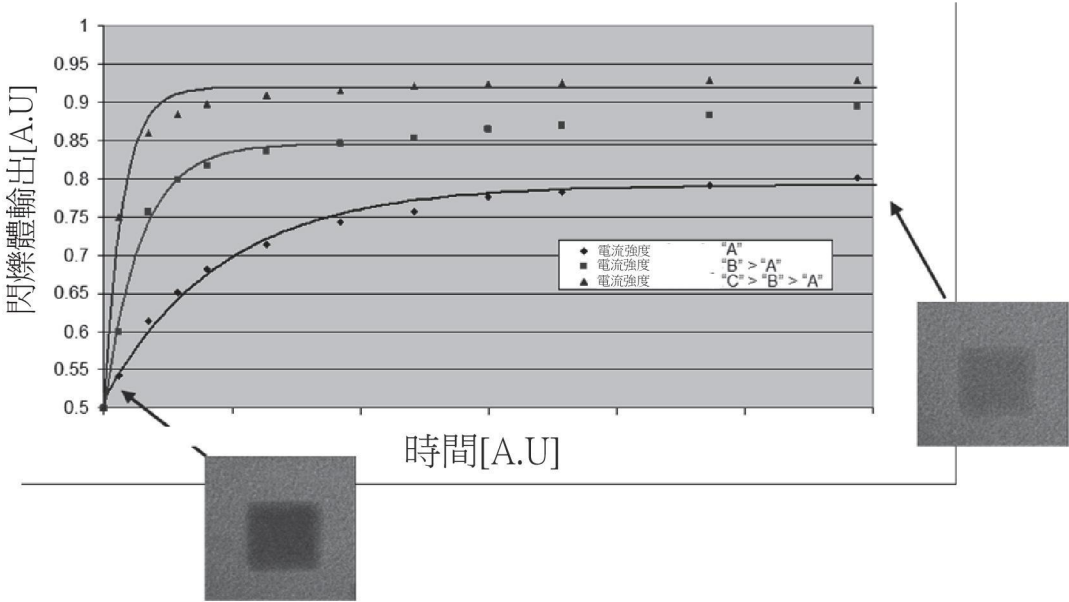


圖2C

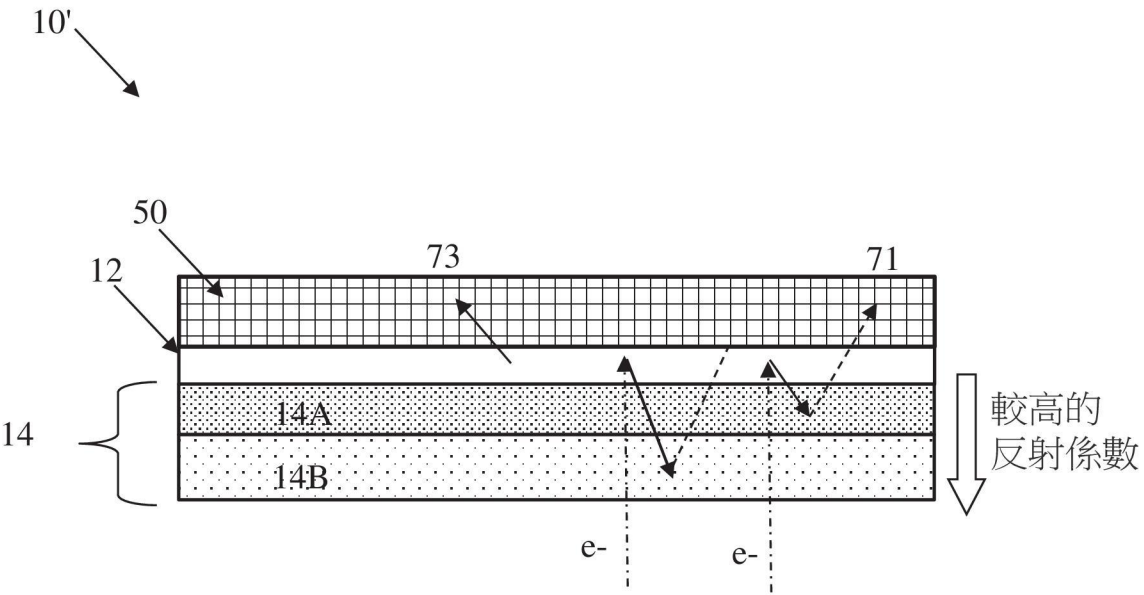


圖2D

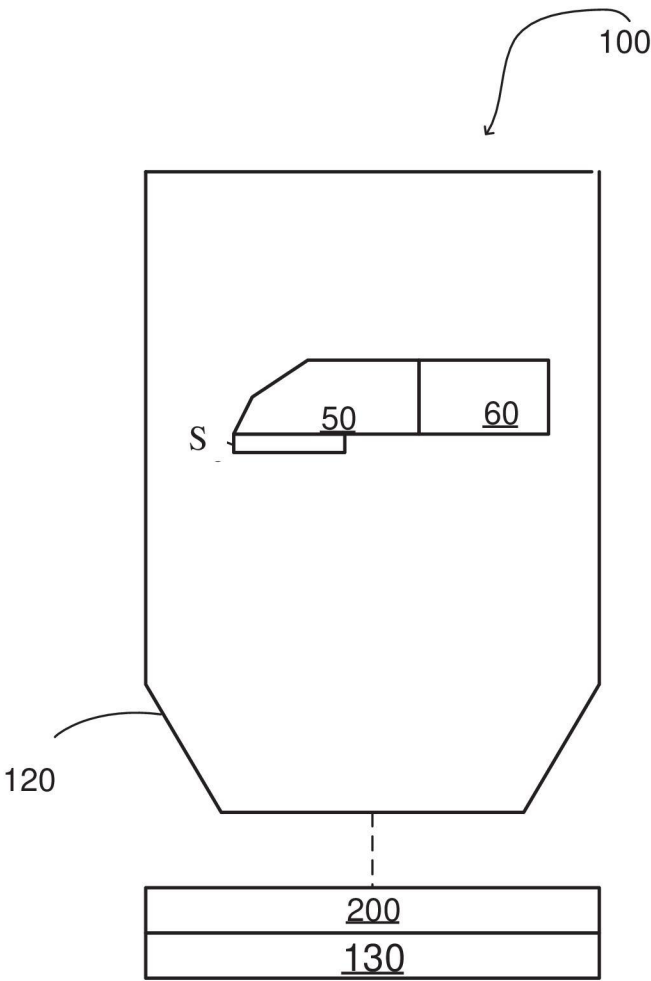


圖3

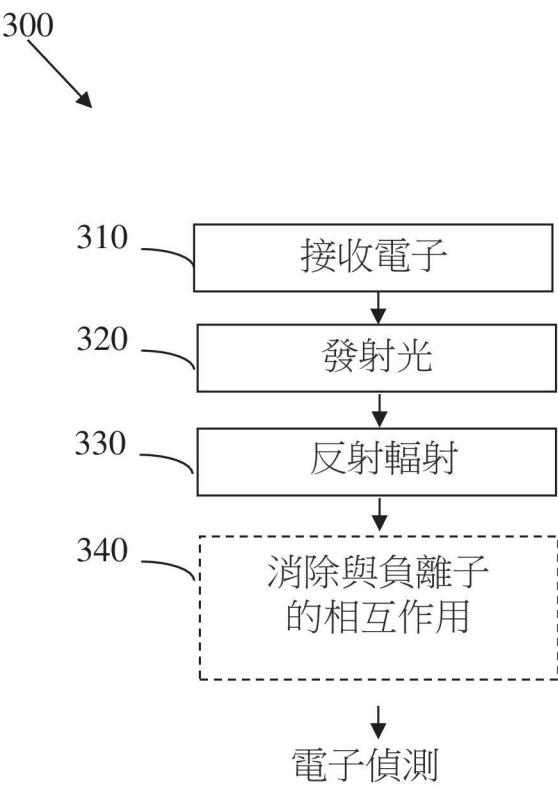


圖4

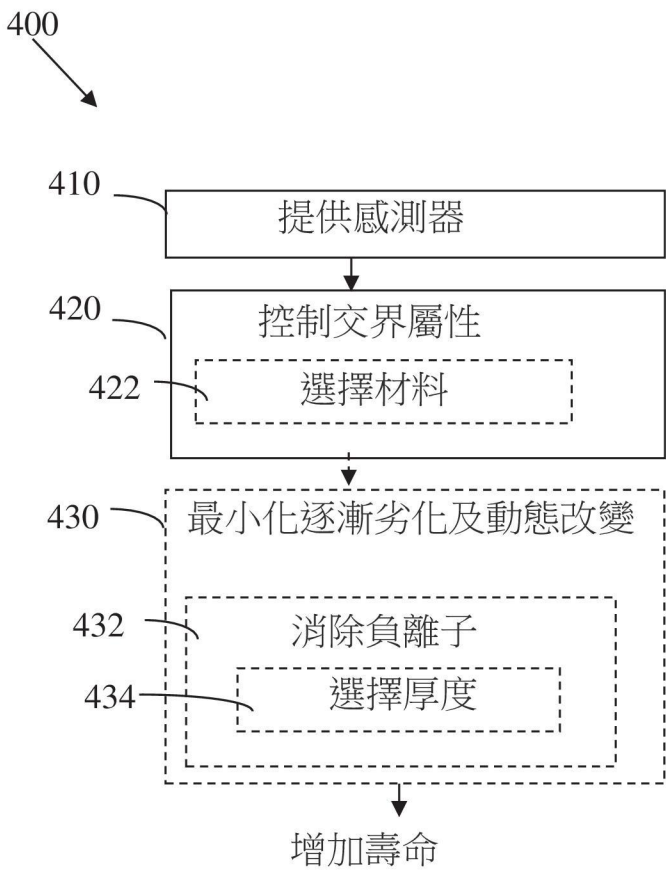


圖5