



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201841278 A

(43)公開日：中華民國 107 (2018) 年 11 月 16 日

(21)申請案號：107102396

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 01 月 23 日

(51)Int. Cl.：

*H01L21/66 (2006.01)**H01L33/00 (2010.01)**G01R31/26 (2014.01)*

(30)優先權：2017/01/23

美國

62/449,554

(71)申請人：美商特索羅科學有限公司(美國) TESORO SCIENTIFIC INC. (US)

美國

(72)發明人：亨利 法蘭柯斯 J (喬瑟夫) HENLEY, FRANCOIS J. (JOSEPH) (US)

(74)代理人：李貞儀；童啓哲

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：45 項 圖式數：24 共 82 頁

(54)名稱

發光二極體測試設備及其製造方法

LIGHT EMITTING DIODE (LED) TEST APPARATUS AND METHOD OF MANUFACTURE

(57)摘要

實施例係關於對製造含有發光二極體(LED)結構之產品有用的功能測試方法。特定而言，LED陣列係藉由使用置放成緊密接近該LED陣列之由一電極及絕緣體組成的一場板經由一移位電流耦合裝置注入電流來在功能上進行測試。接著將一受控制電壓波形施加至場板電極以並列地激發LED裝置從而達成高產出率。一攝影機記錄由電激發引起之個別光發射以產生複數個LED裝置之一功能測試。改變電壓條件可以不同的電流密度位準激發該等LED，從而在功能上量測外部量子效率及其他重要的裝置功能參數。

Embodiments relate to functional test methods useful for fabricating products containing Light Emitting Diode (LED) structures. In particular, LED arrays are functionally tested by injecting current via a displacement current coupling device using a field plate comprising of an electrode and insulator placed in close proximity to the LED array. A controlled voltage waveform is then applied to the field plate electrode to excite the LED devices in parallel for high-throughput. A camera records the individual light emission resulting from the electrical excitation to yield a function test of a plurality of LED devices. Changing the voltage conditions can excite the LEDs at differing current density levels to functionally measure external quantum efficiency and other important device functional parameters.

指定代表圖：

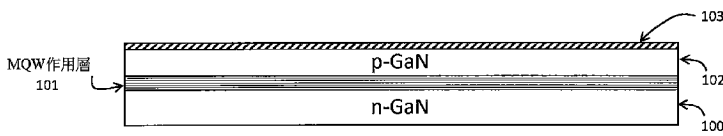
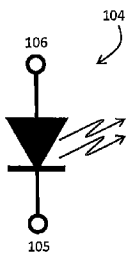


圖1



- 符號簡單說明：
- 100 . . . n 型陰極層
  - 101 . . . 作用層
  - 102 . . . P 型層
  - 103 . . . P 接點/層
  - 104 . . . LED
  - 105 . . . 接點
  - 106 . . . 接點

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

## 【發明名稱】(中文/英文)

發光二極體測試設備及其製造方法

LIGHT EMITTING DIODE (LED) TEST APPARATUS AND METHOD  
OF MANUFACTURE

## 【技術領域】

【0001】 本發明係關於發光二極體(LED)裝置。更特定而言，本發明之實施例係關於在製造製程期間在功能上測試發光二極體(LED)陣列結構之技術，包括方法及設備。在一實例中，該方法在一般LED裝置功能測試中 useful 且對在功能上測試在一側上可小至幾微米之微型LED(uLED)裝置尤其有用。微型LED係利用諸如金屬有機化學氣相沈積(MOCVD)等技術生長於支撐基板上。在個別裝置用於其最終光照或顯示應用之前，需要測試LED裝置以實現以下功能中之一或多者：良率評估、格化(binning)、裝置修復/校正，及收集資料以供用於製造製程回饋/前饋中。

## 【先前技術】

【0002】 發光二極體(LED)已用作習知光源之替換技術。舉例而言，LED可見於標牌、交通信號燈、汽車尾燈、行動電子顯示器及電視中。LED相較於傳統光照源之各種益處可包括效率提高、使用壽命較長、發射光譜可變及能夠與各種外觀尺寸整合。

【0003】 儘管非常成功，但非常需要用於製造LED之改良技術。

## 【發明內容】

【0004】 在LED製造製程期間，LED結構係使用類似於由半導體工業利用之批量生產製程的批量生產製程而形成於基板上。諸如清潔、沈積、微影、蝕刻及金屬化之製程步驟用以形成基本的LED結構。為實現批量生

產規模製造及較低成本，眾多裝置使用此等製程同時形成於基板上。取決於所要 LED 之類型，使用不同基板及材料。舉例而言，UV 發光 LED 通常由氮化鎵 (GaN) 材料製成，其通常係藍寶石上之異質磊晶層或使用氫化物氣相磊晶 (HVPE) 或氨熱法製成之獨立 GaN 基板。為實現其他色彩，可使用 GaAs 或 GaP 基板。最近，轉印至支撐基板上之 GaN·GaAs 或其他 III-V 族半導體材料層已變得可用作另一起始基板類型。可使用本發明中所揭示之方法測試的其他可能的 LED 結構係製造於塑膠、玻璃或其他合適基板上之有機 LED (OLED) 裝置結構。

**【0005】** 在 LED 結構形成製造製程內，進行各種光學及其他計量測試以確認品質及可重複性。一旦 LED 結構形成已完成，便需要在安裝每一 LED 裝置以供用作封裝內之 LED 發射器或顯示器內之 LED 發射器之前執行該裝置之功能測試。即使存在至所有裝置之共同接點（亦即，所有陰極繫結在一起），每一裝置之每一個別陽極仍將需要個別接點以便在功能上測試其光電特性。基板上之個別 LED 裝置的裝置大小及絕對體積使得此成為具有挑戰性的任務。舉例而言，具有在一側上量測為 250  $\mu\text{m}$  之 LED 裝置（典型的一般光照型 LED）的 6" 基板將含有超過 250,000 個裝置，每一裝置需要接觸探針/量測循環。若 6" 基板含有在一側上為 20  $\mu\text{m}$  之微型 LED 裝置結構，則將需要接觸存在於基板上之多於 40 百萬裝置中之每一者。因此，需要產生允許在無個別接點之情況下進行功能性 LED 裝置測試的方法。

**【0006】** 本發明之實施例利用非直接電接觸方法，其中經由電容器注入電流，該電容器係使用由合適的電壓波形源驅動之介電質塗佈場板形成。介電表面之另一側形成接近個別 LED 接點之平面置放的電容器，且在場板電極與共同 LED 接點或第二電容耦合之 LED 接點之間驅動特定電壓波形。在較佳實施例中，電壓斜坡驅動電極以對位於此等電極之間的 LED 進

行正向偏壓，從而產生使電流以並列方式流動至大量 LED 裝置中之每一者中的移位電流。接著取決於實施例而使用安置於場板上方或 LED 支撐基板下方之積分攝影機（integrating camera）來量測功能回應（發光）。影像俘獲及處理可接著並列地提取許多功能裝置。以此方式，少至兩個電接點可在功能上測試數目達數百萬的 LED 裝置。

【0007】 在每一量測之後，必須重設或以將不會因過量的反向偏壓電壓而損害 LED 裝置之方式重設電容場板及其他耦合電容元件。合適的緩慢負電壓斜坡將允許 LED 裝置之最小漏電流以對場板電容器安全地進行放電而不會產生損害性反向偏壓條件。可接著重複另一量測循環。

【0008】 改變正向偏壓驅動電壓斜坡將驅動不同的正向偏壓電流密度（ $A/cm^2$ ）至 LED 裝置中，藉此允許進行更複雜的功能測試評估。本發明之另一特徵係：藉由選擇不同的驅動電壓波形，依據正向偏壓電流密度而變化的諸如外部量子效率之裝置特性化資料係可能的。藉由修改場板介電質設計及電壓斜坡值，可在大約 0.001 至 10 或大於 10  $A/cm^2$  之大電流密度下偵測到大量裝置之準確的電流注入發射回應。

【0009】 由此功能測試方法得到之一個益處係消除了接觸每一可定址受測 LED 裝置之高接腳計數探針卡及探針。當使用此類探針卡時，使用一或多個針狀探針接腳來接觸每一 LED 裝置，其藉由尖銳金屬接腳之壓力及側向運動來實現接觸區域上之電接觸。此製程幾乎總是產生可降低 LED 裝置良率及可靠性之接觸襯墊刮擦。亦關注使用具有數百或甚至數千探針接腳之探針接腳卡的測試可靠性、製造及維護成本。本發明之關鍵益處係消除了探針卡刮擦或標記，從而提高 LED 裝置良率及可靠性且避免使用昂貴且易於發生故障的高接腳計數探針卡。

【0010】 由此功能測試方法得到之又一益處係由於消除了直接電接

觸而能夠在 LED 製造製程內進行功能測試。LED 裝置的與清潔房間相容、無刮擦之製程內測試係習知測試方法否則將由於使用高密度粒子產生接腳卡之必要性而難以或不切實際地執行的能力。

【0011】 由此功能測試方法得到之其他益處係對小型及大型 LED 裝置兩者之一般適用性及向大型基板之可擴展性。場板係將電容按比例地施加至區域之結構，且因此具有較多面積之較大 LED 裝置藉由較大有效電容激發，而諸如微型 LED 裝置之小型 LED 裝置藉由對應較小電容激發。因此，可在對設備進行較少修改的情況下測試在一側上為毫米大小之大型 LED 至在一側上小至  $10\ \mu\text{m}$  或小於  $10\ \mu\text{m}$  之微型 LED。使用較大場板或使用藉由較小場板進行之分步/重複方法的基板可擴展性係實際且可容易實現的。對於最高產出率，以陣列形式配置於大場板上之多個攝影機的並列處理將能夠藉由少至兩個電接點且在一些實施例中無直接電接觸來在功能上測試支撐基板上之所有 LED 裝置。本發明之關鍵益處係避免接觸基板上之數目可達數千至數千萬的每一個別 LED 裝置。

【0012】 如本發明中所描述之方法係描述為電容電流注入 ( $C^2I$ ) 功能測試。

#### 【圖式簡單說明】

##### 【0013】

圖 1 展示 LED 結構之簡化橫截面。

圖 2 展示在 LED 批量生產製程內之含有 LED 裝置結構之 LED 支撐基板。

圖 3A 至圖 3B 展示具有由切割道隔離之單體化 LED 裝置的 LED 支撐基板之俯視圖 (A) 及橫截面圖 (B)。

圖 4 展示具有非單體化 LED 裝置結構之 LED 支撐基板，其中頂部接

觸層具有足夠高的薄層電阻以允許在存在鄰近短路之情況下進行電流注入功能測試。

圖 5A 展示緊密接近支撐基板上之含有 4 個 LED 裝置的 LED 裝置層之一部分的場板之實施例。

圖 5B 展示圖 5A 之實施例的對應等效電路。

圖 6A 展示主要電容電流注入 ( $C^2I$ ) 量測序列：電流注入/量測 (I) 階段、保持 (II) 階段、放電/重設 (III) 階段。

圖 6B 展示藉由圖 6A 之電容電流注入 ( $C^2I$ ) 量測序列注入的對應 LED 電流。

圖 7A 至圖 7B 展示場板之兩個實施例，其中攝影機查看場板 (A) 及 LED 裝置支撐基板 (B)。

圖 8 展示較佳實施例之預期電流密度 ( $A/cm^2$ ) 對  $dV/dT$  電壓斜坡。

圖 9 展示使用在場板與支撐基板之間的空間中產生的真空將場板附接至含有 LED 裝置結構之支撐基板上的基板規模方法。

圖 10 展示分步/重複機械組態中之較小場板及攝影機光學系統。

圖 11 展示用以模擬根據實施例之  $C^2I$  功能測試方法的電路模型。

圖 12A 至圖 12D 實施例之電流注入/量測階段 I 的詳細序列。

圖 13A 至圖 13D 實施例之電流注入/量測階段 III 的詳細序列。

圖 14A 至圖 14D 展示實施例之展示 4 個量測序列的較長時間軸 (200 msec)。

圖 15A 展示緊密接近支撐基板上之含有 4 個 LED 裝置的 LED 裝置層之一部分的場板之實施例，該支撐基板具有內埋式共同接點以及可選介電層 (亦即，「漏泄」介電層) 及耦合間隙介質以允許 DC 偏壓功能測試。

圖 15B 展示圖 15A 之實施例的對應等效電路。

圖 16 展示無緊密接近支撐基板上之含有 4 個 LED 裝置的 LED 裝置層之一部分的介電質的場板之實施例，該支撐基板具有內埋式共同接點。使用外部負載電阻器及耦合電容器以及 DI 水間隙介質之組態允許 DC 偏壓及 AC 脈衝式功能測試。

圖 17A 展示緊密接近支撐基板上之含有 4 個 LED 裝置的 LED 裝置層之一部分的場板之實施例，該支撐基板具有內埋式共同接點及介電層。

圖 17B 展示圖 17A 之實施例的對應等效電路。

圖 18 展示緊密接近支撐基板上之含有 4 個 LED 裝置的 LED 裝置層之一部分的場板之實施例，該支撐基板用作用於電容耦合第二電極之介電層。

圖 19A 展示豎直 LED 結構，其具有藉由頂部電容耦合接取頂部接點之頂表面區域及藉由底部電容耦合接取底部接點之底表面區域。

圖 19B 展示側向 MESA 型 LED 結構，其具有藉由頂部電容耦合接取頂部接點及底部接點兩者之頂表面區域及藉由底部電容耦合接取底部接點之底表面區域。

圖 19C 展示側向 MESA 型 LED 結構，其具有向底部接點開放之小的頂部通孔。除不同的相對電容值以外，其在電學上類似於圖 19B。

圖 20A 展示使用共同頂部場板電極之電容耦合組態。

圖 20B 展示使用僅耦合至頂部（陽極）接點之經圖案化頂部場板電極的電容耦合組態。

圖 20C 展示使用具有單獨的頂部（陽極）及底部（陰極）接點之經圖案化頂部場板電極的電容耦合組態。

圖 21 展示屬於垂直尺度上的依據水平尺度中之  $Data_n$  而變化的  $Data_n$  值（被稱作通道或分格）之小範圍內的若干 LED 裝置之直方圖。

圖 22 展示  $C^2I$  功能測試方法在卷軸式連續製造製程內之使用，其中感

測器與 LED 結構/薄膜同步地移動。多個感測器總成用以消除量測間隙。

圖 23 展示 C<sup>2</sup>I 功能測試方法在卷軸式連續製造製程內之使用，其中感測器靜止且放電場板總成用以對 LED 結構安全地進行放電。

圖 24A 展示具有空間減小電壓之放電場板總成的實施例，該放電場板總成作為在量測階段之後對 LED 結構安全地進行放電的構件。

圖 24B 展示具有空間增加介電質厚度之放電場板總成的實施例，該放電場板總成作為在量測階段之後對 LED 結構安全地進行放電的構件。

### 【實施方式】

【0014】 貫穿本說明書且下文更特定地可見 LED 之進一步解釋。在一實例中，一種類型之 LED 係有機發光二極體 (OLED)，其中二極體之發光層由有機化合物形成。OLED 之一個優點係能夠在可撓性基板上印刷有機發光層。OLED 已整合至薄型可撓性顯示器中且常常用以製造用於諸如蜂巢式電話及數位攝影機之攜帶型電子裝置的顯示器。

【0015】 另一類型之 LED 係基於半導體之 LED，其中二極體之發光層包括包夾於基於半導體之較厚包覆層之間的一或多個基於半導體之量子井層。相較於 OLED，基於半導體之 LED 的一些優點可包括效率提高及使用壽命延長。高的以流明/瓦特 (lm/W) 表達之發光功效係基於半導體之 LED 光照的主要優點中之一者，從而相較於其他光源，允許較低能量或電力使用。明度 (亮度) 係光源在給定方向上每單位面積發射之光的量並以燭光/平方公尺 (cd/m<sup>2</sup>) 來量測，且通常亦被稱作尼特 (nt)。明度隨著工作電流增加而增加，但發光功效取決於電流密度 (A/cm<sup>2</sup>)，最初隨著電流密度增加而增加以達到最大值且接著由於被稱為「效率下降」之現象而減小。許多因素促成 LED 裝置之發光功效，包括能夠在內部產生光子，其被稱為內部量子效率 (IQE)。內部量子效率隨 LED 裝置之品質及結構而變。外部

量子效率（EQE）定義為所發射光子之數目除以所注入電子之數目。EQE 隨 IQE 及 LED 裝置之光提取效率而變。在低工作電流密度（亦被稱作注入電流密度或正向電流密度）下，LED 裝置之 IQE 及 EQE 最初隨著工作電流密度增加而增加，接著在被稱為效率下降之現象中開始隨著工作電流密度增加而變小。在低電流密度下，由於缺陷或電子及電洞藉以重組合而不產生光（被稱作非輻射性重組合）之其他製程的強效應，效率係低的。隨著彼等缺陷變得飽和，輻射性重組合佔優勢且效率提高。在注入電流密度超過通常介於 1.0 與 10 A/cm<sup>2</sup> 之間的低值時，開始「效率下降」或效率逐漸減小。

【0016】 基於半導體之 LED 通常可見於多種應用中，包括用作指示器及標牌之低功率 LED、諸如用於燈板及汽車尾燈之中等功率 LED 及諸如用於固態光照及液晶顯示器（LCD）背光之高功率 LED。在一種應用中，基於半導體之高功率 LED 光照裝置可通常在 400 至 1,500 mA 下操作，且可展現大於 1,000,000 cd/m<sup>2</sup> 之明度。基於半導體之高功率 LED 光照裝置通常在 LED 裝置之效率曲線特性上的峰值效率右方之電流密度下良好地操作。基於半導體之低功率 LED 指示器及標牌應用常常在大約 20 至 100 mA 之工作電流下展現大約 100 cd/m<sup>2</sup> 之明度。基於半導體之低功率 LED 光照裝置通常在 LED 裝置之效率曲線特性上的峰值效率下或右方之電流密度下良好地操作。為提供增加的發光，已增加 LED 晶粒大小，其中 1 mm<sup>2</sup> 晶粒成為相當普遍的大小。較大 LED 晶粒大小可導致電流密度減小，其又可允許使用自數百 mA 至大於 1 安培之較高電流，藉此減輕與 LED 晶粒在此等較高電流下之效率下降相關聯的效應。

【0017】 多年來，LED 已用於諸如手錶、智慧型手機及膝上型電腦以及電腦監視器及 TV 顯示器之攜帶型裝置中，然而，僅間接地作為用於液

晶顯示 (LCD) 顯示器技術之替代白光源。此等被稱作「LED」 TV 及其類似者，但實際 LED 主要係基於 GaN 之白光 LED 以代替之前使用的冷螢光燈 (CFL) 背光源來照明背光。彩色像素產生持續基於藉由光減法程序而工作之 LCD 技術，其中色彩係藉由使用介入之彩色濾光片阻隔其他色彩來產生。舉例而言，紅色像素將由阻隔背光 LED 白光光譜之綠光及藍光部分的紅色濾光片產生。灰階（像素之光強度）係藉由經由沿光路徑置放於兩個正交偏光器之間的液晶胞元調變光偏振來產生。

【0018】 儘管 LED 背光驅動式 LCD 顯示器技術比 CFL 背光版本更高效且可靠，但該技術仍非功率高效的。原因係簡單的：儘管 LED 白色背光裝置就外部量子效率（注入至 LED 裝置中之每個電載流子發射的光子）而言可能相當高效，但在此 LCD 顯示器技術之剩餘部分中存在眾多低效率。第一偏光器將切割非偏振白色背光之一小半，接著藉由減去剩餘光之  $2/3$ （對於紅色，R 而無 GB，對於綠色，G 而無 RB 且對於藍色，B 而無 RG）來對每一像素著色。其他損失包括像素填充因子及薄膜/LCD 胞元吸收及散射。因此，總的光輸出少於白色 LED 背光強度之約  $1/6$ 。

【0019】 趨勢係提供功率更高效且更明亮的顯示技術，尤其係對於電池壽命係關鍵因素之攜帶型電池操作式裝置。微型 LED 係用於實現較高功率效率之有前景的技術。在微型 LED 顯示器中，直接驅動置放於像素區域內之小型 LED 裝置，從而以直接發射方式產生光。可藉由以下步驟產生色彩：(i) 利用具有彩色磷光體之 UV-LED（亦即，基於 GaN）以藉由光子下轉換產生像素色彩，及/或 (ii) 使用直接產生色彩之 LED（亦即，用於紅色之 AlGaAs、GaAsP、AlGaInP、GaP，用於綠色之 GaP、AlGaInP、AlGaP，及用於藍色之 ZnSe、InGaN、SiC）。在任一狀況下，微型 LED 顯示器之直接發射/直視允諾功率效率之六倍或多於六倍的改良。

【0020】 儘管實現基於微型 LED 之顯示器的基礎技術係熟知的，但存在眾多的製造及品質控制挑戰。此等挑戰中之一者係在像素提交使用之前在製造製程內以具成本效益且高效的方式在功能上測試數百萬微型 LED 裝置。因此，需要在無直接電接觸的情況下且以與微型 LED 大規模製造製程相容之方式實現功能測試。貫穿本說明書且下文更特定地可見本發明之其他細節。

【0021】 本發明之實施例描述 LED 裝置製造製程及在功能上測試 LED 裝置而無直接電接觸之方式。特定而言，本發明之一些實施例可係關於在功能上測試高亮度 LED、中等功率 LED、低功率 LED 及微型 LED 裝置之方式。

【0022】 在各種實施例中，參看圖式進行描述。然而，某些實施例可在無此等特定細節中之一或多者的情況下或與其他已知方法及組態組合而加以實踐。在以下描述中，闡述諸如特定組態、尺寸及製程等的眾多特定細節，以便提供對本發明之透徹理解。在其他情況下，尚未以特定細節描述熟知之半導體製程及製造技術以便不會不必要地混淆本發明。貫穿本說明書參考「一個實施例」意謂結合實施例所描述之特徵、結構、組態或特性包括於本發明之至少一個實施例中。因此，片語「在一個實施例中」貫穿本說明書在各處的出現未必參考本發明之同一實施例。此外，可在一或多個實施例中以任何適合之方式組合特徵、結構、組態或特性。

【0023】 如本文中所使用之術語「橫跨」、「在.....之上」、「至」、「在.....之間」及「在.....上」可指一個層相對於其他層之相對位置。「橫跨」另一層、在另一層「之上」或「上」或接合「至」另一層或與另一層「接觸」之一個層可直接與另一層接觸或可具有一或多個介入層。在若干層「之間」的一個層可與該等層直接接觸或可具有一或多個介入層。

【0024】 本發明之某些實施例描述 LED 裝置總成，其中 LED 裝置結構在進一步處理之前自支撐基板轉印且接合至拾取板總成。根據本發明之實施例，可在轉印之前或在一或多次轉印之後應用 C<sup>2</sup>I 功能測試步驟。出於簡化各種可能組態(其中複數個 LED 結構經轉印且可能接合至不同基板上)的目的，目標基板將在每一狀況下被稱作支撐基板。舉例而言，在 MOCVD 生長期間支撐 LED 結構之基板亦被稱作支撐基板，然而在釋放及附接至拾取板之後，此板及用以機械地支撐 LED 裝置層之任何其他基板或板亦將被稱作支撐基板。若使用拾取板，則可使用經轉印 LED 裝置結構與拾取板之剩餘部分之間的導電材料薄膜來實現共同電接觸。如下文進一步描述，亦可使用第二介電層及可選的電壓波形源來實現共同接觸。在一些狀況下，拾取板材料亦將具有一定程度之可控黏性以允許在製造中拾取及轉印 LED 裝置。另外，支撐基板可係諸如塑膠薄膜之可撓性薄片，且 C<sup>2</sup>I 可用以測試個別薄片上之測試裝置結構或作為卷軸式製造製程之部分(例如，在有機 LED 或 OLED 製造製程中)。術語支撐基板一般將用以暗示其作為機械支撐件之作用且貫穿本說明書將係描述為(C<sup>2</sup>I)功能測試設備之部分的基板。

【0025】 儘管本發明之實施例描述單體化及非單體化 LED 裝置結構，但諸如主動矩陣定址電路系統及支撐電子裝置之額外電子裝置可存在。應用可測試性方法之設計及使用 C<sup>2</sup>I 功能測試方法之一般能力可成功地測試複雜的互連 LED 結構。出於本發明之目的，LED 結構之特定描述將僅被視為實例且測試方法將理解為一般適用於測試具有或不具有整合之定址及其他支撐電子裝置的單體化、非單體化、側向及豎直 LED 結構。

【0026】 取決於本發明之特定實施例及在製造製程中進行 C<sup>2</sup>I 功能測試之點，支撐基板可係透明的且具有額外塗層。此等直接支援測試程序或作為特定 LED 製造製程步驟之要求的部分而存在，如將在下文更詳細地

描述。

【0027】 參看圖 1，代表性 LED 104 由沈積層組成，該等沈積層形成 n 型陰極層 100、作用層（通常係多量子井或 MQW 系列子層）101 以及 P 型層 102 及 P 接點 103。此 LED 結構得以簡化且為簡單起見而未展示諸如緩衝層、阻擋層、n 接觸層及其類似者之許多額外層。在電學上，LED 將經由作為陽極之層 103（或接點 106）及經由作為陰極之層 100（或接點 105）接觸。在一些 LED 結構中，n 及 P 層亦可係接觸層且因此除非另外特定地描述，否則可出於本發明之目的而互換地進行命名。使用自陽極至陰極之正向（正電壓）偏壓來使電流通過 LED 裝置將藉由輻射性重組合製程自流經作用區之載流子產生光。作用層 101 之設計經最佳化以用於最大化發射光之輻射性重組合製程。對 LED 結構進行反向偏壓將不會產生光。限制反向偏壓電壓對 LED 係重要的，以便避免經由被稱作擊穿之製程損害或毀壞裝置。在安全的反向偏壓區內，少量漏電流流經裝置。

【0028】 在 LED 製造中，使用類似於半導體工業中常見的基於基板之批量生產製程的方法來以批量生產方式製造 LED 裝置。參看圖 2，描述於圖 1 中之 LED 結構經沈積至合適的生長或支撐基板 201 上以製成 LED 基板 200。取決於所要 LED 之類型、品質及色彩，可使用不同的基板材料類型。實例係 GaP、GaAs、GaN 基板，或諸如藍寶石及碳化矽（SiC）之異質磊晶生長基板亦係可能的。層轉印式半導體分層模板基板係又一類型之生長基板。LED 結構接著生長以產生下部接點 202（在此實例中，n 型或陰極）、作用區 203 及上部接點 204（在此實例中，P 型或陽極）。

【0029】 圖 2 之 LED 基板含有多個非單體化 LED 結構。可使用諸如蝕刻、微影、鈍化及沈積之製程步驟在 LED 製造序列內進行具有所要大小及功能之個別 LED 裝置的隔離。參看圖 3A 及圖 3B，可在所要 LED 裝置

駐留於支撐基板 301 上時使用諸如蝕刻之製程形成例如溝槽 308 來隔離所要 LED 裝置。若在基板之上產生此等蝕刻結構（有時被稱作「切割道」）以形成諸如正方形裝置的個別隔離結構，則大量 LED 裝置 309 經電隔離且可用於釋放及封裝。在此實例中，溝槽 308 並不蝕刻穿過底部的共同接觸層 302 且可因此連接至共同電位 310。每一 LED 裝置 309 可因此使用電壓源 306 個別地接觸至 P 層 304 及 P 接觸層 305。可接著自所接觸裝置量測光 307 以評估裝置之功能性。在此實例中，展示頂部發射式 LED 結構，其中頂部接點 305 可係諸如氧化銦錫（ITO）之透明電極。諸如底部發射結構之其他結構係可能的。在此狀況下，支撐結構將較佳係透明的，且 P 接觸層將係諸如金屬層之光反射層。LED 將因此藉由量測自支撐基板逸出之光來測試。儘管上文描述為最大化光俘獲量之較佳實施例，但即使例如在底部發射式 LED 結構中之 LED 上方完成光量測，亦將有可能量測來自 LED 之間接散射或反射光。當然，可存在其他變化、修改及替代例。

【0030】 圖 4 展示支撐基板 401，其中 LED 裝置仍未經隔離。若頂部接觸層 405 具有有限電導率（諸如，具有相對較高之薄膜片電阻率的 ITO 層），則儘管附近存在短路 408，仍可實現功能測試。使用電壓源 406 接觸表面上之點將產生經由頂部接點 405、P 型層 404、作用層 403、n 層 403 流至共同接點 402 之電流。相對於相鄰短路 408 之相對較高的電阻可允許發生光發射 407。使用場板代替根據本發明之實施例的此直接接觸實例將允許非單體化 LED 層測試。暗（非發射）或弱發射區域將係在 LED 製造製程之早期的 LED 層功能良率之指示器。此替代實施例之功效及空間解析度將隨頂部層薄片電阻率而變。

【0031】 因此，需要以可支援大規模製造之方式注入電流，從而激發諸如描述於圖 3 及圖 4 中之個別 LED 裝置或 LED 區域。

【0032】 本發明具有場板作為其電流注入裝置，該場板由 3 個元件組成：機械支撐板、電極及介電層。參看圖 5A，場板 501 由場板支撐件（頂部）、連接至電壓源 503 且鄰近於介電層 504 之一個面的電極層 502 組成。該機械支撐板亦可導電且僅需要介電層。當然，可存在其他變化、修改及替代例。

【0033】 場板電極將連接至電壓源 503 且介電層 504 之開放面將形成以下的每單位面積電容：

$$C'_{FP} = \epsilon_0 \times \epsilon_r / t_d \quad (1)$$

其中

$C'_{FP}$  係場板之每單位面積電容 ( $F/cm^2$ )

$\epsilon_0$  係真空電容率 ( $8.854 \times 10^{-14} F/cm$ )

$\epsilon_r$  係介電層之相對電容率（無量綱）

$t_d$  係介電層厚度 (cm)

在一實例中，介電層材料之重要材料特性包括介電常數、介電質擊穿強度、電阻率及光學透射率。對於電容耦合組態，諸如二氧化矽、氮化矽及氧化鋁 ( $Al_2O_3$ ) 之易沈積介電質備受關注。在需要 DC 測試組態之情況下，若使用亦具有有限電阻率之適當間隙介質耦合至裝置，則具有有限電流洩漏之介電質將允許 DC 偏壓。在此組態中，場板介電質可係可選的，其中場板電壓現可經由間隙介質直接耦合至 LED 裝置。當然，可存在其他變化、修改及替代例。

【0034】 再次參看圖 5A，場板 501 將置放成充分靠近 LED 支撐結構 505，其中 n 接點底部電極 506 連接至共同接點 507 及複數個 P 接點頂部電極 508。儘管每一 LED 裝置上之電壓在本說明書中展示為使用電壓源 503 及共同接點 507 產生，但電壓源可替代地連接至底部，或兩個電壓源可連

接，一個連接至接點 503 及 507 中之每一者。對於所有電壓源組態，有效的 LED 裝置驅動電壓將係接點 503 與 507 之間的電壓差。對於本發明，術語「緊密接近」將意謂場板介電層 504 之開放面置放成充分接近 LED 結構接觸表面 508 之開放面以允許電壓源 503 至頂部 LED 電極表面 508 之間的所要電耦合。在圖 5A 中，此間隙展示為 509 且可係最小的有限間隙或無間隙。間隙 509 應足夠小以允許充分電容耦合（用於最佳化電流注入效率）且最小化電流注入效應之空間散焦。對於具有相對較厚介電層 504 及電壓源 503 上之較高電壓位準的頂板 501，有限間隙 509 可允許非接觸式測試而不會顯著降低耦合效率（ $C'_{EFF} \sim C'_{FP}$ ）。對於本說明書之剩餘部分，間隙 509 將假定為零且因此將使  $C'_{EFF}$  等於  $C'_{FP}$ 。

【0035】 由總成 500 產生之結構的電類比展示於圖 5B 中。電壓源 510（圖 5A 中之 503）連接至有效電容器  $C_{EFF}$  511，該電容器連接至具有頂部表面積  $A_{EFF}$  之 LED 裝置 512。電壓改變將施加電流  $I_{LED}$  至 LED 裝置 512 上。對於此實例，假定 LED 裝置與共同底部接點隔離。有效電容  $C_{EFF}$  簡單地係皆具有面積  $A_{EFF}$  的場板介電層與間隙 509 之電容的串聯電容：

$$C'_{gap} = \epsilon_0 \times \epsilon_r / t_{gap} \quad (2)$$

其中

$C'_{gap}$  係間隙之每單位面積電容（F/cm<sup>2</sup>）

$\epsilon_0$  係真空電容率（ $8.854 \times 10^{-14}$  F/cm）

$\epsilon_r$  係間隙介質之相對電容率（無量綱）

$t_{gap}$  係間隙厚度（cm）

且

$$C_{EFF} = A_{EFF} \times (C'_{FP} \times C'_{gap}) / (C'_{FP} + C'_{gap}) \quad (3)$$

$$C'_{EFF} = (C'_{FP} \times C'_{gap}) / (C'_{FP} + C'_{gap}) \quad (4)$$

其中

$C_{\text{EFF}}$  係有效 LED 裝置耦合電容 (F)

$C'_{\text{EFF}}$  係每單位面積的有效 LED 裝置耦合電容 (F/cm<sup>2</sup>)

$A_{\text{EFF}}$  係有效 LED 裝置面積 (cm<sup>2</sup>)

對於本說明書之剩餘部分，間隙 509 將假定為零且因此將使  $C'_{\text{EFF}}$  等於  $C'_{\text{FP}}$ 。

【0036】 電流  $I_{\text{LED}}$  513 及電流密度  $J_{\text{LED}}$  易於計算為：

$$I_{\text{LED}} = C_{\text{EFF}} \times dV/dt \quad (5)$$

$$J_{\text{LED}} = C'_{\text{EFF}} \times dV/dt \quad (6)$$

其中  $dV/dt$  係電壓源 510 與圖 5A 中之共同電極 507（或圖 5B 中之陰極接點）之間的電壓改變速率。對於此特定實施例，LED 512 係陽極至陰極式連接，然而，藉由反轉所有電壓極性，陰極至陽極注入係可能的。

【0037】 圖 6A 及圖 6B 展示根據本發明之較佳實施例的將形成量測序列之電壓及電流波形。在量測序列中至少存在 2 個階段：電流注入階段 I（在時間  $t_0$  至  $t_1$ ）及放電階段 III（在時間  $t_2$  至  $t_3$ ）。已添加電壓保持階段 II 以允許在階段 III 開始之前攝影機積分窗有足夠時間來關閉，然而，此階段可極短且可能不必要。下文更詳細地描述該等階段且假定在  $t_0$  之前的所有點處電壓為零。

【0038】 參看圖 6A，電壓源-時間曲線 600 展示電壓源波形。在時間  $t_0$  處，階段 I 自時間  $t_0$  至  $t_1$  以 0 至  $V_1$  之正斜坡  $dV/dt|_1$  開始。此斜坡根據等式 (5) 將電流  $I_{\text{LED}}$  注入至具有面積  $A_{\text{EFF}}$  之 LED 中，及根據等式 6 將對應電流密度  $J_{\text{LED}}$  注入。在時間  $t_1$  處，電壓保持在此電壓  $V_1$  直至時間  $t_2$ 。自時間  $t_2$  至  $t_3$ ，電壓使用負斜坡  $dV/dt|_2$  降回零電壓狀態。在時間  $t_3$  處，可接著開始另一量測序列。

【0039】 圖 6B 展示在量測序列期間根據圖 6A 之驅動波形的對應電流  $I_{LED}$  波形。在階段 I 期間，根據等式 (5)，接近恆定的  $I_{LED}$  電流將流經 LED 裝置。在階段 I 期間將發射光 602。在階段 II 期間， $I_{LED}$  及光發射將降至 0。為量測同時由場板激發之複數個裝置當中的特定 LED 裝置之光輸出，使用可俘獲來自一或多個 LED 裝置之光的積分攝影機。影像處理可產生與位於攝影機之視場內的特定 LED 裝置成比例的值。此值又將與在階段 I 上積分之光能成比例。因此，需要開始自略微在  $t_0$  之前的點至略微在  $t_1$  之後的結束點的影像感測器積分時間週期。此將確保整合感測器之攝影機將俘獲在階段 I 期間自 LED 結構發出之完整光脈衝。

【0040】 圖 7A 及圖 7B 展示本發明之兩個實施例。該等圖展示頂部及底部攝影機置放，其可攔截經由場板藉由量測序列激發之複數個 LED 裝置之至少一部分。參看圖 7A，展示測試組態 700，其具有包括場板電極 703 及介電層 704 之透明場板總成 702。電極 703 連接至電壓源 705。此總成置放成緊密接近支撐連接至共同接點 706 之複數個 LED 裝置 707 的 LED 裝置支撐基板 701。攝影機 708 置放於場板總成 702 上方以執行功能測試。圖 7B 展示替代測試組態 709，其中攝影機置放於支撐基板下方。在此組態中，支撐基板及至 LED 裝置結構之中間層必須透明以允許光到達攝影機。

【0041】 由 LED 產生之光學功率係關於流經 LED 之電功率乘以外部量子效率  $\eta_{EXT}$  或  $P_{opt} = \eta_{EXT} \times P_{elec}$ 。參數  $\eta_{EXT}$  又對電流密度及諸如光提取效率之其他裝置特性相當敏感。LED 裝置之光學功率因此如下與電功率相關：

$$P_{opt} = \eta_{EXT} \times P_{elec} = \eta_{EXT} \times I_{LED} \times V_F = \eta_{EXT} \times C_{EFF} \times dV/dt \times V_F \quad (7)$$

其中

$P_{opt}$  = LED 光學功率 (W)

$\eta_{EXT}$  = LED 外部量子效率

$V_F$  = LED 正向電壓降 (V)

在時間週期  $\Delta t = t_1 - t_0$  (階段 I) 上：

$$E_{opt} = \eta_{EXT} \times C_{EFF} \times dV/dt \times V_F \times \Delta t \quad (8)$$

其中

$E_{opt}$  = 在階段 1 期間發射之 LED 光能 (J)

【0042】 根據等式 8，積分攝影機將量測與每一所量測 LED 之外部量子效率成比例的值。改變電壓斜坡值將具有根據等式 6 選擇不同電流密度之效應。藉由繪製依據至  $V_1$  之斜坡值而變化的  $E_{opt}$ ，可產生依據  $J_{LED}$  而變化之光能（與  $\eta_{EXT}$  相關）的曲線。此能力可尤其適用於量測微型 LED 裝置之低電流密度效能。微型 LED 裝置通常在  $0.001$  至  $1 \text{ A/cm}^2$  的極低值下被驅動，且對外部量子效率在此等低位準下由於非輻射性重組合製程之降低較敏感。

【0043】 在階段 III 期間，負  $dV/dt$  斜坡允許電壓返回至零以重設系統用於另一量測。在此階段期間，LED 將經反向偏壓且將使用反向偏壓漏電流對  $C_{EFF}$  進行放電。爲了不將 LED 反向偏壓至可引起損害之電壓位準，負電壓斜坡必須足夠慢以將所有裝置保持在安全的反向偏壓電壓範圍內。可取決於待測試之 LED 的類型及設計來選擇此範圍。僅作為實例，可使用 Q. Shan 等人之題爲「Transport mechanism analysis of the reverse leakage current in GaInN light-emitting diodes」(Applied Physics Letter 99, 253506 (2011 年)) 的論文來估計 GaInN LED 之反向偏壓漏電流密度。圖 2 展示在室溫下  $1 \text{ mm}^2$  LED 裝置上的大約  $1.5 \times 10^{-7} \text{ A}$  之  $-5 \text{ V}$  反向偏壓漏電流。此對應於  $15 \text{ } \mu\text{A/cm}^2$ 。此反向偏壓漏電流密度將用以用於計算下文所描述之特定  $C^2I$  實例的值及參數。

【0044】 合適的積分攝影機必須滿足以下準則：

- a. 像素靈敏度及動態範圍（允許經由所關注之操作範圍準確地量測 LED 而無過多的暗雜訊及信號飽和）。
- b. 高像素密度及圖框速率（增加產出率及並列 LED 量測）。
- c. 全域快門及靈活觸發（所有像素必須在同一時間週期中觸發及積分）。

符合此等準則之工業攝影機的一個實例係來自加拿大不列顛哥倫比亞省里奇蒙市之 PointGrey Research 公司的型號 GS3-U3-23S6M-C。該攝影機係 2.3 百萬像素（ $1920 \times 1200$ ）單色攝影機，其具有全域快門、5  $\mu\text{sec}$  至 31.9 sec 曝光範圍、超過 160 個圖框/秒的速率、1/1.2"感測器格式、12 位數位化、5.86  $\mu\text{m}$  像素大小、72 dB 動態範圍、76%量子效率(525 nm)、約 32,000 個電子之電子飽和容量及約 7 e<sup>-</sup>之時間暗雜訊。在單獨地或以  $n \times m$  個攝影機將用以同時量測較大場板區域之矩陣配置來使用的情況下，攝影機將能夠以必要準確度量測眾多 LED 裝置。

【0045】 對於以下實例，假定具有 3  $\mu\text{m}$  二氧化矽介電層之場板（ $\epsilon_r = 3.9$ ）。此介電材料通常被使用且可濺鍍、生長或沈積於眾多材料上。將厚度選擇為充分薄以允許測試降至 10  $\mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$  或小於 10  $\mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$  之微型 LED 裝置，且可在擊穿之前支援超過約 1500 伏特之電壓。 $C'_{\text{FP}}$  將係 1.15 nF/cm<sup>2</sup>。

【0046】 假定 500 V 之  $V_1$  值（參見圖 6A）。在此等假定及參數選擇下，每 LED 之光脈衝能量可簡化為：

$$E_{\text{opt}} = \eta_{\text{EXT}} \times C_{\text{EFF}} \times \Delta V \times V_F \quad (9)$$

【0047】 對於所選擇之參數，圖 8 展示針對電壓斜坡時間週期而選擇之電流密度。舉例而言，若場板電壓在大約 60  $\mu\text{sec}$ （階段 I）內自零驅動至+500 伏特，則 LED 將在 0.01 A/cm<sup>2</sup> 下被驅動。攝影機快門將略微在斜坡

開始之前（例如，在  $t_0$  之前 10 至 50  $\mu\text{sec}$ ）開放且將略微在階段 I 結束之後（例如，在  $t_1$  之後 10 至 50  $\mu\text{sec}$ ）開放。除確保階段 I LED 光脈衝完全在攝影機快門時間窗內積分之外，應避免過多的積分時間，此係因為過多積聚時間將傾向於升高攝影機之雜訊底限。可選擇階段 II 在積分快門剛好關閉時結束。

【0048】 爲了在階段 III 期間安全地恢復，利用等式 6，其中將電流密度選擇爲大致等於漏電流密度。舉例而言，利用  $10 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ （稍低於預期洩漏  $15 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ ）之目標漏電流密度及  $\Delta V=500 \text{ V}$ ，等式 6 預測將近 60 msec 之最小  $\Delta t$ 。此對應於  $0.0005 \text{ A}/\text{cm}^2$  或高於  $0.0005 \text{ A}/\text{cm}^2$  之注入電流密度下約 16 個圖塊/秒的量測重複率。

【0049】 使用以足夠短的波長照明 LED 裝置區域以激發 LED 裝置接面內之載流子之外部光源，較快速恢復速率係可能的。增強之光電流洩漏將允許較快速的階段 III 恢復而不會產生高反向偏壓條件。

【0050】 爲估計可藉由此量測方法實現之信號及由一個攝影機覆蓋之區域，假定以下額外參數：

- a. GaN LED（約 410 nm 發射及 65%攝影機量子效率）
- b.  $V_F$  約爲 3 V
- c.  $E_{\text{opt}} = 170 \text{ nJ}/\text{cm}^2$  ( $\eta_{\text{EXT}} \sim 10\%$ )

在約 3 eV/光子下，在階段 I 期間發射大約  $3.5 \times 10^{11}$  個光子/ $\text{cm}^2$ 。可在攝影機內產生之對應光電子的數目將係  $0.65 \times 3.5 \times 10^{11}$  個光子/ $\text{cm}^2$  或  $2.3 \times 10^{11}$  個光電子/ $\text{cm}^2$ （假定感測器對場板的 1:1 放大率及 100%收集效率）。在此放大率下， $5.86 \mu\text{m}$  像素大小仍將俘獲超過 78,000 個電子，多於像素飽和容量之兩倍。若需要每攝影機像素較低的積分光電子計數，則可選擇較低  $V_1$  電壓。

【0051】 使用 0.5 倍收集透鏡（由美國新澤西州巴林頓之 Edmund Optics 製造的型號#62-911 TECHSPEC™大型遠心透鏡）作為實例，大約 21 mm × 16 mm LED 基板區域將經成像至影像感測器上，但可存在變化。工作距離係 175 mm 且入口孔徑係大約 90 mm，從而相較於  $4\pi$  sr 導致約 1.7% 的總收集效率。所收集之預期光電子將係  $2.3 \times 10^{11}$  個光電子/cm<sup>2</sup> × (5.86 μm × 2)<sup>2</sup> × 0.017 = 5.3 ke<sup>-</sup>/像素。此良好地在動態範圍內且視需要，信號平均或增加 V<sub>i</sub> 可進一步改良信號品質。當然，可存在其他變化、修改及替代例。

【0052】 因此，相比每 LED 裝置分配之像素之數目，場板至攝影機感測器區域之成像較小程度地隨可用信號而變。對於在一側上量測到 250 μm 之較大 LED 裝置，較小放大率係必要的。假定 2×2 像素區域以覆蓋每一 LED 裝置用於準確計量，一個攝影機可量測 960×600 個 LED 裝置、240 mm×150 mm 場板面積或大於 6"支撐基板之面積。在此實例中，V<sub>i</sub> 可減小至小於 100 V 且可能更低，同時仍維持極好的信雜比。若光脈衝能量過高，則中性密度濾光片或其他吸收濾光片可置放於發射表面與攝影機之間以避免攝影機飽和。

【0053】 對於具有 10 μm×10 μm LED 裝置大小之微型 LED 應用，每感測器將量測相同的 960×600 個 LED 裝置或約 9.6 mm×6 mm 場板面積。具有大約 16×25 個步驟之分步重複系統將允許測試含有超過 170 百萬個裝置之 6"微型 LED 基板。若每 LED 裝置之單一量測係足夠的，則藉由移動的一或多個攝影機進行同步影像俘獲可將測試時間減少至少於 1 分鐘或甚至幾秒。舉例而言，每秒 16 圖框之俘獲速率將允許在約 25 秒內在功能上測試整個 6"基板。此將對應於每秒測試超過 9 百萬個 LED 裝置，遠快於探針卡及個別測試方法。

【0054】 在較佳實施例中，圖 9 展示基板大小場板可使用真空附接至

支撐基板以製成適合於功能測試之總成 900。場板 901 置放於 LED 裝置支撐基板 902 上，其中柔性真空密封件 903 置放於外部周邊區域上以維持場板與 LED 裝置支撐基板之間的一定程度的真空。接著使用真空通口 904 在板之間的空間中抽空空氣。該等板將在高達大氣壓下經按壓在一起從而以均勻方式最小化間隙，因此最佳化有效的場板耦合電容  $C_{EFF}$ 。支撐基板交換機構可藉由使通口 904 在真空條件與通氣條件之間循環來交換待在場板下測試之基板。在場板上方進行量測之攝影機 905 展示於此實施例中。替代真空，填充及抽空通口可在間隙內供應合適的液體耦合介質。當然，可存在其他變化、修改及替代例。

【0055】 在另一實施例中，圖 10 展示由置放於 LED 裝置支撐基板 1002 上方之較小場板 1000 及攝影機 1001 組成的總成。場板/攝影機總成在連續移動/量測步驟 1003 中移動以量測整個基板 1002。當然，可存在其他變化、修改及替代例。

【0056】 展示主要階段 1 及 3 波形之量測序列的電模擬展示於圖 11 至圖 14 中。如下模擬系統：

1. 場板：3  $\mu\text{m}$  二氧化矽， $C'_{EFF}=1.15 \text{ nF/cm}^2$
2. 10  $\mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$  LED 裝置大小：1.15 fF  $C_{EFF}$ ，15 pA 反向漏電流
3. 0.01 A/cm<sup>2</sup> 電流密度測試點
4.  $V_1=500 \text{ V}$ （60  $\mu\text{sec}$  斜坡時間以實現 0.01 A/cm<sup>2</sup> 電流密度注入）
5. 60 msec 量測重複率
6. LED 裝置係能夠產生約 10 pA 之反向漏電流的標準二極體

所使用之程式係來自 Spectrum Software（加利福尼亞森尼維耳市）之被稱作微型版本 11 的 SPICE 電路模擬器。在以上條件下模擬一個 10  $\mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$  LED 裝置。圖 11 展示電路圖，其中由電壓產生器 V2 驅動  $C_{EFF}=1.15 \text{ fF}$ 。

此產生器經程式化以在 60  $\mu\text{sec}$  內自 0 斜變至 +500 V，其後接著在 60 msec 內自 +500 V 斜降至 0 V。電壓源 V3 未連接，但經程式化以展示所要攝影機快門窗之實例。在此實例中，快門在階段 I 之前 10  $\mu\text{sec}$  開放且在階段 I 之後 10  $\mu\text{sec}$  關閉。

【0057】 圖 12A 至圖 12D 展示階段 I 波形，其具有電壓源 V2（圖 12A）、LED 裝置正向偏壓（圖 12B）、LED 裝置正向電流（圖 12C）及來自電壓源 V3 之攝影機快門控制信號（圖 12D）。參看圖 12D，攝影機積分器快門在電壓開始之前 10  $\mu\text{sec}$ （在時間軸上之時間 +10  $\mu\text{sec}$  處）開放。在時間軸上之時間 +20  $\mu\text{sec}$  處，電壓源開始朝向 +500 V（時間  $t_0$ ）斜變。在此階段 I 期間，直至時間 +80  $\mu\text{sec}$ ，LED 裝置藉由大約 +250 mV 之正向偏壓（圖 12B）以 +10 nA（圖 12C）經偏壓。此對應於所需要的 0.01 A/cm<sup>2</sup> 電流密度。在時間 +80  $\mu\text{sec}$  之後，電壓斜坡停止且 LED 電流降至零。在時間 +90  $\mu\text{sec}$  處，攝影機快門關閉，完成其對在階段 I 期間產生之光脈衝的積分。電壓源現將開始以 -10 pA 之目標漏電流進行緩慢放電。圖 13A 至圖 13D 展示在持續約 60 msec 之階段 III 放電期間的相同電壓及電流點。圖 13C 展示允許  $C_{\text{EFF}}$  在 60 msec 內自 +500 V 安全地放電至 0 V 的 -10 pA 放電電流。在電壓源在約 +60 msec 處返回至零之後，起始新的量測序列。圖 14A 至圖 14D 展示較長時間軸（200 msec），其展示 4 個量測序列。

【0058】 直接共同接點亦允許 DC 偏壓及功能測試組態。圖 15 展示 LED 裝置可僅在 DC 模式中或結合時變 AC 模式而經偏壓的實施例。參看圖 15A，場板 1501 由以下各者組成：場板支撐件（頂部）、連接至電壓源 1503 且鄰近於可選「漏泄」介電層 1504 之一個面的電極層 1502。機械支撐板亦可導電且僅需要可選的「漏泄」介電層 1504。當然，可存在其他變化、修改及替代例。

【0059】 場板電極連接至電壓源 1503，且可選的「漏泄」介電層 1504 之開放面形成如下的每單位面積電容：

$$C'_{FP} = \epsilon_0 \times \epsilon_r / t_d \quad (10)$$

其中

$C'_{FP}$  係場板之每單位面積電容 (F/cm<sup>2</sup>)

$\epsilon_0$  係真空電容率 ( $8.854 \times 10^{-14}$  F/cm)

$\epsilon_r$  係介電層之相對電容率 (無量綱)

$t_d$  係介電層厚度 (cm)

介電質將具有經選擇以允許 LED 裝置在 DC 偏壓組態中之所要偏壓的電阻率  $\rho_d$ 。驅動偏壓回應時間之時間常數係  $\epsilon_0 \times \epsilon_r \times \rho_d$ 。有效電阻可計算如下：

$$R'_{FP} = \rho_d \times t_d \text{ (歐姆-平方公分)} \quad (11)$$

其中

$R'_{FP}$  係場板之單位面積的電阻 (歐姆-平方公分)

$\rho_d$  係場板介電層之電阻率 (歐姆-公分)

$t_d$  係介電層厚度 (cm)

在一實例中，漏泄介電層可一般描述為具有合理地高的相對介電常數、約 1 兆歐-公分或高於 1 兆歐-公分之電阻率及充分高的介電質擊穿場強度的層。具有 81 之介電常數、1 兆歐-公分之電阻率及超過 13 MV/cm 之擊穿場強度的 II 型 DI (去離子) 水符合此等準則。在其他實例中，該層可係略微導電的經摻雜玻璃/陶瓷、塑膠或其類似者。若約 1 的小的相對介電常數係可接受的，則在間隙內具有電壓之空氣層可藉由弱電離而變得略微導電以實現「漏泄」介電層之功能。

【0060】 再次參看圖 15A，場板 1501 將置放成充分靠近 LED 支撐結

構 1505，其中 n 接點底部電極 1506 連接至共同電壓源 1507 及複數個 P 接點頂部電極 1508。儘管每一 LED 裝置上之電壓在本說明書中展示為使用電壓源 1503 及共同電壓源 1507 產生，但電壓源可替代地連接至接點 1502 或 1506。對於所有電壓源組態，有效的 LED 裝置驅動電壓將係接點 1503 與 1507 之間的電壓差。對於此組態，場板介電層 1504 或電極接點 1502 之開放面置放成充分接近 LED 結構接觸表面 1508 之開放面以允許電壓源 1503 至頂部 LED 電極表面 1508 之間的所要電耦合。在圖 15A 中，此間隙展示為 1509 且可係最小的有限間隙。間隙 1509 應足夠小以允許充分電容性及電阻性耦合（用於最佳化電流注入效率）且最小化選定間隙介質之電流注入效應之空間散焦。

【0061】 由總成 1500 製成之結構的電類比展示於圖 15B 中。電壓源 1510（圖 15A 中之 1503）經由兩個有效電容器連接至具有頂部表面積  $A_{EFF}$  之每一 LED 裝置 1512，一個電容器表示可選的「漏泄」場板介電質 1504（ $C_{FP}$  1511）且一個電容器表示間隙介電介質 1509（ $C_{GAP}$  1513）。每一電容器藉由電阻器分路，該電阻器表示經由場板介電質  $R_{FP}$  1514 及間隙介質  $R_{GAP}$  1515 之洩漏路徑。連接至底部共同接點 1506 之電壓源 1516（圖 15A 中之 1507）完成電路。電壓改變及位準將施加電流  $I_{LED}$  1517 至 LED 裝置 1512 上。有效電容  $C_{EFF}$  簡單地係皆具有面積  $A_{EFF}$  的場板介電層與間隙 1509 之電容的串聯電容：

$$C'_{gap} = \epsilon_0 \times \epsilon_r / t_{gap} \quad (12)$$

其中

$C'_{gap}$  係間隙之每單位面積電容 ( $F/cm^2$ )

$\epsilon_0$  係真空電容率 ( $8.854 \times 10^{-14} F/cm$ )

$\epsilon_r$  係間隙介質之相對電容率（無量綱）

$t_{\text{gap}}$  係間隙厚度 (cm)

且

$$C_{\text{EFF}} = A_{\text{EFF}} \times (C'_{\text{FP}} \times C'_{\text{gap}}) / (C'_{\text{FP}} + C'_{\text{gap}}) \quad (13)$$

$$C'_{\text{EFF}} = (C'_{\text{FP}} \times C'_{\text{gap}}) / (C'_{\text{FP}} + C'_{\text{gap}}) \quad (14)$$

其中

$C_{\text{EFF}}$  係有效 LED 裝置耦合電容 (F)

$C'_{\text{EFF}}$  係每單位面積的有效 LED 裝置耦合電容 (F/cm<sup>2</sup>)

$A_{\text{EFF}}$  係有效 LED 裝置面積 (cm<sup>2</sup>)

間隙介質分路電阻器係計算為：

$$R'_{\text{GAP}} = \rho_{\text{gap}} \times t_{\text{gap}} \text{ (歐姆-平方公分)} \quad (15)$$

其中

$R'_{\text{GAP}}$  係間隙介質之單位面積的電阻 (歐姆-平方公分)

$\rho_{\text{gap}}$  係間隙層之電阻率 (歐姆-公分)

$t_{\text{gap}}$  係間隙層厚度 (cm)

且有效的分路電阻器係計算為：

$$R_{\text{EFF}} = (R'_{\text{FP}} + R'_{\text{GAP}}) / A_{\text{EFF}} \quad (16)$$

其中

$R_{\text{EFF}}$  係有效的耦合分路電阻 (歐姆)

**【0062】** 此處使用圖 16 之結構解釋 DC 注入功能測試模式之實例。

測試組態如下：

1. 裝置大小：25 μm×25 μm
2. 場板不具有介電層
3. 間隙係 25 μm，具有 II 型 DI 水 (>1 兆歐-公分)
4. 藉由底部電極電壓源及偏壓負載電阻器  $R_L$  設定 10 mA/cm<sup>2</sup> 之目標

## DC 偏壓

5. 藉由頂部場板電壓源經由外部耦合電容器  $C_c$  驅動 AC (脈衝式) 操作

6. 測試面積  $5 \text{ cm}^2$

場板 1601 置放成充分靠近 LED 支撐結構 1602，其中 n 接點底部電極 1603 連接至共同接地接點 1604 及複數個 P 接點頂部電極 1605。對於每一 LED 裝置，間隙介質耦合電容係  $18 \text{ fF}$  且其分路電阻係  $400 \text{ 兆歐}$ 。在間隙 1606 中使用具有 81 之高的相對介電常數的 DI 水，可實現相對較大的耦合電容。每一 LED 裝置內之所注入電流的 AC 及 DC 分量由電流 1617 指示。

【0063】 DC 偏壓係藉由將電壓源 1607 調整至預設正電位  $V_{\text{pos}}$  來設定以經由負載電阻器  $R_L$  1608、場板接點 1609、間隙介質 1606 對 LED 裝置進行偏壓，間隙介質經由 LED 裝置連接至底部接點 1604。為實現  $10 \text{ mA/cm}^2$  之 DC 偏壓點， $50 \text{ mA}$  之總電流必須流經  $R_L$ 。若  $R_L$  選擇為  $100 \text{ 千歐}$  以允許經由耦合電容器  $C_c$  1610 高效耦合 AC 脈衝，則需要大約  $5 \text{ kV}$  的正偏壓  $V_{\text{pos}}$ 。在 DI 水上之電壓降係約  $25 \text{ V}$ ，而 LED 需要  $2.5$  至  $3.5 \text{ V}$  來接通。應注意，藉由改變偏壓位準，可量測輸出光位準對 DC 電流密度偏差之曲線圖。與攝影機俘獲時間同步地對 DC 偏壓加脈衝將允許信號平均且量測多個裝置偏壓設定點。

【0064】 可藉由脈衝源 1611 經由耦合電容器 1610 組合脈衝式信號回應。假定  $1 \text{ nF}$  之  $C_L$ ，快速脈衝可在  $R_L \times C_c$  弛豫可降低電荷耦合效率之前將電荷耦合至 LED 裝置中。對於  $100 \text{ 千歐}$  及  $1 \text{ nF}$  裝置值，系統弛豫時間常數係  $100 \text{ }\mu\text{sec}$ ，其係足夠長以確保電荷可轉移至 LED 裝置且轉換成可量測光脈衝之值。在此實例中，總的 DI 水耦合電容係約  $14 \text{ nF}$ 。若注入  $100 \text{ mA/cm}^2$  偏壓持續  $5 \text{ }\mu\text{sec}$ ，則必須每 LED 裝置遞送約  $3 \text{ pC}$  或針對測試區域遞送  $2.4$

$\mu\text{C}$  之總電荷。由於 DI 耦合電容器係約  $14\text{ nF}$ ，因此有效的耦合電容仍將係約  $1\text{ nF}$ 。源 1611 所需之電壓脈衝量值將係在  $5\text{ }\mu\text{sec}$  內斜變的  $2400\text{ 伏特}$ 。由此，可進行具有底部共同接點之 LED 裝置基板的 DC 偏壓及 AC 脈衝式功能測試兩者。當然，可存在其他偏壓及脈衝組態、變化、修改及替代例。

【0065】 儘管已在 LED 裝置之下方存在共同接點的情況下描述了本發明，但注入電流之其他裝置係可能的。圖 17A 展示另一實施例 1700，其中在諸如 LED 裝置 1703 之複數個 LED 裝置結構下方的支撐基板 1702 內存在場板 1701 之類似物。在最低 LED 裝置結構層（在本發明中所描述之實例中， $n$  層）下方，介電層 1704 及電極 1705 完成支撐基板電容耦合裝置。電極 1705 連接至電壓源 1706。場板連接至單獨電壓源 1707 及場板電極 1708。在此實例中，攝影機 1709 置放於場板上方以俘獲複數個受測 LED 裝置之光發射回應。在此實例中，裝置之間的隔離係展示為完全的，然而，此方法仍將在  $n$  層完全隔離或不完全隔離之情況下起作用。圖 17B 展示此電容耦合支撐基板組態之等效電路 1711。僅有的改變係在每一 LED 裝置陰極下方插入第二耦合電容器  $C_{\text{EFF}2}$ 。可使所得電路等效地操作且有效地執行  $C^2I$  功能測試。舉例而言，假定支撐基板介電層 1704 與場板內之介電層 1710 相同，電壓源 1706 與電壓源 1707 相同但負向地驅動（對於源 1706， $0$  至  $-500\text{ V}$ ；及對於源 1707， $0$  至  $+500\text{ V}$ ），量測系統 1700 將基本上與共同接點支撐基板組態相同地執行。

【0066】 在又一實施例中， $C^2I$  功能測試亦可應用於圖 17A 之測試組態的修改組態，其消除對支撐基板內之內埋電極的需要。在此實施例中，支撐基板自身之介電性質用以注入電流通過 LED 裝置。舉例而言，石英、藍寶石、玻璃或塑膠支撐基板可充當圖 17A 中之介電質 1704。圖 18 展示此組態之特定實施例 1800。具有足夠介電性質及厚度之支撐基板 1801 置放

於連接至電壓源 1806 之電極 1803 的頂部上，該支撐基板在其表面上含有複數個 LED 裝置，諸如 LED 裝置 1802。儘管未特定展示，但間隙可存在於電極 1803 與支撐基板 1801 之間，從而視需要允許支撐基板之背側的非接觸式操作。儘管未特定展示，但額外介電質亦可介入於電極 1803 與支撐基板 1801 之間。間隙（及覆蓋電極 1803 之可選介電質）將使用等式 2 至 4 以類似於頂部場板至裝置間隙 509 修改  $C_{EFF}$  及  $C_{EFF}'$  之方式修改  $C_{EFF2}$ 。具有介電層 1805 及連接至第二電壓源 1807 之電極 1806 的場板 1804 完成  $C^2I$  功能測試電路。置放於場板 1804 上方之攝影機 1808 展示於此實施例中。除值  $C_{EFF2}$  歸因於支撐基板之厚度而可能實質上較小以外，等效電路將類似於圖 17B。舉例而言，支撐基板由厚度為 500  $\mu\text{m}$  之藍寶石（ $\epsilon_r \sim 10$ ）製成， $C_{EFF2}'$  將係大約 18  $\text{pF}/\text{cm}^2$ ，比  $C_{EFF1}$  小約 65 倍。 $V_1$  之較快速電壓斜坡及/或較大電壓值可補償此耦合效率損失。舉例而言，場板電壓源 1807 可自 0 經驅動至 +500 V，而支撐基板電壓源 1804 可在 0 至 -32.5 kV（ $-500 \text{ V} \times 65 = -32.5 \text{ kV}$ ）下經驅動。藍寶石支撐基板內之電場強度將係 0.65  $\text{MV}/\text{cm}$ ，遠低於大約 1  $\text{MV}/\text{cm}$  之其擊穿強度。以此方式驅動，LED 裝置將實質上等效地經驅動且允許在 LED 裝置支撐基板內無內埋接點之情況下進行  $C^2I$  功能測試。可使用 IGBT、MOSFET 或閘流體裝置實現驅動電極 1803 之高壓波形產生器。能夠切換至高達 36 kV 之高壓開關係來自 Belke Electronic GMBH（德國克龍貝爾格）之型號 HTS-361-01-C（36 kV，12 A 最大電流）及型號 HTS-361-200-FI（36 kV，2000 A 最大電流）。可程式化波形塑形電路可將快速電壓改變減慢至符合所要  $C^2I$  功能測試性質之電壓斜坡。對於 6" 基板，總電容將係約 3.2 nF，且在每秒 16 次量測下， $\frac{1}{2} CV^2f$  功率將係約 27 瓦特且平均電流將係 830  $\mu\text{A}$ ，此安全地在市售高壓開關之正常操作規格內。對於支援 HTS-361-200-FI 2000A 開關，可執行高達 11  $\text{A}/\text{cm}^2$  的電流密度  $C^2I$

量測。當然，可存在其他變化、修改及替代例。

【0067】 圖 19A 至圖 19C 展示電容電流注入變型，其可包括多達 3 個電壓源以對 LED 結構 1900 供以能量。圖 19A 展示豎直 LED 結構，其中頂部 LED 結構區域對應於頂部電極（陽極）且底部 LED 結構區域對應於底部電極（陰極）。 $C_{\text{top-a}}$  因此等於  $C_{\text{EFF1}}$  且  $C_{\text{bot}}$  等於圖 15B 之  $C_{\text{EFF2}}$ 。諸如 LED 裝置 1901 之側向 LED 結構的小頂部區域經蝕刻以曝露 n 層 1902（陰極），而該區域之其餘部分含有作用層、頂部 p 層及 p 層接點 1903（陽極）。圖 19B 展示簡化橫截面，其中頂部陽極接點可藉由有效電容  $C_{\text{top-b}}$  接取，而陰極接觸區域 1902 可藉由有效電容  $C_{\text{bot-b}}$  接取。陰極區域亦經由支撐基板 1904 經電容  $C_{\text{bot}}$  及底部電極 1905 接取。若 LED 裝置具有等效於圖 19A 中之裝置的總的頂部表面積，則  $C_{\text{top-b}} + C_{\text{bot-b}}$  將等於  $C_{\text{top-a}}$  且每一電容值將與其表面積成比例。舉例而言，若頂部陽極面積係總面積之 75%（且頂部陰極面積係總面積之 25%），則  $C_{\text{top-b}} = 0.75 \times C_{\text{top-a}}$  且  $C_{\text{bot-b}} = 0.25 \times C_{\text{top-a}}$ 。由於總的底部面積未修改，因此  $C_{\text{bot}}$  不存在改變，然而，歸因於 MESA 蝕刻接觸方法，作用面積較小（在此實例中，75%）。有效電流密度注入值計算將需要作用面積對總面積比率的校正。圖 19C 展示使用通孔接點之較小頂部陰極接點。除不同的電容及作用面積對總面積比率值以外，此變型類似於圖 19B。

【0068】 使用圖 19B 之側向 LED MESA 結構作為實例 LED 結構，圖 20A 至圖 20C 展示測試總成 2000，其具有使用在具有底部電極 2004 之支撐基板 2003 上的裝置之上的頂部場板 2002 的三個單獨 LED 裝置 2001 之三個可能的接觸選項。應注意，電極 2004 可係包括上覆介電質之電極總成且可置放成接近支撐基板 2003。將修改  $C_{\text{bot}}$  以包括此（等）額外介電層及間隙。

【0069】 圖 20A 展示覆蓋整個 LED 裝置且藉由電壓斜坡驅動至電壓  $V_1$  之頂部場板電極 2005。底部電極 2004 藉由負電壓斜坡驅動至電壓  $V_2$ 。假定根據圖 6A 之階段 I，使用正斜率驅動頂部場板電極 2005，而假定藉由負斜率驅動底部電極 2004，其中  $V_2$  藉由電容適當地按比例調整，如下文進一步所解釋。圖 20B 展示經圖案化場板電極，其中僅陽極電極 2006 存在且經由電容  $C_{t-b}$  將電流注入至 LED 裝置中。由於在頂部陰極接觸區域上方不存在電極，因此假定可忽略頂部陰極電容。圖 20C 展示經圖案化場板電極結構，其中頂部陽極接點係使用至電壓  $V_1$  之正斜坡而電容耦合至場板電極 2007，且頂部陰極接點係使用至電壓  $V_3$  之負斜坡而電容耦合至場板電極 2008。

【0070】 除非另外陳述，否則假定裝置中之零淨電荷積累（陽極電荷輸入=陰極電荷輸出）及相等的電壓斜坡時段。對於階段 I，將此等偏壓條件應用於圖 20A 至圖 20C 之結構，各種關係如下：

1. 圖 20A（側向 LED 裝置，連續場板）

$$\text{注入電流} = C_{t-a} \times dV_1/dt$$

$$V_2 = -V_1 \times (C_{t-a} + C_{b-a}) / C_{bot}$$

2. 圖 20B（側向 LED 裝置，僅陽極上之場板電極）

$$\text{注入電流} = C_{t-b} \times dV_1/dt$$

$$V_2 = -V_1 \times C_{t-b} / C_{bot}$$

3. 圖 20C（側向 LED 裝置，陽極及陰極上之單獨場板電極）

$$\text{注入電流} = C_{t-c} \times dV_1/dt$$

$$V_1 \times C_{t-c} = -V_2 \times C_{bot} - V_3 \times C_{b-c}$$

對於所有三個結構， $J_{LED}$ =注入電流/作用面積，其中作用面積係 MQW 結構之由裝置接觸的面積。

【0071】 僅作為表明對側向裝置結構使用  $C^2I$  量測的實例，假定圖 20A 至圖 20C 之 LED 結構具有以下共同參數及光收集組態：

- a.  $25\ \mu\text{m} \times 50\ \mu\text{m}$  裝置大小
- b. 針對側向 LED 裝置分裂之 75%（陽極及作用面積）及 25%（陰極）面積
- c. 目標  $J_{\text{LED}} = 0.01\ \text{A}/\text{cm}^2$
- d. 1 mm 的藍寶石支撐基板厚度（ $\epsilon_r = 10$ ）
- e. 25  $\mu\text{sec}$  的階段 I 電壓斜坡時間
- f. 場板介電質：2  $\mu\text{m}$  氮化矽（ $\epsilon_r = 7.5$ ）
- g.  $C_{\text{t-a}} = C_{\text{t-b}} = C_{\text{t-c}} = 31\ \text{fF}$
- h.  $C_{\text{b-a}} = C_{\text{b-c}} = 10.3\ \text{fF}$
- i.  $C_{\text{bot}} = 0.11\ \text{fF}$
- j. 注入電流 = 93.7 nA
- k.  $E_{\text{opt}} = 75\ \text{nJ}/\text{cm}^2$
- l. 光子/LED 裝置所發射  $\sim 1.5 \times 10^6$  個光子
- m. 每 LED 裝置偵測到之光電子（65%量子效率，90 mm 透鏡孔徑，175 mm 工作距離），每  $C^2I$  量測循環  $\sim 16,000$  個光電子

【0072】 圖 20A 實例 1：

- a.  $V_1 = +75\ \text{V}$
- b.  $V_2 = -28.2\ \text{kV}$

【0073】 圖 20A 實例 2（頂部場板接地條件）：

- a.  $V_1 = 0\ \text{V}$
- b.  $V_2 = -28.275\ \text{kV}$

【0074】 圖 20B 實例 1：

- a.  $V_1 = +75 \text{ V}$
- b.  $V_2 = -21.3 \text{ kV}$

【0075】 圖 20B 實例 2（頂部場板接地條件）：

- a.  $V_1 = 0 \text{ V}$
- b.  $V_2 = -21.375 \text{ kV}$

【0076】 圖 20C 實例 1：

- a.  $V_1 = +75 \text{ V}$
- b.  $V_3 = -75 \text{ V}$ ， $V_2 = -14.1 \text{ kV}$

【0077】 圖 20C 實例 2：

- a.  $V_1 = +75 \text{ V}$
- b.  $V_3 = -226 \text{ V}$ ， $V_2 = 0 \text{ V}$

【0078】 儘管將發生一些共模充電且在使用圖 20A 實例 2 時可能需要較高的底部電極電壓  $V_2$ ，但由於僅需要接地的非圖案化場板，此實施例對於大多數側向 LED 結構可尤其有用。

【0079】 在又一實施例中，頂部場板可具有較厚介電質且需要較高電壓  $V_1$ 。此可有利於減輕頂部裝置結構拓樸效應，促進非接觸式測試且改良頂部場板之穩固性，免於諸如刮擦及其類似者之輕微介電質缺陷。舉例而言，對於圖 20A 組態， $200 \text{ }\mu\text{m}$  石英場板介電質（先前實例中之元素（f））及  $10 \text{ }\mu\text{m}$  氣隙將需要以下電壓：

- a.  $V_1 = +17.4 \text{ kV}$
- b.  $V_2 = -28.5 \text{ kV}$

選擇此等電壓以避免淨電荷轉移至裝置，從而基本上將 LED 裝置結構保持為接近接地電位。重要的係認識到，若電場強度足夠高，則氣隙將擊穿且變得電離。根據帕申定律（Paschen's Law），對於在標準壓力及溫度下

的空氣，當可在該氣隙上維持假定為超過 2.8 kV 的以上實例時，10  $\mu\text{m}$  氣隙將在約 350 V 下擊穿。實情為，對於在此實例中超過約+2.2 kV 之  $V_1$  電壓，氣隙將變得電離且降低氣隙上之電壓降。因此，假定電離氣隙上無電壓降，則所需  $V_1$  將更接近+14.5 kV。當然，其他電壓波形及值有可能實現所要電流注入條件。當然，可存在其他變化、修改及替代例。

**【0080】** 當使用諸如在圖 20B 至圖 20C 中之經圖案化場板電極圖案時，每個側向裝置結構將需要特定電極圖案，且頂部場板介電質厚度必須小於裝置間距或與裝置間距具有相同數量級以避免過多的電場交叉耦合。此外，場板 2002 與支撐基板之間的經圖案化頂部場板之準確位置對齊對於最大化耦合效率及最小化寄生電容（例如，電極 2007 與 n 層陰極接觸區域之間）係重要的。感信電極與 LED 結構之間在裝置大小之+/-5%內的位置對齊足以允許高效耦合及可再現的  $C^2I$  量測。對於諸如圖 20C 之多個電極結構，對齊對於避免損害受測裝置亦係重要的。舉例而言，場板與裝置結構之未對齊可藉由注入相當大的反向偏壓電壓而抵消電流注入或甚至損害 LED 裝置。

**【0081】** 某些影像處理方法可用以改良對應於每一受測 LED 裝置之所量測資料的準確度。至感測器上之每一經成像 LED 裝置將成像至攝影機感測器陣列內之特定區域上。一個影像處理方法使用來自目標影像之空間資訊以產生所量測之攝影機輸出資料影像內之每一 LED 裝置的實體質心 (x,y) 位置。可產生且可使用攝影機放大、光學失真校正、影像俘獲來校正支撐基板上之 LED 裝置質心位置與其在攝影機感測器上之對應質心位置的此對應，以感測及定位 LED 裝置矩陣及其類似者。因此，所得質心矩陣將係每一 LED 裝置之在感測器影像內的(x,y)位置之集合。舉例而言，參考先前實例，經成像至 1920×1200 數位感測器矩陣上之 960×600 LED 裝置集合

將具有如下的質心矩陣：

LED 之質心 $(i,j)$ =攝影機資料位置 $(x,y)$

其中對於每一所量測 LED， $i$ 、 $j$  係整數 ( $i=1$  至  $960$ ， $j=1$  至  $600$ )，而攝影機位置 $(x,y)$ 係感測器像素區域內之浮點數 ( $0<x<1920$ ， $0<y<1200$ )。一旦產生此質心矩陣，使用加權函數之影像處理方法便可採用經數位化影像且產生使用加權函數提取之資料值之集合，其中將更大權重給予最接近實體 LED 質心位置成像之感測器資料。影像處理系統可並列地且通常以圖框速率實現此卷積函數。在較佳實施例中，LED 資料值因此由使用應用於經數位化攝影機資料之質心加權函數計算的資料值之輸出 LED 裝置 $(i,j)$ 矩陣組成。

**【0082】** 雖然上文描述  $C^2I$  資料影像俘獲以得到輸出 LED 裝置 $(i,j)$ 資料點之關鍵步驟，但亦可應用偏移及按比例調整/正規化操作。舉例而言，在無電壓波形之情況下俘獲的「暗」影像將量測在當前影像獲取參數下每一攝影機像素之暗信號。作為一種形式之偏移及漂移消除，可連同每一  $C^2I$  資料俘獲來獲取此等暗影像。可自影像資料或在已使用上文所描述之質心加權函數處理資料及參考兩者之後減去參考以得到經偏移校正之 LED 裝置 $(i,j)$ 資料矩陣亦可進行按比例調整及正規化操作。

**【0083】** 應用於經數位化攝影機輸出(與由在階段 I 期間經成像至攝影機感測器上之 LED 裝置發射的總積分光成比例)之額外影像處理方法可用以產生指示 LED 裝置功能性之結果。此功能資料將呈含有自量測導出之一或多個值的矩陣的形式。對於在位置 $(i,j)$ 處之每一 LED，將存在  $n$  個資料點  $Data_n(i,j) = Value_n$  (其中  $n$  係大於或等於 1 之整數) 之集合。每一受測 LED 之多個獨立  $Data_n(i,j)$  值例如可係使用藉由不同的階段 I 電壓斜坡值進行之  $n$  個量測序列來量測的不同電流密度值下的光輸出值。每一  $Data_n(i,j)$

量測資料值又可係多個量測之平均值以改良信雜比。信號平均係熟知的方法，其中展現隨機雜訊之信號的標準偏差將減小  $\sqrt{m}$ ，其中  $m$  係經平均之量測點之數目。舉例而言，若資料點展現隨機雜訊標準偏差  $z$ ，則使用 100 個資料點之平均值的平均資料點將具有  $z/\sqrt{100}$  或低 10 倍的標準偏差。

【0084】 一旦已收集 LED 裝置(i,j)資料值，便可應用臨限值或一組測試準則以產生功能性判定，可能針對正量測之每一 LED 添加  $Data_n(i,j)$  值 0 或 1 (0=不良裝置，1=良好裝置)。舉例而言，若將所要的最小臨限值應用於資料，則可將非發射或弱發射裝置標示為不良裝置。當然，多個臨限值及應用於資料值之集合的其他準則或通過/未通過準則對功能測試、修復策略及製程良率分析（原因及校正）亦可係有用的。僅作為實例，多個臨限值可應用於 LED 裝置  $Data_n(i,j)$  資料以產生每一 LED 裝置之分格編號標示，從而匹配 LED 之功能性且根據一準則或一組準則驅動釋放具有類似特性之裝置的策略。隨機存取雷射剝離或其他個別 LED 裝置釋放方法可基於每一 (i,j) LED 裝置之分格標示矩陣值而聚集具有類似分格編號之 LED 裝置。此對限制由使用具有過度不同的功能特性之 LED 裝置引起的顯示不均勻性可係有用的。多個臨限值亦可用以產生對良率及製程控制有用的統計資料。舉例而言，標準偏差及應用於分格資料之其他統計分析可係良率及製程穩定性之指示。此等導出量之急劇改變可發信製程偏移。圖 21 展示屬於垂直尺度上的依據水平尺度中之  $Data_n$  而變化的  $Data_n$  值（被稱作通道或分格）之小範圍內的若干 LED 裝置之直方圖 2100。大多數 LED 裝置處於在功能上可接受之範圍 2101 內，而低於臨限值 2102 或高於臨限值 2103 之 LED 裝置被考慮拒絕。LED 裝置格化功能之寬度 2104 對良率及製程控制可係有用的。處於類似分格 2105 內之 LED 裝置可稍後聚集及用於其類似功能測

試結果以改良顯示均勻性。

【0085】 若根據本發明之功能測試設備對小於所要區域進行成像且需要分步重複功能，則可能需要針對待量測之每一新 LED 裝置區域重新計算質心矩陣。然而，若分步系統足夠準確以對準待量測之下一組 LED 裝置，則可重複使用質心矩陣。當然，可存在其他變化、修改及替代例。

【0086】 一般而言，場板允許藉由相對於場板固定或移動之一或多個攝影機對含有 LED 裝置之基板進行功能測試。測試裝備成本、複雜度、目標 LED 裝置大小及測試產出率能力係必須在選擇特定組態之前評估的一些準則。亦必須解決其他設計限制及準則以確保量測功能性符合所要規格。一個此設計準則係確保正測試之每一 LED 裝置上的階段 I 電壓波形不會由於接觸電阻及寄生電容而顯著失真。舉例而言，量測較高電流密度操作所要之用於階段 I 的快速電壓斜坡可導致由位於場板中間之 LED 裝置的 RC 低通濾波引起的顯著波形失真及電壓降。若場板電極或共同接觸電阻過高，則此情形可出現。可藉由降低有效接觸薄片電阻率或在測試之前附接較低電阻率層來緩解此等效應。最後，大的場板將需要電力以量測重複率對場板電容  $C_{FP}$  進行充電及放電，且可產生接觸層內之電阻加熱。舉例而言，使用  $3\ \mu\text{m}$  二氧化矽介電層之 6" 基板場板將具有約 200 nF 之總電容  $C_{FP}$ 。若假定 16 Hz 俘獲速率及 500 V 斜坡，則  $\frac{1}{2} CV^2f$  功率將係約 0.5 W。在此所提議的操作點處，甚至使用完整 6" 場板組態，亦產生小且可管理的測試功率位準。

【0087】 在諸如 OLED 生產線之卷軸式薄膜環境內應用  $C^2I$  方法可能需要諸如機械平台及多個感測器總成之額外元件。舉例而言，可藉由以與薄膜相同之速度移動測試總成來實現在卷軸式連續薄膜環境內在薄膜之每一側上使用場板進行  $C^2I$  測試。圖 22 展示進行  $C^2I$  測試之卷軸 2200，其中

使用動作 2203 及 2204 移動  $C^2I$  量測總成 2201 及 2202 以跟隨薄膜朝向右方行進，從而在測試（量測及放電階段）期間在相對意義上變得相對於薄膜靜止。卷軸式製造製程包含具有支撐待測試之 LED 結構 2207 之薄膜 2206 的饋入捲筒 2205。該薄膜係以速度 2209 移動至拉緊捲筒 2208。該圖展示完全非接觸式量測組態，其中頂部場板 2210 及底部場板 2211 置放成緊密接近薄膜 2206。頂部場板 2210 由電極 2212、介電質 2213 及間隙 2214 組成。底部場板 2211 至少由電極 2215 及在 LED 結構及支撐基板/薄膜下方之可選介電質 2216 及間隙 2217 組成。一攝影機或攝影機陣列 2218 及 2219 完成  $C^2I$  系統。僅作為實例，若總測試時間（經由放電階段之量測）係 60 msec 且薄膜正以 1 m/s 前進，則量測場板總成在移回以啓用另一循環之前將必須隨薄膜移動 60 mm 之距離。為避免由有限時間引起之量測間隙將量測系統移回其開始位置，第二  $C^2I$  系統 2202 用以重疊且覆蓋測試區域。場板 2210 及 2211 之寬度亦應係約 60 mm 以最小化間隙且最大化  $C^2I$  量測系統之間的重疊。當然，對於在連續製造製程內移動場板之實施例，可存在其他變化、修改及替代例。

【0088】  $C^2I$  系統在卷軸式製造製程內靜止之實施例可係合乎需要的。圖 23 展示支撐薄膜製造製程 2300 上之類似卷軸式 LED 結構，其中捲筒 2301 及 2302 旋轉以使薄膜 2303 以速度 2304 移動。使用根據本發明之量測及放電階段波形向包含攝影機 2306 以及頂部場板 2307 及底部場板 2308 之靜止  $C^2I$  系統 2305 供以能量。在此實例中，假定量測階段相較於薄膜速度 2304 係短的，且因此在量測階段期間出現有限的模糊。作為實例，在 500 mm/sec 之薄膜輸送速度下的 25  $\mu$ sec 量測階段將僅使影像模糊 12.5  $\mu$ m。此有限影像拖影將係可接受的且不太可能不利地影響總的光電子計數量測。由於  $C^2I$  系統靜止（且假定場板寬度係測試及放電時間乘以薄膜速

度)，因此僅場板左側內部之薄膜將看到完整的測試及放電循環，此係因爲其將恰好在放電循環將結束時自右側退出。然而，對於其他薄膜區域，薄膜將在放電階段完成之前自場板區退出。自電場區之此突然退出可損害 LED 裝置。因此，次要板系統係有必要的以對由靜止  $C^2I$  系統 2305 測試之每個區安全地進行放電。由特殊場板 2310 及 2311 組成之此額外放電板系統 2309 將 LED 裝置結構及薄膜 2303 之電場強度重設至已知狀態，以使用可重複且均勻的方式對薄膜安全地進行放電。在以下示例中，假定初始介電質厚度及其他板參數等於  $C^2I$  系統場板及操作偏壓條件。諸如電壓偏壓、板介電質厚度及相互作用寬度之參數的其他組合有可能執行放電階段。

【0089】 在放電狀態期間，儲存於場板、間隙、LED 結構及支撐基板內之電荷密度  $Q'$  (庫侖/平方公分) 必須以將 LED 反向偏壓位準限於安全值之方式進行放電。假定恆定的反向偏壓漏電流密度  $-I_L'$ 。圖 24A 至圖 24B 展示放電板系統之兩個實施例 2400 及 2401。當薄膜 2402 在位置 2403 處進入右方放電板總成時，電荷狀態藉由至少施加至放電板總成之最左區的電壓電位  $V_1$  及  $V_2$  來升高。此等電壓選擇爲分別在頂部板及底部板之量測階段期間使用的全電壓。在彼狀態下，電荷密度如下與電壓  $V_1$  及  $V_2$  相關：

$$Q' = C'_{EFF} \times V \quad (17)$$

$Q'$  = 放電板總成中之總的初始電荷密度 (庫侖/平方公分)

$C'_{EFF}$  = 量測系統之每單位面積的有效電容 ( $F/cm^2$ )

$V = V_1 + V_2$ ，最大測試電壓 (假定  $V_1$  之極性與  $V_2$  相反)

在恆定的放電速率 ( $dQ'/dt = -I_L'$ ) 下：

$$-I_L' = C'_{EFF} \times dV/dt + V \times dC'_{EFF}/dt \quad (18)$$

若以上等式 18 之時間導數又與薄膜速度相關，則滿足等式 18 的  $dV/dt$  或  $dC'_{EFF}/dt$  在放電板總成之寬度上的空間改變將對 LED 結構安全地進行放

電。圖 24A 展示在放電板總成 2400 中在頂部場板上使用自  $V_1$  至 0 之線性減小電壓及在底部場板上使用  $V_2$  至 0 的安全放電。將在薄膜速度下選擇放電板之寬度以滿足等式 18。

【0090】 若頂部及底部放電場板之介電質厚度替代地以空間方式在放電板之寬度上增加以便滿足等式 18 之第二項，則將發生 LED 結構之安全放電。圖 24B 展示在放電板總成 2401 之寬度上使用恆定的  $V_1$  及  $V_2$  的此第二實施例。替代地，描述於圖 24A 及圖 24B 中之實施例之組合亦可用以產生所要放電階段。當然，對於在連續製造製程內具有靜止場板之實施例，可存在其他變化、修改及替代例。

【0091】 雖然上文係對特定實施例之完整描述，但可使用各種修改、替代構造及等效物。儘管已使用選定步驟序列描述上述內容，但可使用所描述步驟之任何要素之任何組合以及其他步驟。另外，可取決於實施例來組合及/或消除某些步驟。此外，儘管描述及實例係有關於平坦表面上之 GaN LED 裝置，但可使用  $C^2I$  方法在功能上測試含有光子發射裝置之任何平坦或彎曲表面。舉例而言，可使用本發明測試垂直腔面發射雷射 (VCSEL)、有機 LED (OLED)、矽光子裝置及其他表面發射裝置。另外，在另一實例中，亦可使用 II-VI 族半導體材料及相關聯裝置。在一實例中，LED 或其他裝置可具有多種應用，諸如通用或專用光照、顯示器（無論係大型面板、行動裝置抑或投影）、化學處理、車輛光照、醫學及其他。在一實例中，該方法亦可包括選擇良好裝置中之一者，將該 LED 裝置釋放至部件基板上且封裝該裝置。部件基板可包括最終產品基板或臨時基板以收納被釋放之 LED 裝置。封裝可係標準罐、板上晶片或子基板或模組裝置。在裝置經封裝之後，其可組態於多種應用中之一者中。當然，可存在其他變化、修改及替代例。因此，上文描述及說明不應被視為限制由隨附申請專利範圍定

義之本發明之範圍。

**【符號說明】**

**【0092】**

- 100：n 型陰極層
- 101：作用層
- 102：P 型層
- 103：P 接點/層
- 104：LED
- 105：接點
- 106：接點
- 200：LED 基板
- 201：生長或支撐基板
- 202：下部接點
- 203：作用區
- 204：上部接點
- 301：支撐基板
- 302：共同接觸層
- 304：P 層
- 305：P 接觸層/頂部接點
- 306：電壓源
- 307：光
- 308：溝槽
- 309：LED 裝置
- 310：共同電位

- 401：支撐基板
- 402：共同接點
- 403：n 層/作用層
- 404：p 層
- 405：頂部接觸層/頂部接點
- 406：電壓源
- 407：光發射
- 408：短路
- 500：總成
- 501：場板/頂板
- 502：電極層
- 503：電壓源/接點
- 504：介電層
- 505：LED 支撐結構
- 506：n 接點底部電極
- 507：共同接點/共同電極
- 508：P 接點頂部電極/LED 結構接觸表面/頂部 LED 電極表面
- 509：裝置間隙
- 510：電壓源
- 511：有效電容器  $C_{EFF}$
- 512：LED 裝置
- 513：電流  $I_{LED}$
- 600：電壓源-時間曲線
- 602：光

- 700：測試組態
- 701：LED 裝置支撐基板
- 702：透明場板總成
- 703：場板電極
- 704：介電層
- 705：電壓源
- 706：共同接點
- 707：LED 裝置
- 708：攝影機
- 709：替代測試組態
- 900：總成
- 901：場板
- 902：LED 裝置支撐基板
- 903：真空密封件
- 904：真空通口
- 905：攝影機
- 1000：場板
- 1001：攝影機
- 1002：LED 裝置支撐基板
- 1003：移動/量測步驟
- 1500：總成
- 1501：場板
- 1502：電極層/電極接點
- 1503：電壓源

- 1504：場板介電層/「漏泄」場板介電質
- 1505：LED 支撐結構
- 1506：n 接點底部電極/底部共同接點
- 1507：共同電壓源/接點
- 1508：P 接點頂部電極/LED 結構接觸表面/頂部 LED 電極表面
- 1509：間隙/間隙介電介質
- 1510：電壓源
- 1511： $C_{FP}$
- 1512：LED 裝置
- 1513： $C_{GAP}$
- 1514：場板介電質  $R_{FP}$
- 1515：間隙介質  $R_{GAP}$
- 1516：電壓源
- 1517：電流  $I_{LED}$
- 1601：場板
- 1602：LED 支撐結構
- 1603：n 接點底部電極
- 1604：共同接地接點/底部接點
- 1605：P 接點頂部電極
- 1606：間隙/間隙介質
- 1607：電壓源
- 1608：負載電阻器  $R_L$
- 1609：場板接點
- 1610：耦合電容器  $C_C$

- 1611：脈衝源
- 1617：電流
- 1700：量測系統
- 1701：場板
- 1702：支撐基板
- 1703：LED 裝置
- 1704：支撐基板介電層/介電質
- 1705：電極
- 1706：電壓源
- 1707：電壓源
- 1708：場板電極
- 1709：攝影機
- 1710：介電層
- 1711：等效電路
- 1800：特定實施例
- 1801：支撐基板
- 1802：LED 裝置
- 1803：電極
- 1804：場板
- 1805：介電層
- 1806：電壓源/電極
- 1807：第二電壓源/場板電壓源
- 1808：攝影機
- 1900：LED 結構

- 1901：LED 裝置
- 1902：n 層/陰極接觸區域
- 1903：p 層接點
- 1904：支撐基板
- 1905：底部電極
- 2000：測試總成
- 2001：LED 裝置
- 2002：頂部場板
- 2003：支撐基板
- 2004：底部電極
- 2005：頂部場板電極
- 2006：陽極電極
- 2007：場板電極
- 2008：場板電極
- 2100：直方圖
- 2101：範圍
- 2102：臨限值
- 2103：臨限值
- 2104：寬度
- 2105：分格
- 2200：卷軸
- 2201：C<sup>2</sup>I 量測總成
- 2202：C<sup>2</sup>I 量測總成/第二 C<sup>2</sup>I 系統
- 2203：動作

- 2204：動作
- 2205：饋入捲筒
- 2206：薄膜
- 2207：LED 結構
- 2208：拉緊捲筒
- 2209：速度
- 2210：頂部場板
- 2211：底部場板
- 2212：電極
- 2213：介電質
- 2214：間隙
- 2215：電極
- 2216：介電質
- 2217：間隙
- 2218：攝影機
- 2219：攝影機
- 2300：支撐薄膜製造製程
- 2301：捲筒
- 2302：捲筒
- 2303：薄膜
- 2304：速度
- 2305：靜止  $C^2I$  系統
- 2306：攝影機
- 2307：頂部場板

2308：底部場板

2309：放電板系統

2310：場板

2311：場板

2400：放電板總成/放電板系統

2401：放電板總成/放電板系統

2402：薄膜

2403：位置

V2：電壓源/電壓產生器

V3：電壓源/電壓

V<sub>1</sub>：電壓/電壓電位

V<sub>2</sub>：電壓/電壓電位/底部電極電壓

C<sub>EFF1</sub>：電容

C<sub>EFF2</sub>：第二耦合電容器

C<sub>top-a</sub>：電容

C<sub>top-b</sub>：電容

C<sub>bot</sub>：電容

C<sub>bot-b</sub>：電容

C<sub>t-a</sub>：電容

C<sub>t-b</sub>：電容

C<sub>t-c</sub>：電容

t<sub>0</sub>：時間

t<sub>1</sub>：時間

t<sub>2</sub>：時間

$t_3$  : 時間

I : 電流注入階段

II : 電壓保持階段

III : 放電階段

$I_{LED}$  : 電流

## 發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日：

※IPC 分類：

## 【發明名稱】(中文/英文)

發光二極體測試設備及其製造方法

LIGHT EMITTING DIODE (LED) TEST APPARATUS AND METHOD  
OF MANUFACTURE

## 【中文】

實施例係關於對製造含有發光二極體(LED)結構之產品有用的功能測試方法。特定而言,LED陣列係藉由使用置放成緊密接近該LED陣列之由一電極及絕緣體組成的一場板經由一移位電流耦合裝置注入電流來在功能上進行測試。接著將一受控制電壓波形施加至場板電極以並列地激發LED裝置從而達成高產出率。一攝影機記錄由電激發引起之個別光發射以產生複數個LED裝置之一功能測試。改變電壓條件可以不同的電流密度位準激發該等LED,從而在功能上量測外部量子效率及其他重要的裝置功能參數。

## 【英文】

Embodiments relate to functional test methods useful for fabricating products containing Light Emitting Diode (LED) structures. In particular, LED arrays are functionally tested by injecting current via a displacement current coupling device using a field plate comprising of an electrode and insulator placed in close proximity to the LED array. A controlled voltage waveform is then applied to the field plate electrode to excite the LED devices in parallel for high-throughput. A camera records the individual light emission resulting from

the electrical excitation to yield a function test of a plurality of LED devices. Changing the voltage conditions can excite the LEDs at differing current density levels to functionally measure external quantum efficiency and other important device functional parameters.

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】：**第（1）圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】：**

100：n 型陰極層

101：作用層

102：P 型層

103：P 接點/層

104：LED

105：接點

106：接點

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：**

無

## 申請專利範圍

1. 一種用於觀測來自一發光裝置結構之光發射的設備，該發光裝置結構安置於具有可自一表面接取之一第一接觸層及包括於該發光裝置結構上之一第二接觸層的一支撐基板上，該發光裝置結構係選自一豎直發光裝置結構或一側向發光裝置結構，該設備包含：  
一場板裝置，該場板裝置具有一第一面及與該第一面對之一第二面，該第二面包含一導電層及一上覆介電層，該介電層係定位成緊密接近該發光裝置結構之該第一接觸層之至少一部分；  
一電壓源，其用於產生一電壓，該電壓源能夠產生一時變電壓波形，該電壓源具有一第一端子及一第二端子，該第一端子具有耦接至該場板裝置之該導電層的一第一電位，該第二端子處於一第二電位，該電壓源能夠將一電容耦合電流注入至該發光裝置結構以使該發光裝置結構之至少一部分以一圖案發射電磁輻射；及  
一偵測器裝置，其耦接至該發光裝置結構以形成源自該發光裝置結構之呈該圖案之該電磁輻射的一影像。
2. 如請求項 1 所述之設備，其中該第二端子電耦接至該支撐基板之背側，該第二電位處於接地電位或處於相對於該接地電位之負電位或正電位以產生該時變電壓波形。
3. 如請求項 1 所述之設備，其中該第一端子電連接至該場板裝置之該導電層，且處於一接地電位或處於相對於該接地電位之一負電位或一正電位以產生該第一電位。
4. 如請求項 1 所述之設備，其中該場板裝置之包含該介電層的該第二面係定位於該第一接觸層之該部分上且與其接觸。
5. 如請求項 1 所述之設備，其中該場板裝置之包含該介電層的該第二面

係定位成緊密接近以形成該第二面與該第一接觸層之該部分之間的一空間間隙。

6. 如請求項 1 所述之設備，其中該側向發光裝置結構包含一第一接觸層及一第二接觸層，該第一接觸層及該第二接觸層可在該側向發光裝置結構之至少一個面上電接取。
7. 如請求項 1 所述之設備，其中該影像係源自由施加一電容耦合之時變電壓波形引起的發光二極體結構之一發射表面的一光輸出。
8. 如請求項 3 所述之設備，其中該導電層經圖案化且包含在該第一接觸層附近之一第一部分及在該第二接觸層附近之一第二部分，該第一部分與該第二部分電及實體上分離，該第一部分連接至該電壓源之該第一端子且該第二部分連接至另一電壓源或一接地電位。
9. 如請求項 3 所述之設備，其中該導電層包含在該第一接觸層附近之一第一部分，且在該第二接觸層附近不存在一導電層。
10. 如請求項 1 所述之設備，其中該豎直發光裝置結構包含下伏於該發光裝置結構之該第一接觸層及該第二接觸層。
11. 如請求項 1 所述之設備，其進一步包含耦接至該偵測器裝置以用於將所提供之該電磁輻射聚焦於該偵測器裝置上的一透鏡。
12. 如請求項 1 所述之設備，其中該偵測器裝置包含對該電磁輻射進行成像以產生依據該支撐基板之該發光裝置結構上的位置而變化的電磁輻射之該圖案的一可觀測圖。
13. 如請求項 1 所述之設備，其中偵測器裝置包含一攝影機；且其進一步包含使用一電接點或使用電容耦合而耦接至該發光裝置結構之該第二接觸層的一電接取部。
14. 如請求項 1 所述之設備，其中該時變電壓波形係自一第一電壓電位至

一第二電壓電位之一電壓斜坡，以在量測階段期間以選定電流密度對該發光裝置結構進行正向偏壓。

15. 如請求項 13 所述之設備，其中該攝影機在該時變電壓波形上對該電磁輻射進行積分以產生在該發光裝置結構上產生之總電磁輻射的一空間圖。
16. 如請求項 15 所述之設備，其中經積分電磁輻射的該空間圖係使用影像處理裝置進行處理以執行以下功能中之一或多者：信號平均、定限及格化，以產生該發光裝置結構之一空間相依功能測試結果。
17. 如請求項 1 所述之設備，其中該發光裝置結構之該第一接觸層係使用一材料移除製程來隔離以獲得複數個可個別定址之發光裝置。
18. 如請求項 1 所述之設備，其中該發光裝置結構之該第一接觸層及該第二接觸層係使用一材料移除製程來隔離以獲得複數個可個別定址之發光裝置。
19. 如請求項 14 所述之設備，其中在該量測階段之後的該時變電壓波形在被稱作重設階段之一時間週期內自該第二電壓電位返回至該第一電壓電位，該時間週期經選擇以使用發光裝置反向偏壓漏電流密度且避免超過潛在損害性的反向偏壓電壓。
20. 如請求項 13 所述之設備，其中該攝影機係複數個攝影機中之一者，每一攝影機經定位以對該發光裝置結構之一單獨區域進行成像。
21. 如請求項 13 所述之設備，其中該攝影機與一較小場板裝置係一總成，其可對一較小測試區域進行成像且以一分步重複方式機械地轉位以實現更完整的測試覆蓋範圍。
22. 如請求項 1 所述之設備，其中該場板裝置與該支撐基板具有大致相同的面積尺寸且置放於該支撐基板上以允許實質上完成該支撐基板之功

能測試而無需該場板裝置之分步重複轉位。

23. 如請求項 1 所述之設備，其中使用靠近場板之周邊的一密封件將該場板置放成緊密接近該支撐基板，且使用一真空通口將空氣自間隙抽空。
24. 如請求項 1 所述之設備，其中場板與支撐基板裝置之間的緊密接近係實際接觸。
25. 如請求項 1 所述之設備，其中該場板裝置與支撐基板裝置之間的緊密接近的特徵在於包含一氣體、一真空、一液體或一固體中之一或多者的一小的間隙，該小的間隙不大於待由發光二極體結構形成之一 LED 裝置之側向距離的 5 倍。
26. 一種製造一光學裝置之方法，該方法包含：

提供一發光二極體結構，其安置於具有可自一表面接取之一第一接觸層及提供於發光裝置結構上之一第二接觸層的一支撐基板上，該發光二極體結構具有待形成之複數個 LED 裝置，該發光二極體結構係一豎直發光二極體結構或一側向發光二極體結構；

將一場板裝置耦接至該發光二極體結構，該場板裝置具有一第一面及與該第一面對之一第二面，該第二面包含一導電層及一上覆介電層，該介電層係定位成緊密接近該發光裝置結構之該第一接觸層之至少一部分，使得一空間間隙形成於該介電層之一表面區與該發光裝置結構之第一面接觸層之間；

自一電壓源產生一時變電壓波形以形成該場板裝置之該介電層與該發光裝置結構之間的一電壓電位，從而將電流注入至該發光裝置結構中之至少複數個該等 LED 裝置，以使該發光裝置結構以一圖案發射電磁輻射；及

使用耦接至該發光裝置結構之一偵測器裝置俘獲源自該發光裝置結構

之呈該圖案之該電磁輻射的一影像。

27. 如請求項 26 所述之方法，其中該偵測器裝置包含對該電磁輻射進行成像以產生依據該支撐基板之該發光裝置結構上的位置而變化的電磁輻射之該圖案的一可觀測圖。
28. 如請求項 27 所述之方法，其中偵測器裝置包含一攝影機。
29. 如請求項 28 所述之方法，其中該場板裝置係透射性的，且該攝影機經安裝以對該發光裝置結構進行成像從而收集穿過該場板裝置之該電磁輻射。
30. 如請求項 28 所述之方法，其中該支撐基板係透射性的，且該攝影機經安裝以對該發光裝置結構進行成像從而收集穿過該支撐基板之該電磁輻射。
31. 如請求項 26 所述之方法，其中該時變電壓波形係自一第一電壓電位至一第二電壓電位之一電壓斜坡，以在量測階段期間以選定電流密度對該發光裝置結構進行正向偏壓。
32. 如請求項 28 所述之設備，其中該攝影機在該時變電壓波形上對該電磁輻射進行積分以產生在該發光裝置結構上產生之總電磁輻射的一空間圖。
33. 如請求項 32 所述之設備，其中經積分電磁輻射的該空間圖係使用影像處理裝置進行處理以執行以下功能中之一或多者：信號平均、定限及格化，以產生該發光裝置結構之一空間相依功能測試結果。
34. 如請求項 26 所述之方法，其中在量測階段之後的該時變電壓波形自第二電壓電位返回至第一電壓電位，該第一電壓電位經選擇以使用發光裝置反向偏壓漏電流密度且避免超過潛在損害性的反向偏壓電壓。
35. 如請求項 26 所述之方法，其中該發光裝置結構之該第一接觸層係使用

一材料移除製程隔離以獲得複數個可個別定址之發光裝置。

36. 如請求項 26 所述之方法，其中該發光裝置結構之該第一接觸層及該第二接觸層係使用一材料移除製程隔離以獲得複數個可個別定址之發光裝置。

37. 一種製造一光學裝置之方法，該方法包含：

提供一發光二極體結構，該發光二極體結構安置於具有可自一表面接取之一第一面接觸層及下伏於發光裝置結構之一第二接觸層的一支撐基板上；

將一場板裝置耦接至該發光二極體結構，該場板裝置具有一第一面及與該第一面相對之一第二面，該第二面包含一導電層及一上覆介電層，該介電層係定位成緊密接近該發光裝置結構之第一接觸層之至少一部分；

自一電壓源產生一時變電壓波形以形成該場板裝置之該介電層與該發光裝置結構之間的一電壓電位，從而將電流注入至該發光裝置結構中之複數個 LED 裝置，以使該發光裝置結構以一圖案發射電磁輻射；及使用耦接至該發光裝置結構之一偵測器裝置俘獲源自該發光裝置結構之呈該圖案之該電磁輻射的一影像。

38. 如請求項 37 所述之方法，其中該偵測器裝置包含對該電磁輻射進行成像以產生依據該支撐基板之該發光裝置結構上的位置而變化的電磁輻射之該圖案的一可觀測圖。

39. 如請求項 37 所述之方法，其中該時變電壓波形係自一第一電壓電位至一第二電壓電位之一電壓斜坡，以在量測階段期間以選定電流密度對該發光裝置結構進行正向偏壓。

40. 如請求項 37 所述之方法，其中該發光裝置結構之該第一接觸層係使用

一材料移除製程隔離以獲得複數個可個別定址之發光裝置。

41. 如請求項 37 所述之方法，其中該發光裝置結構之該第一接觸層及該第二接觸層係使用一材料移除製程隔離以獲得複數個可個別定址之發光裝置。

42. 如請求項 37 所述之方法，其進一步包含選擇該等 LED 裝置中之至少一者及封裝該 LED 裝置。

43. 如請求項 37 所述之方法，其進一步包含選擇該等 LED 裝置中之至少一者，將該 LED 裝置釋放至一部件基板上。

44. 一種製造一光學裝置之方法，該方法包含：

提供上覆一基板部件之一發光二極體結構，該發光二極體結構安置於具有可自一表面接取之一第一面接觸層及下伏於發光裝置結構之一第二接觸層的一支撐基板上；

將一場板裝置耦接至該發光二極體結構，該場板裝置具有一第一面及與該第一面對之一第二面，該第二面包含一導電層及一上覆介電層，該介電層係定位成緊密接近該發光裝置結構之第一接觸層之至少一部分；

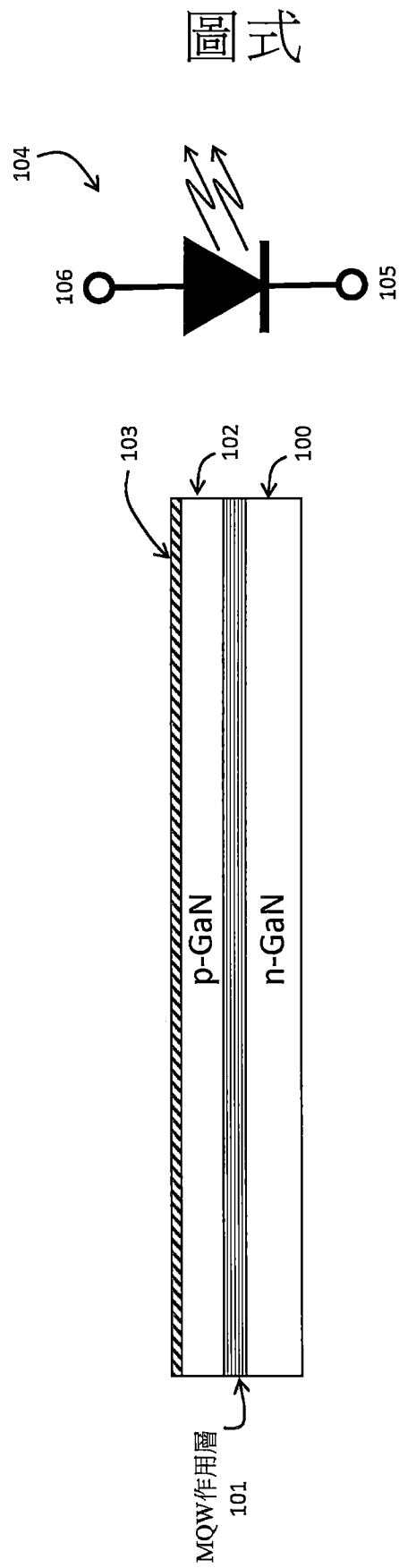
自一電壓源產生一時變電壓波形以形成該場板裝置之該介電層與該發光裝置結構之間的一電壓電位，從而將電流注入至該發光裝置結構中之複數個 LED 裝置，以使該發光裝置結構以一圖案發射電磁輻射；及使用耦接至該發光裝置結構之一偵測器裝置俘獲源自該發光裝置結構之呈該圖案之該電磁輻射的一影像；

處理上覆基板之發光裝置結構以單體化該發光裝置結構或在該發光裝置結構上執行另一製程；

將至少一對互連部件耦接至該發光裝置結構；及

將該發光裝置結構整合至一應用中，該應用係選自一一般光照裝置、一照明器具、一顯示器、一投影儀、用於一車輛之一燈，或一光束燈，或一特用光照裝置。

45. 如請求項 44 所述之方法，其中該發光裝置結構中之該等 LED 裝置不含一探針標記或其他測試標記。



圖式

圖1

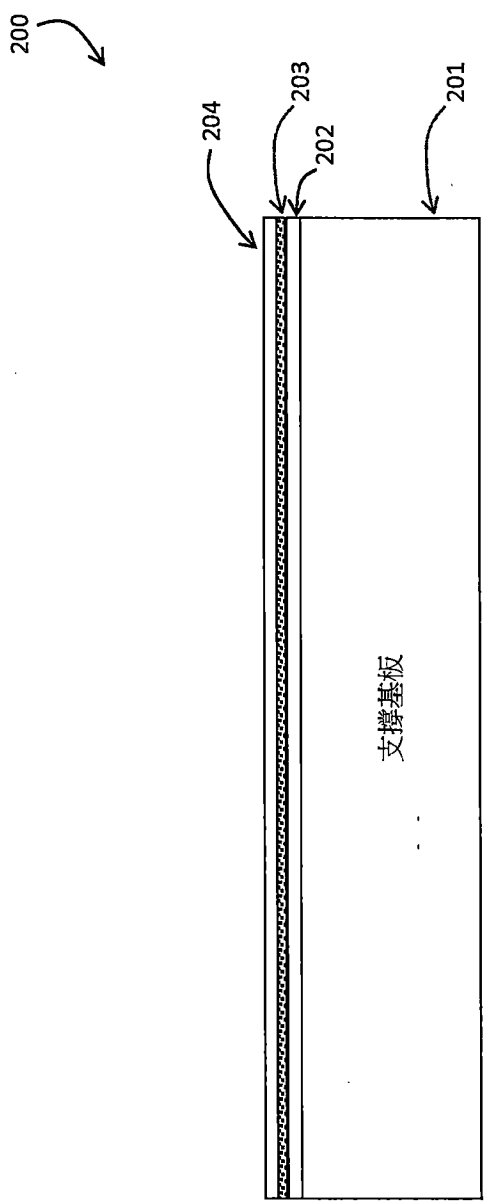


圖2

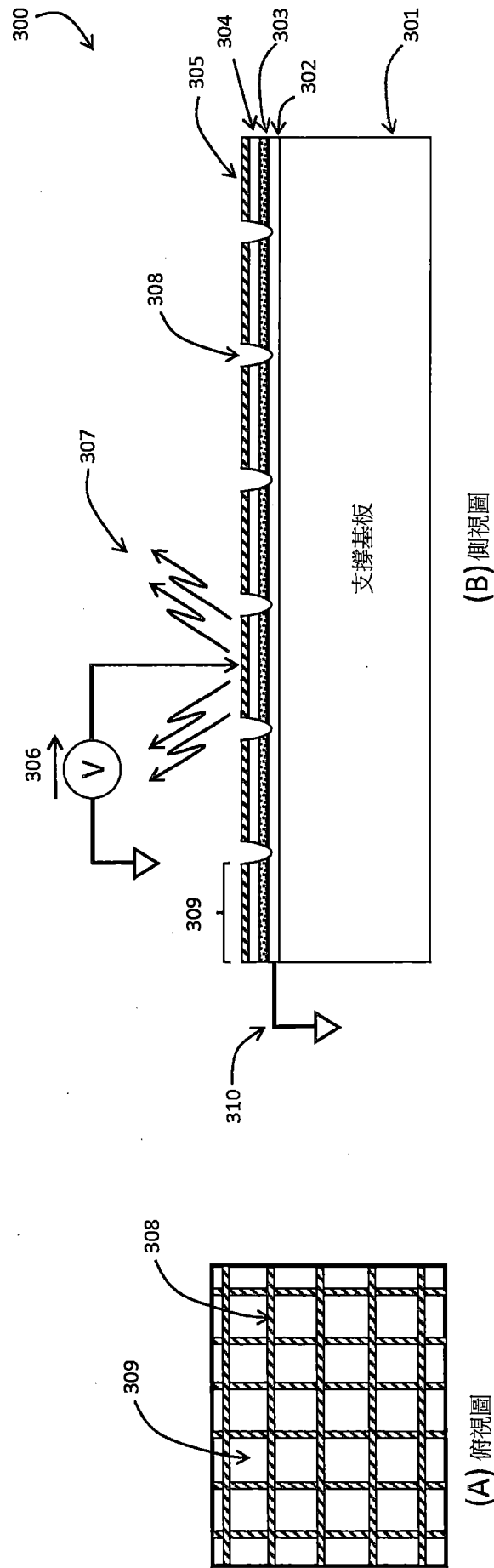


圖3

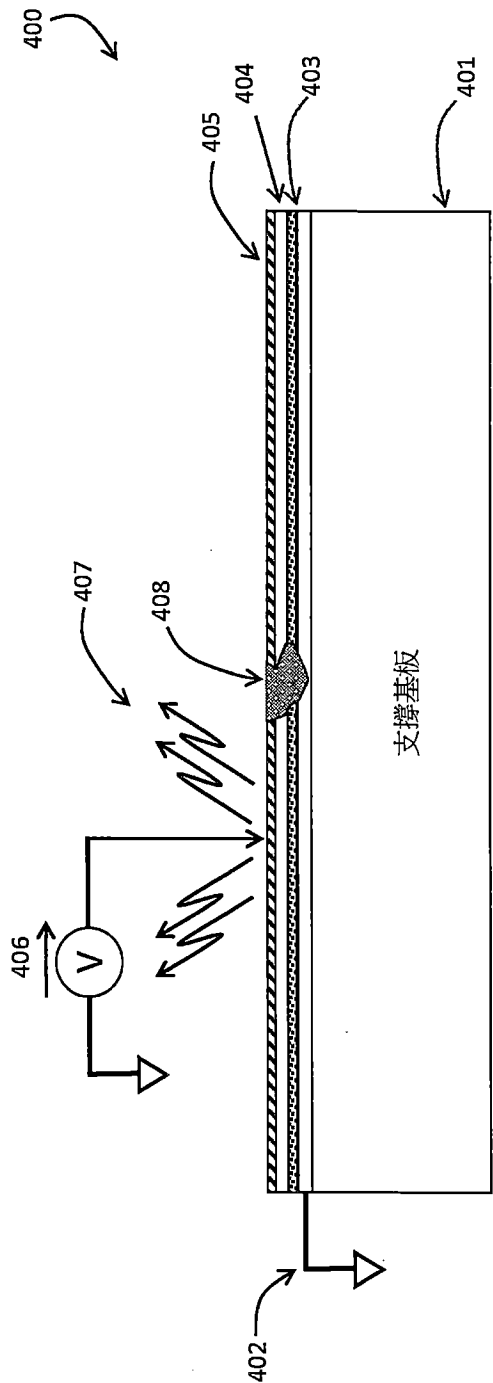


圖4

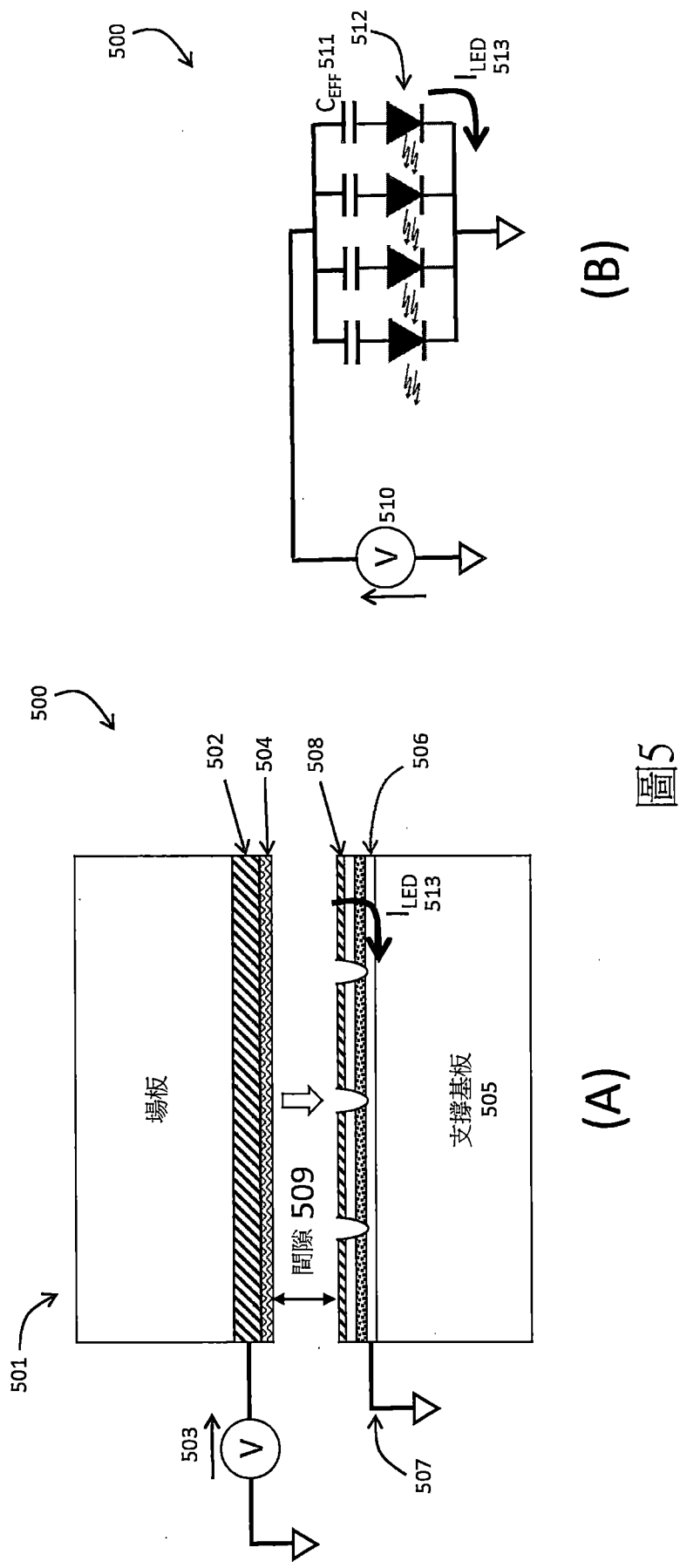


圖5

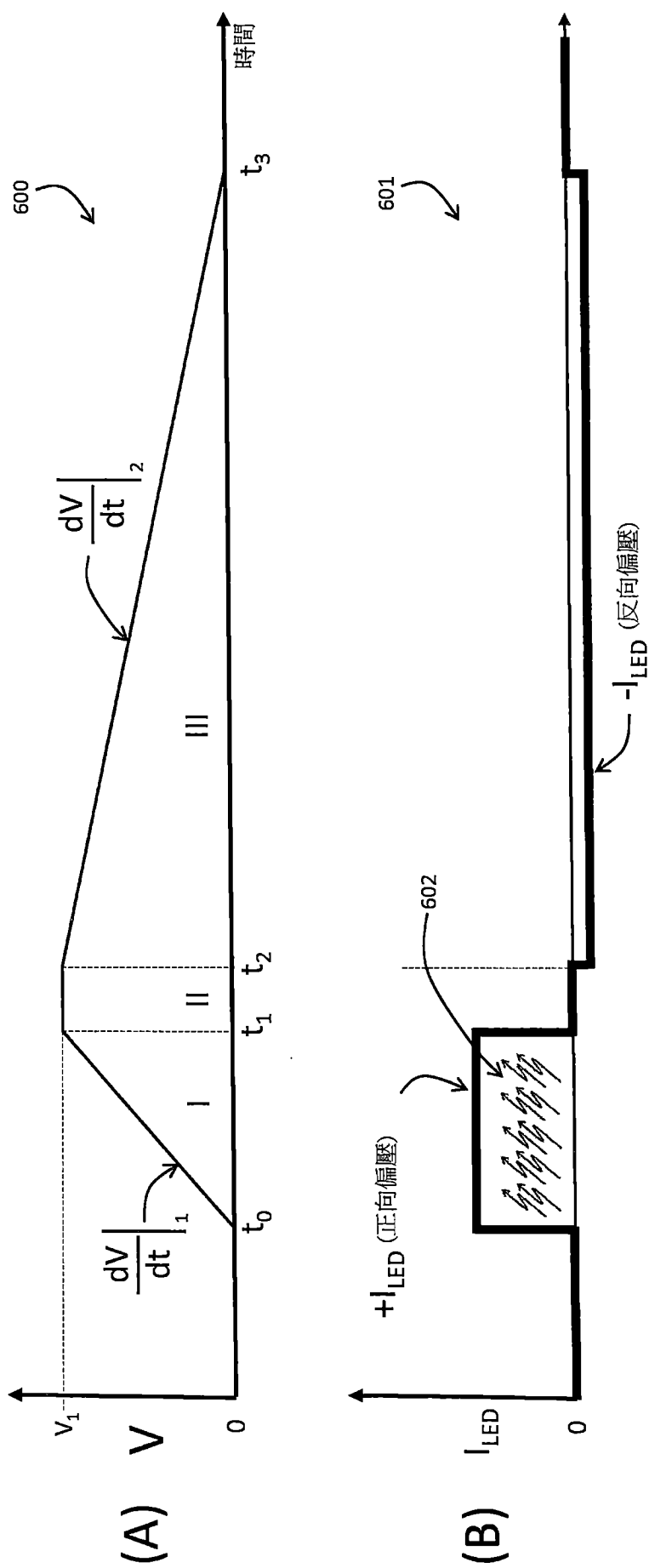


圖6

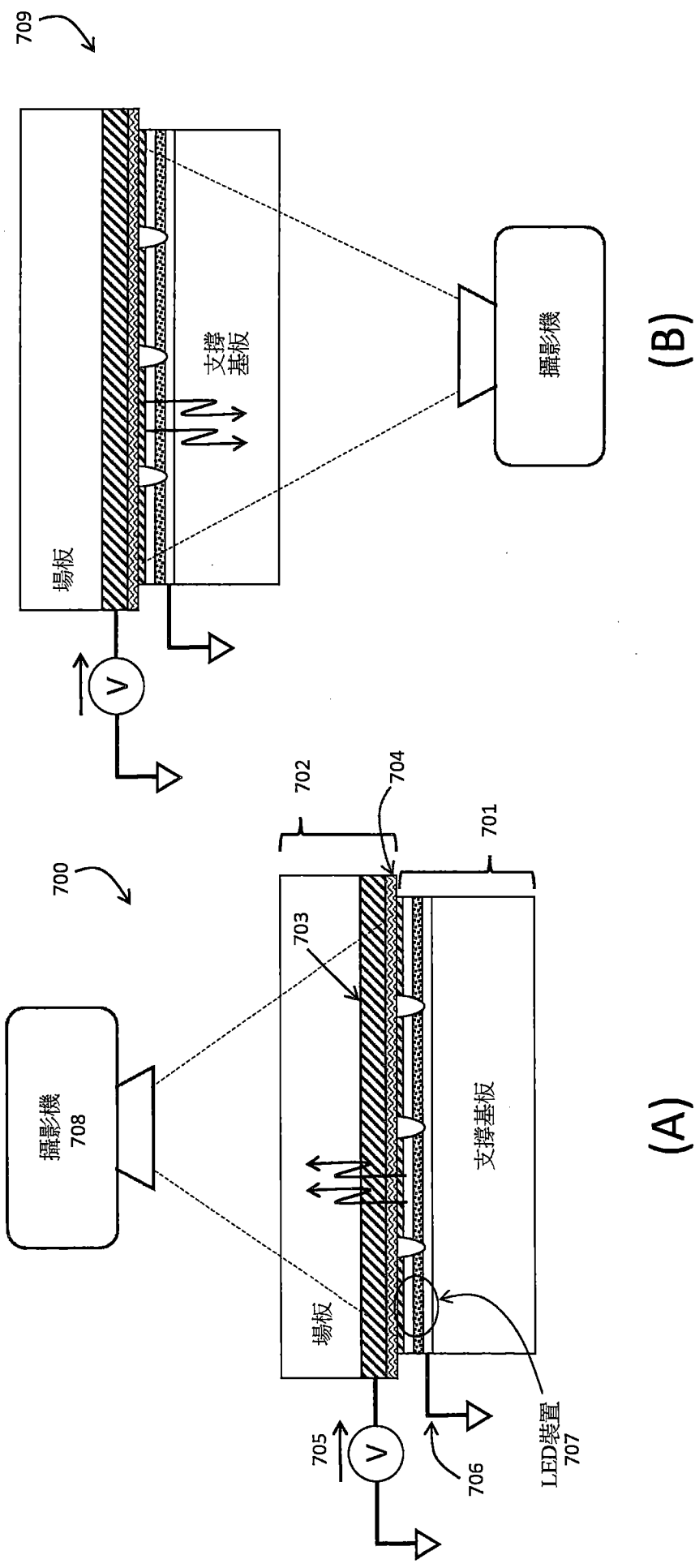


圖7

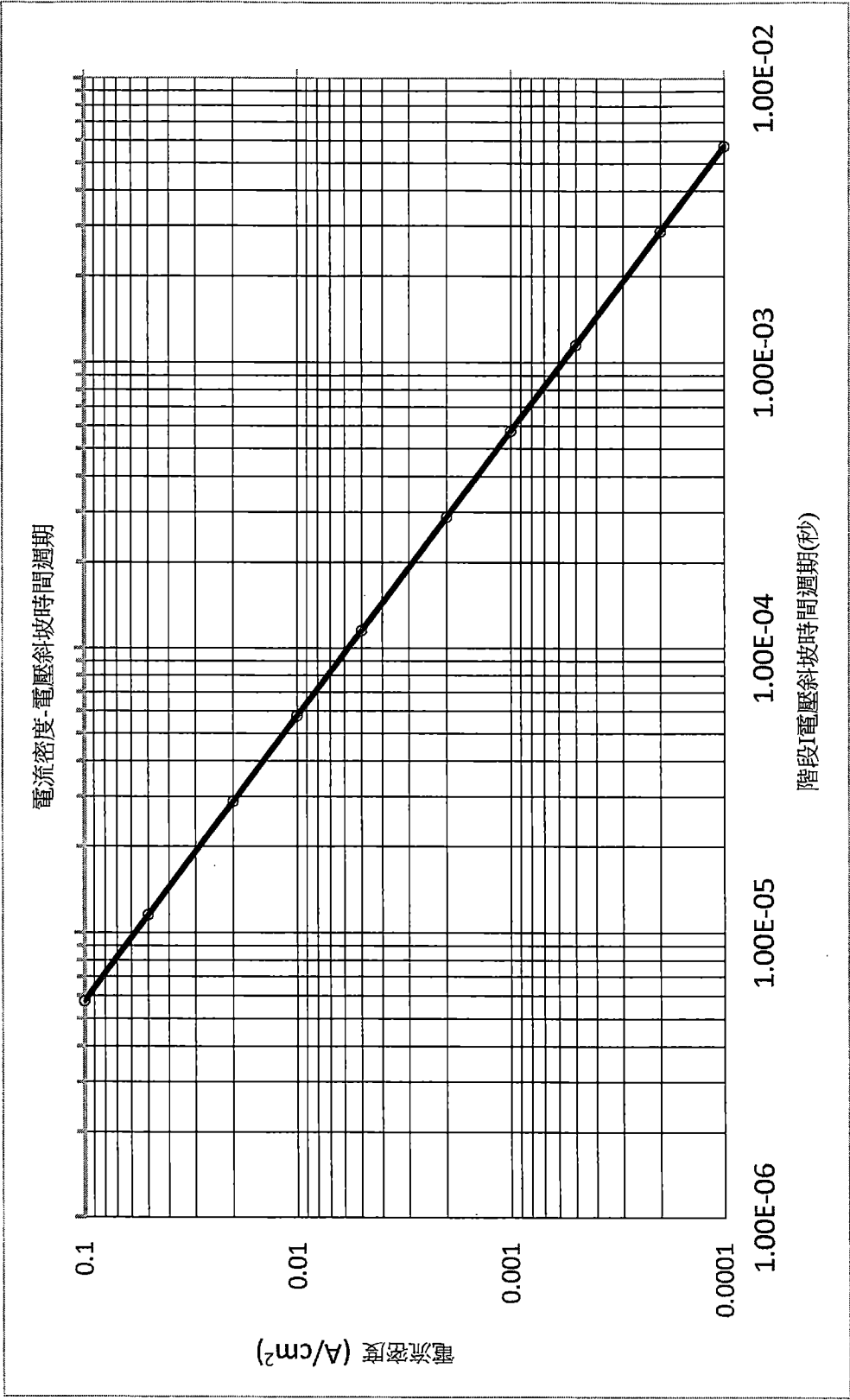


圖8

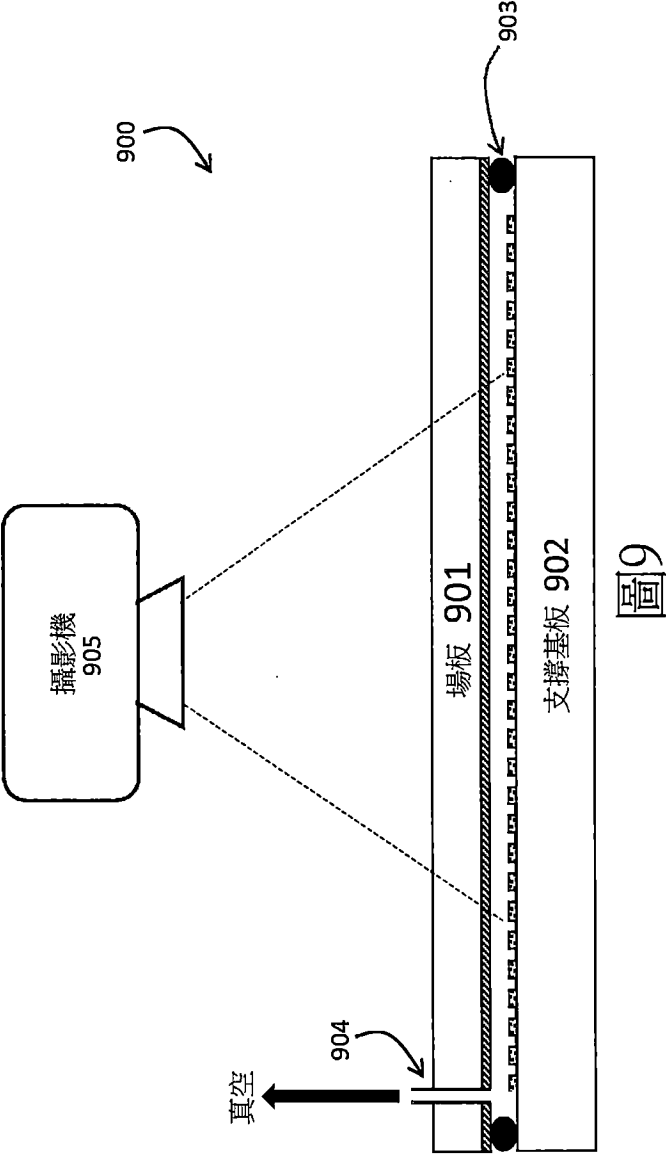


圖9

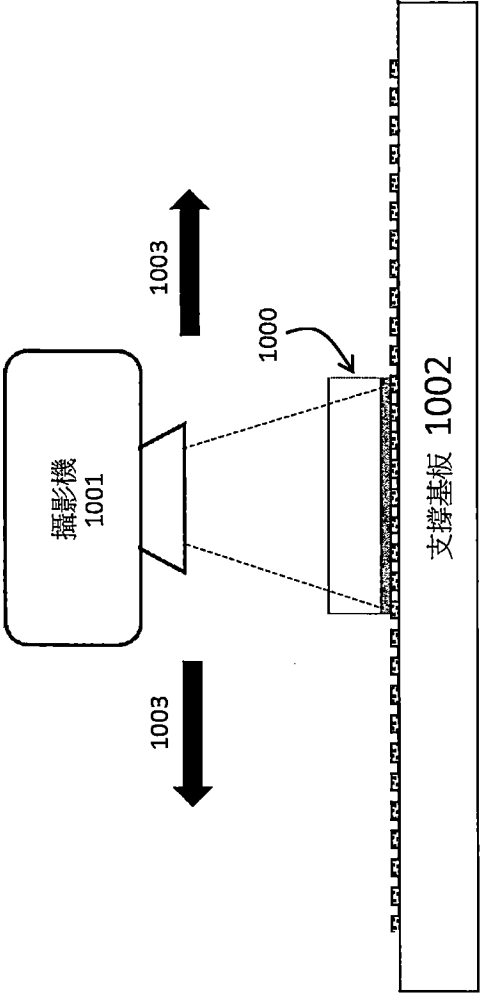


圖10



圖12

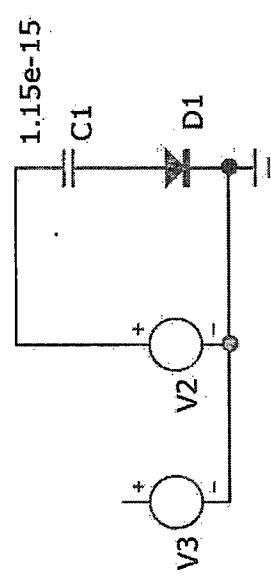
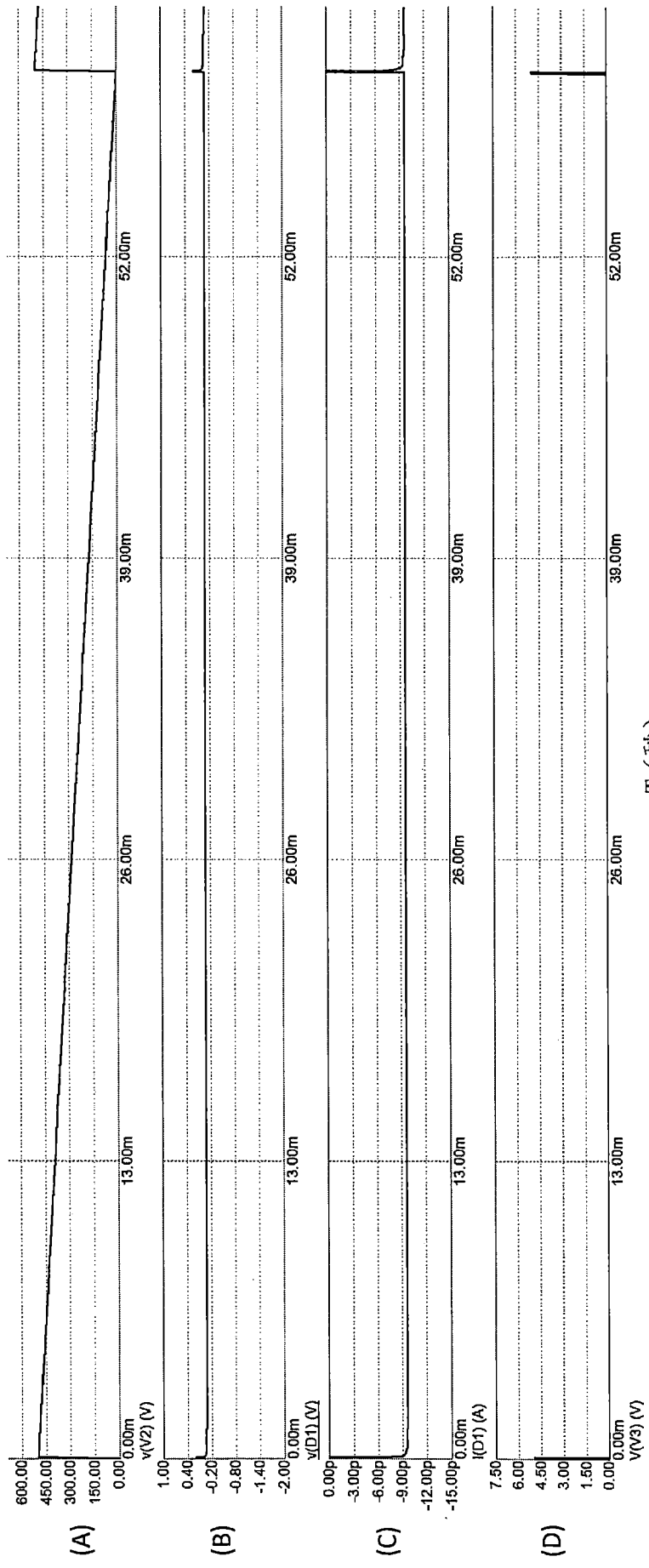
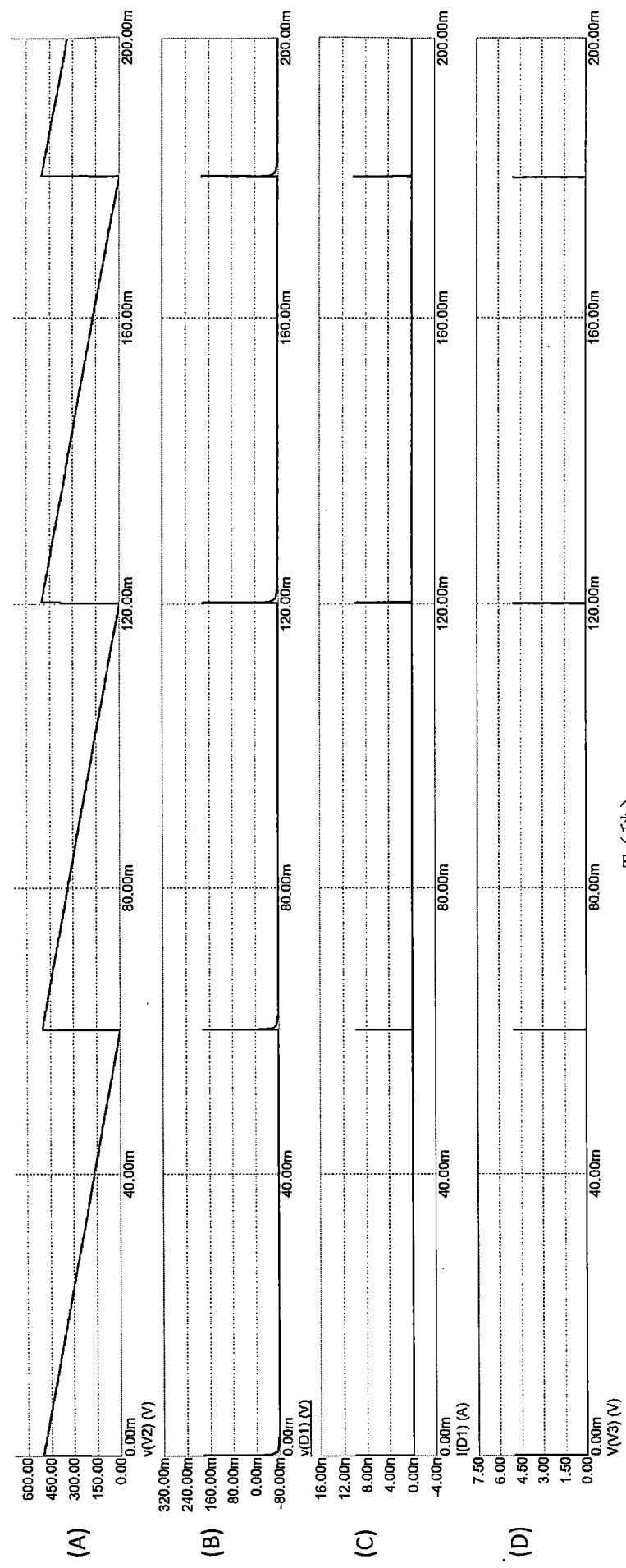


圖11



T (秒)

圖13



T (秒)

圖14

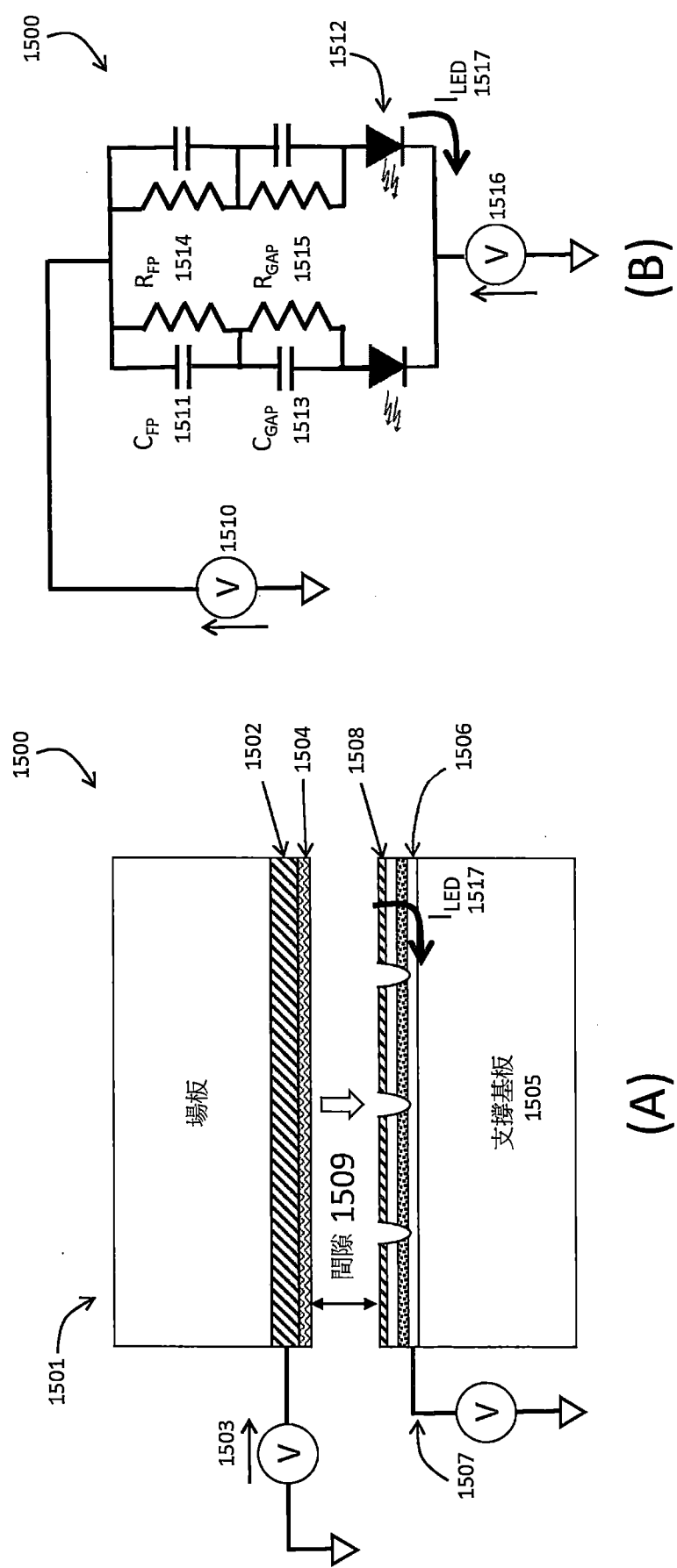


圖15

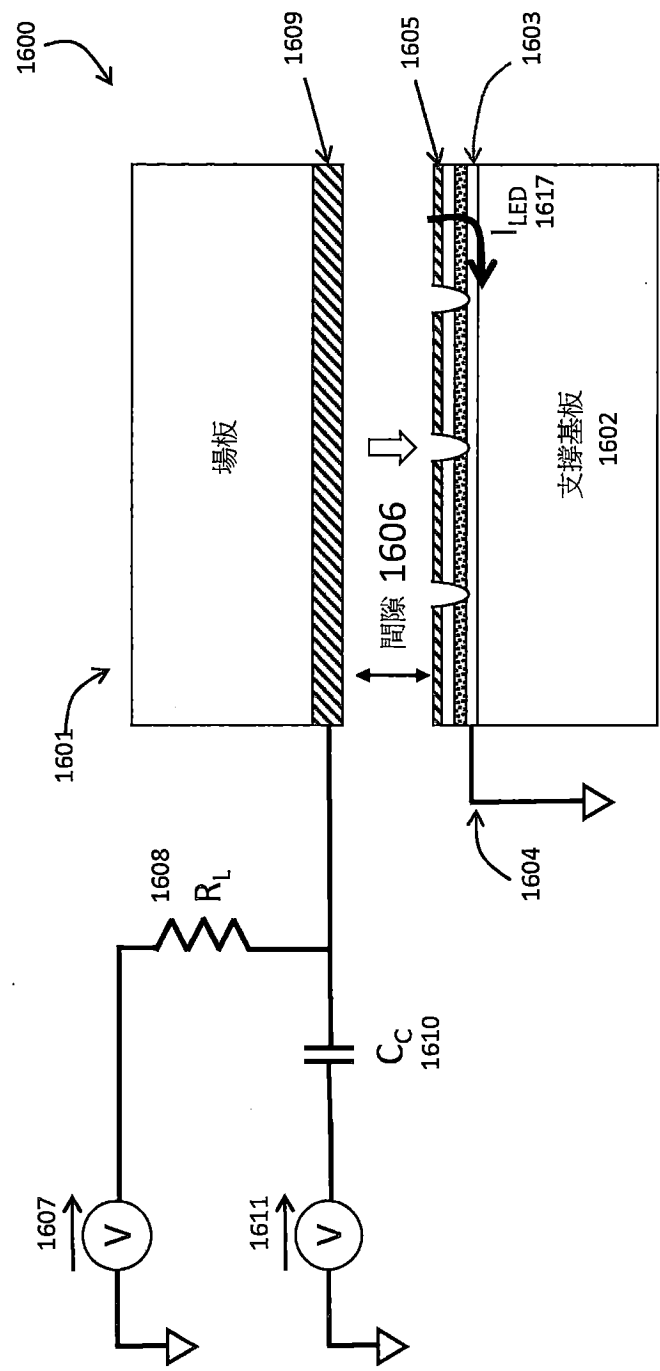


圖16

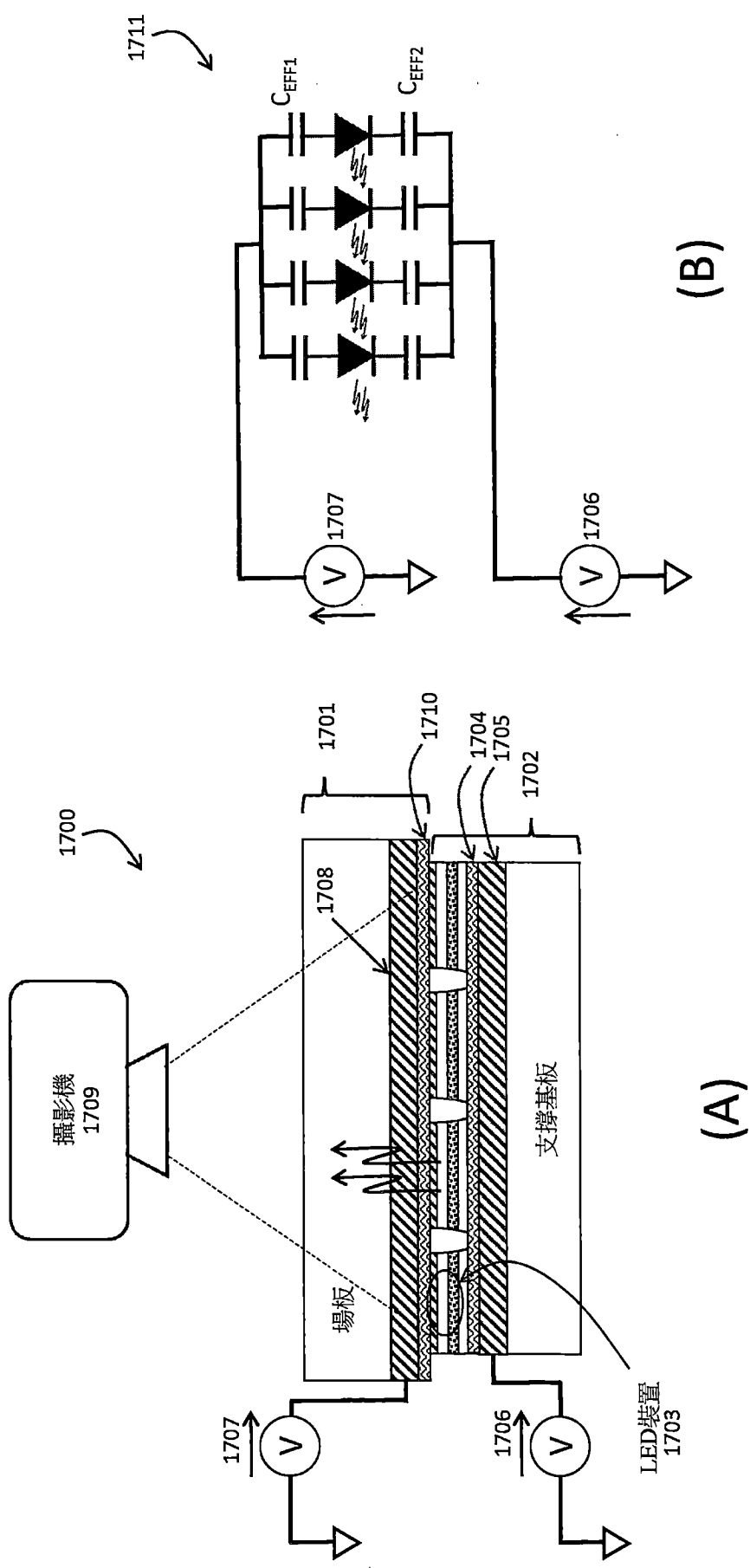


圖17

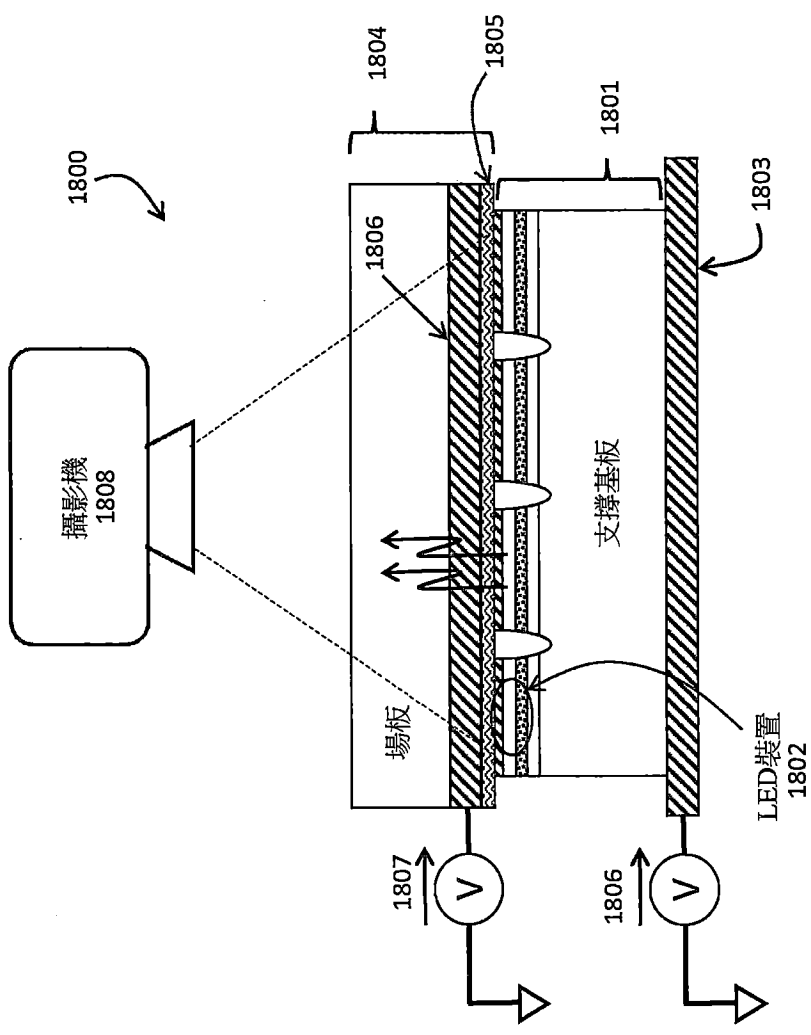


圖18







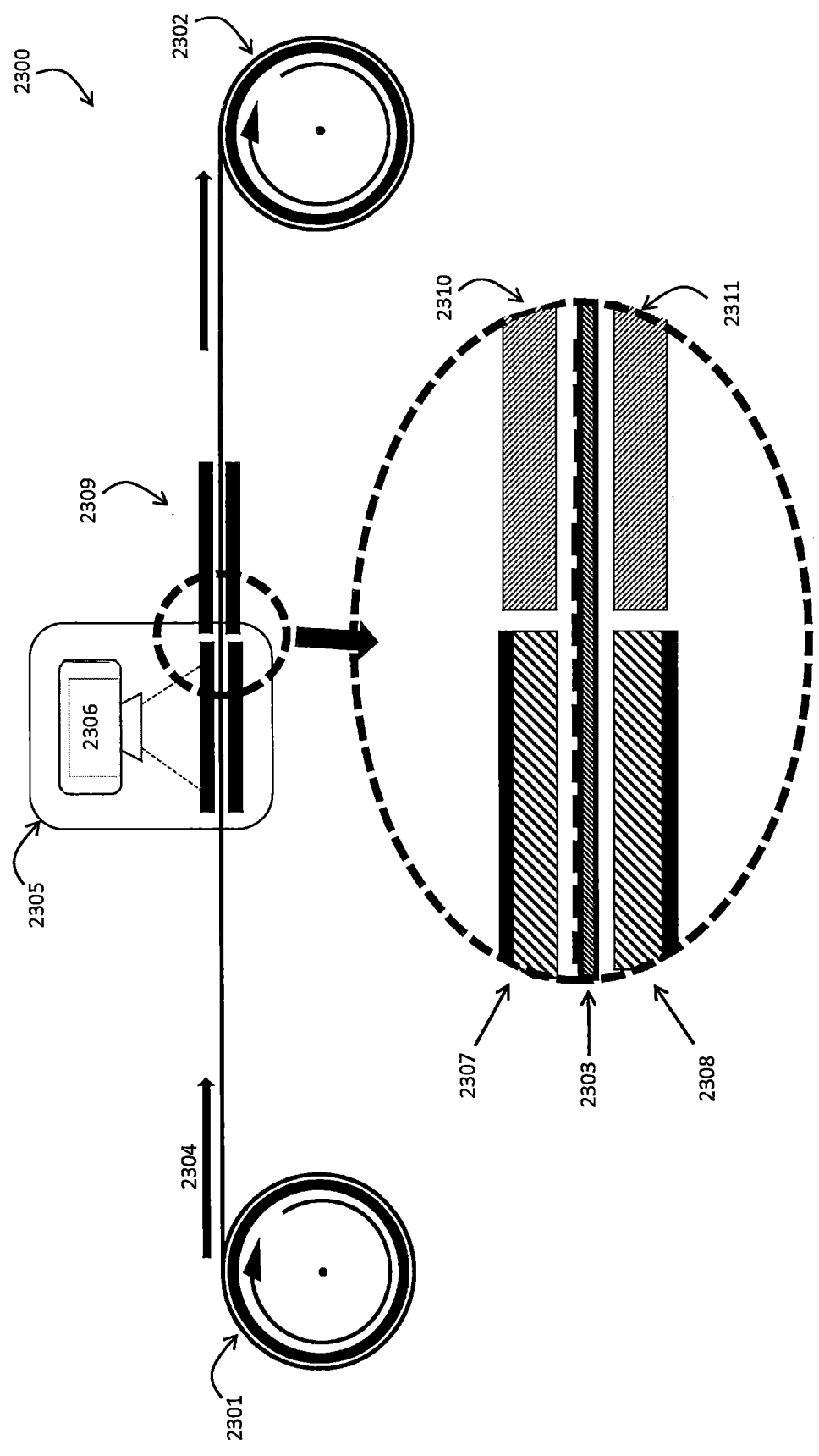


圖23

