



(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 I575796 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 03 月 21 日

(21)申請案號：101109202

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 03 月 16 日

(51)Int. Cl. : *H01L51/52 (2006.01)* *H05B33/22 (2006.01)**B82Y20/00 (2011.01)* *B82Y30/00 (2011.01)*

(30)優先權：2011/03/17 美國 13/050,324

(71)申請人：3 M新設資產公司(美國) 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY (US)
美國(72)發明人：張俊穎 ZHANG, JUN-YING (GB)；郝恩才 HAO, ENCAI (CN)；瓊斯 維維安
慧妮 JONES, VIVIAN WYNNE (GB)；史密斯 泰瑞 李 SMITH, TERRY LEE
(US)；拉曼斯祺 西爾吉 LAMANSKY, SERGEY (US)；李 漢 天 希 LE, HA
THANH THI (US)；裘 東 南 QIU, DAWN NAN (US)；庫伯 威廉 布萊克
KOLB, WILLIAM BLAKE (US)；貝提亞托 詹姆士 麥克 BATTIATO, JAMES
MICHAEL (US)；史戴蓋爾 大衛 布萊恩 STEGALL, DAVID BRIAN (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 200835942A1

JP 2008-3525A

WO 2005/115740A1

審查人員：曾威誌

申請專利範圍項數：9 項 圖式數：13 共 34 頁

(54)名稱

具有奈米粒子及週期性結構之有機發光裝置光擷取薄膜

OLED LIGHT EXTRACTION FILMS HAVING NANOPARTICLES AND PERIODIC STRUCTURES

(57)摘要

本發明係關於一種具有奈米粒子及經工程設計之週期性結構之光擷取薄膜。該光擷取薄膜包括實質上透明基板、在該基板上之低折射率一維或二維週期性結構、及在該等週期性結構上塗覆之高折射率平坦化回填層。光散射奈米粒子係以一層形式塗覆於該等週期性結構上或包括於該回填層中。

A light extraction film having nanoparticles with engineered periodic structures. The light extraction film includes a substantially transparent substrate, low index one-dimensional or two-dimensional periodic structures on the substrate, and a high index planarizing backfill layer applied over the periodic structures. Light scattering nanoparticles are either applied in a layer over the periodic structures or included in the backfill layer.

指定代表圖：

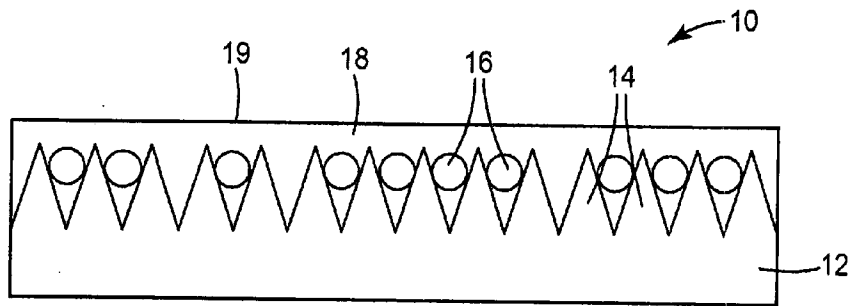


圖1

符號簡單說明：

10 . . . 光擷取薄膜

12 . . . 基板

14 . . . 週期性結構

16 . . . 奈米粒子

18 . . . 高折射率平坦化回填層

19 . . . 實質上平坦表面

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：101109202

H01L 51/52 (2006.01)

※申請日：101. 7. 16

H05B 33/22 (2006.01)

※IPC 分類：B82Y 20/00 (2011.01)

B82Y 30/00 (2011.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

具有奈米粒子及週期性結構之有機發光裝置光擷取薄膜

OLED LIGHT EXTRACTION FILMS HAVING NANOPARTICLES
AND PERIODIC STRUCTURES

二、中文發明摘要：

本發明係關於一種具有奈米粒子及經工程設計之週期性結構之光擷取薄膜。該光擷取薄膜包括實質上透明基板、在該基板上之低折射率一維或二維週期性結構、及在該等週期性結構上塗覆之高折射率平坦化回填層。光散射奈米粒子係以一層形式塗覆於該等週期性結構上或包括於該回填層中。

三、英文發明摘要：

A light extraction film having nanoparticles with engineered periodic structures. The light extraction film includes a substantially transparent substrate, low index one-dimensional or two-dimensional periodic structures on the substrate, and a high index planarizing backfill layer applied over the periodic structures. Light scattering nanoparticles are either applied in a layer over the periodic structures or included in the backfill layer.

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	光擷取薄膜
12	基板
14	週期性結構
16	奈米粒子
18	高折射率平坦化回填層
19	實質上平坦表面

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

六、發明說明：

【先前技術】

有機發光二極體(OLED)裝置包括夾在陰極與陽極之間的電致發光有機材料薄膜，其中此等電極中之一者或兩者為透明導體。當在該裝置上施加電壓時，電子及電洞自其各別電極注入，且在電致發光有機材料中經由發射激子之中間形成而再結合。

在 OLED 裝置中，超過 70% 發出的光通常因裝置結構內過程而損失。光在較高折射率有機及氧化銦錫(ITO)層與較低折射率基板層之間的界面處之截獲為此不良擷取效率之主要原因。僅相對較少量之發射光經由透明電極作為「有效(useful)」光出現。大部分光經歷內部反射，導致其自裝置邊緣發出或截獲於裝置內且最終在重複通過數次之後因在裝置內被吸收而損失。

光擷取薄膜使用內部奈米結構以避免裝置內之波導損失。雖然提供強光擷取，但包含諸如光子晶體或線性光柵之規則特徵的內部奈米結構傾向於在發射光之角分佈及光譜分佈中產生繞射相關變化，此係最終應用中所不需要的。因此，需要一種經由奈米結構提高光擷取效率，同時亦減少在光輸出中之不適宜亮度及色彩角不均勻性的光擷取薄膜。

【發明內容】

根據本發明之光擷取薄膜包括實質上透明基板、在該基板上之低折射率週期性結構及在該等週期性結構上塗覆之

高折射率平坦化回填層。光散射奈米粒子以單層或次單層形式塗覆於週期性結構上或包括於回填層中。

週期性結構與光散射奈米粒子之結合提供具有更均勻亮度及光譜分佈之增強的光擷取。

【實施方式】

附隨圖式併入本說明書且構成本說明書之一部分，且連同描述一起說明本發明之優點及原理。

本發明之實施例係關於光擷取薄膜及其在OLED裝置中之用途。光擷取薄膜之實例描述於美國專利申請公開案第2009/0015757號及第2009/0015142號中，該等公開案以引用方式如同其充分描述一般併入本文中。

圖1為具有週期性結構及置於該等週期性結構上之奈米粒子的光擷取薄膜10之構造圖。光擷取薄膜10包括實質上透明基板12(可撓性、剛性或呈窗層形式)、低折射率週期性結構14、在週期性結構14上以表面層方式分散之奈米粒子16及形成在週期性結構14及奈米粒子16上之實質上平坦表面19的高折射率平坦化回填層18。術語「實質上平坦表面」意謂回填層使下伏層平坦，但實質上平坦表面中可存在微小表面變化。

圖2為具有週期性結構及奈米粒子之另一光擷取薄膜20之構造圖。光擷取薄膜20包括實質上透明基板22(可撓性、剛性或呈窗層形式)、低折射率週期性結構24、奈米粒子26及形成在週期性結構24及奈米粒子26上之實質上平坦表面29的高折射率平坦化回填層28。在此實施例中，奈

米粒子26遍及回填層28分佈，諸如呈體積分佈而非如對於光擷取薄膜10所示之表面層方式。

光擷取薄膜10及20之週期性結構可與基板一體地形成，如在「實例」中所說明，或以一層形式塗覆於基板上。舉例而言，週期性結構可藉由將低折射率材料塗覆於基板上且隨後圖案化該材料而形成於基板上。週期性結構亦可用奈米結構或微結構實施。奈米結構為具有至少一個小於1微米之尺寸(諸如寬度)的結構。微結構為具有至少一個在1微米與1毫米之間的尺寸(諸如寬度)之結構。光擷取薄膜10及20之週期性結構可為一維(1D)的，意謂其僅在一維中為週期性的，亦即最近相鄰特徵在一個方向上沿表面相等地隔開，但沿正交方向上並非如此。在1D週期性奈米結構之情況下，相鄰週期性特徵之間的間距小於1微米。一維結構包括例如連續或伸長的稜鏡或隆脊或線性光柵。圖3為說明1D週期性結構32之透視圖，在此實例中於基板30上呈線性稜鏡。

光擷取薄膜10及20之週期性結構亦可為二維(2D)的，意謂其僅在兩維中為週期性的，亦即最近相鄰特徵在兩個不同方向上沿表面相等地隔開。在2D奈米結構之情況下，兩個方向中的間距均小於1微米。注意，兩個不同方向中的間距可不同。二維結構包括例如小透鏡、稜錐體、梯形、圓形或方形柱或光子晶體結構。二維結構之其他實例包括如美國專利申請公開案第2010/0128351號中所述之側面彎曲之錐形結構，該公開案以引用方式如同其充分描述一般

併入本文中。圖4為說明2D週期性結構36之透視圖，在此實例中於基板34上呈稜錐體。

光擷取薄膜10及20之奈米粒子(亦稱為次微米粒子)具有在奈米結構範圍內之大小，且可為在特定薄膜之彼範圍內的相同大小或不同大小。當奈米粒子在特定大小範圍內且具有與回填層不同之折射率時，奈米粒子亦具有光散射，如下文進一步解釋及「實例」中所說明。舉例而言，奈米粒子之直徑範圍可在100 nm至1,000 nm內，或奈米粒子之直徑範圍可在10 nm至300 nm內，且奈米粒子形成大小範圍在100 nm至1,000 nm內之聚結體。此外，奈米粒子可用混合粒子大小實施，大與小奈米粒子混合在一起，諸如300 nm奈米粒子與440 nm或500 nm奈米粒子混合，由此使得相應光擷取薄膜之光譜回應增強。視特定應用而定，奈米粒子可能具有在奈米結構範圍之外的大小。舉例而言，若光擷取薄膜用於OLED照明(與顯示器相比)，則奈米粒子可具有至多數微米之直徑。奈米粒子可由有機材料或其他材料構成，且其可具有規則或不規則的任何粒子形狀。奈米粒子可替代地用多孔粒子實施。用於光擷取薄膜之奈米粒子之實例描述於美國專利申請公開案第2010/0150513號中，該公開案以引用方式如同其充分描述一般併入本文中。

對於具有以表面層方式分佈之奈米粒子16的光擷取薄膜10而言，奈米粒子層可用奈米粒子以單層形式，用具有奈米粒子聚結體之層或以多層形式實施。奈米粒子可在不使

用黏合劑之情況下塗佈，黏合劑可導致奈米粒子聚結。在一個較佳實施例中，奈米粒子16具有例如直徑實質上等於或稍微小於週期性結構14之間距(例如四分之一間距至一倍間距)的大小，以使得奈米粒子以週期性結構至少部分排序，如「實例」中所說明。至少部分排序可經由粒子變得對準或組合於週期性結構內而發生，如「實例」中所說明。週期性結構之間距係指相鄰結構之間的距離，例如相鄰稜鏡之頂點之間的距離。大小匹配可用於實現至少部分排序，例如440 nm奈米粒子與600 nm間距之週期性結構，或300 nm奈米粒子與500 nm間距之週期性結構。此外，週期性結構之形狀及縱橫比可為確定奈米粒子之大小匹配及部分排序之因素。

光擷取薄膜10及20之平坦化回填層塗覆在週期性結構及粒子塗層上以使其平坦化且提供折射率對比。具有高折射率回填層之低折射率週期性結構意謂回填層具有比週期性結構更高之折射率且意謂回填層與週期性結構之間具有足夠的折射率差異，較佳0.2或0.2以上，以提高與光擷取薄膜光通信之OLED裝置之光擷取。光擷取薄膜可藉由將回填層之平坦表面直接或經由另一層抵靠OLED裝置之光輸出表面置放而與OLED裝置進行光通信。使回填層平坦化可視情況藉由用於使光擷取薄膜結合至OLED裝置之光輸出表面之黏著劑來實施。用於光擷取薄膜之高折射率回填層之實例描述於美國專利申請公開案第2010/0110551號中，該公開案以引用方式如同其充分描述一般併入本文

中。

光擷取薄膜10及20之基板、低折射率週期性結構、高折射率回填層及奈米粒子之材料在上文指出之已公開專利申請案中提供。舉例而言，基板可用玻璃、PET、聚醯亞胺、TAC、PC、聚胺基甲酸酯、PVC或可撓性玻璃實施。製造光擷取薄膜10及20之製程亦在上文指出之已公開專利申請案中提供。基板可視情況用障壁膜實施以保護併有光擷取薄膜之裝置免受濕氣或氧氣的影響。障壁膜之實例揭示於美國專利申請公開案第2007/0020451號及美國專利第7,468,211號中，該等文獻以引用方式如同其充分描述一般併入本文中。

圖5及圖6說明使用光耦合層將光擷取薄膜光耦合及潛在地黏著至OLED裝置上。如圖5中所示，光耦合層42係塗覆於光擷取薄膜44中的回填層之平坦表面48上，平坦表面48可接著層壓至OLED裝置40之光輸出表面46。光耦合層可用經提供用來達成OLED裝置之光輸出表面與光擷取薄膜之回填層之間的光耦合的黏著劑來實施。使用黏著劑作為光耦合層連同層壓製程亦可用於黏著光擷取薄膜至OLED裝置並移除其間的空氣間隙。OLED裝置之底板形態通常為非平坦的，如由像素井47表示，且預期光耦合層42符合或擴展為填充光擷取薄膜44與OLED裝置40之間的間隙之像素井幾何形狀。

或者，如圖6中所示，光耦合層52塗覆於OLED裝置50之光輸出表面56上，且接著將光擷取薄膜54中的回填層之平

坦表面58層壓於OLED裝置50。若在層壓光擷取薄膜之前將黏著性光耦合層塗覆於OLED裝置，如圖6中所示，則光耦合層亦可用於使OLED裝置之光輸出表面平坦化。舉例而言，頂部發射主動型矩陣OLED顯示器底板不必具有高平坦度，如由像素井57表示，在此情況下，光耦合層可在層壓光擷取薄膜之前預沈積於陰極或OLED堆疊之任何其他頂層上。光耦合層之該預沈積可降低底板及裝置之非平坦度，允許接著層壓光擷取薄膜。光耦合層在此情況下可用溶液沈積方法塗佈於OLED顯示器上。舉例而言，其可自液體調配物塗覆於OLED之整個區域上，在此情況下，在層壓光擷取薄膜之後，其可視情況使用UV或熱固化方法來固化。其亦可層壓成光耦合薄膜形式，單獨提供於兩個襯墊(先前已移除面向OLED裝置之襯墊)之間，在此情況下預期其符合或擴展為像素井。在塗覆光耦合層之後，如圖6中所示，在底板形態上實現足夠平坦化。

由於底板形態決定擷取元件(奈米粒子及週期性結構)與OLED裝置之間的距離，所以光耦合層材料需要具有與OLED有機及無機層(例如ITO)相當之高折射率(例如1.6-2.2)。該等材料包括無機氧化物及氮化物，諸如 TiO_2 及 SiN ；有機材料，諸如三芳基胺(例如來自Hodogaya Chemical Co., Japan之EL022T)；及包括無機與有機組分之調配物(例如分散在熱或UV可固化樹脂中的 TiO_2 奈米粒子)。

作為單獨光耦合層之一替代，高折射率回填層自身可由

高折射率黏著劑構成，使得回填物之光學與平坦化功能及黏著性光耦合層之黏著功能由同一層執行。

實例

除非另外指出，否則實例中的所有份數、百分比、比率等均以重量計。除非不同地指出，否則所用溶劑及其他試劑獲自 Sigma-Aldrich Chemical Company; Milwaukee, WI。

材料

縮寫/產品名稱	描述	購自
IRGACURE 127	光引發劑	Ciba Specialty Chemicals, Tarrytown, NY
MP4540M	膠態溶液	Nissan Chemical America, Houston, TX
PHOTOMER 6210	脂族二丙烯酸胺基甲酸酯	Cognis Corporation, Cincinnati, OH
SILQUEST A-174	3-甲基丙烯醯氧基丙基三甲氧基矽烷	Momentive Performance Materials, Inc., Friendly, WV
SOLPLUS D510	聚酯-多元胺共聚物	Lubrizol, Cleveland, OH
SR238	1,6己二醇二丙烯酸酯	Sartomer Company, Exton, PA
SR833S	雙官能丙烯酸酯單體	Sartomer Company, Exton, PA
TX13112	膠態溶液	Nalco Chemical Company, Naperville, IL

製備實例

製備 A-174 改質之 200 nm 二氧化矽

在配備有冷凝器及溫度計之 500 mL 燒瓶中，在快速攪拌下將 151.8 g TX13112 膠態溶液與 180 g 1-甲氧基-2-丙醇混合在一起。接著添加 1.48 g SILQUEST A-174。加熱混合物至 80°C 並持續 16 小時。接著再添加 150 g 1-甲氧基-2-丙

醇。使所得溶液冷卻至室溫。在60℃水浴下使用旋轉蒸發器移除大部分水及1-甲氧基丙醇溶劑，得到59.73重量%於1-甲氧基-2-丙醇中之A-174改質之200 nm二氧化矽分散液。

製備A-174改質之440 nm二氧化矽

在配備有冷凝器及溫度計之500 mL燒瓶中，在快速攪拌下將200 g MP4540M膠態溶液與200 g 1-甲氧基-2-丙醇混合在一起。接著添加0.6 g SILQUEST A-174。加熱混合物至80℃並持續16小時。接著再添加150 g 1-甲氧基-2-丙醇。使所得溶液冷卻至室溫。在60℃水浴下使用旋轉蒸發器移除大部分水及1-甲氧基丙醇溶劑，得到49.5重量%於1-甲氧基-2-丙醇中之A-174改質之440 nm二氧化矽分散液。

製備D510穩定化之50 nm TiO₂奈米粒子分散液

在SOLPLUS D510及1-甲氧基-2-丙醇存在下，使用研磨方法製備含有約52重量% TiO₂之TiO₂奈米粒子分散液。SOLPLUS D510以TiO₂重量計以25重量%之量添加。使用DISPERMAT混合器(Paul N. Gardner Company, Inc., Pompano Beach, FL)預混混合物10分鐘，接著在以下條件下使用NETZSCH MiniCer研磨機(NETZSCH Premier Technologies, LLC., Exton, PA)：4300 rpm，0.2 mm YTZ研磨介質，250 mL/min流動速率。研磨1小時之後，獲得白色糊狀物，如在1-甲氧基-2-丙醇中之TiO₂分散液。使用Malvern Instruments ZETASIZER Nano ZS(Malvern

Instruments Inc, Westborough, MA)測定粒徑為50 nm(Z-平均大小)。

製備200 nm光學奈米粒子溶液(溶液A)：

將5 g A-174改質之200 nm二氧化矽、0.746 g SR833S、68.8 g異丙醇及0.06 g IRGACURE 127混合在一起以形成均質塗佈溶液(溶液A)。

製備440 nm光學奈米粒子溶液(溶液B)：

將6.4 g A-174改質之440 nm二氧化矽、0.792 g SR833S、72 g異丙醇及0.07 g IRGACURE 127混合在一起以形成均質溶液(溶液B)。

製備具有440 nm光學奈米粒子之高折射率回填溶液(溶液C)：

將10 g D510穩定化之50 nm TiO_2 溶液、1.5566 g A-174處理之440 nm二氧化矽、1.5567 g SR833S、14.5 g 1-甲氧基-2-丙醇、22.5 g 2-丁酮及0.05 g IRGACURE 127混合在一起以形成塗佈調配物(溶液C)。

製備高折射率回填溶液(HI-BF)：

將20 g D510穩定化之50 nm TiO_2 溶液、2.6 g SR833S、0.06 g IRGACURE 127、25.6 g 1-甲氧基-2-丙醇、38.4 g 2-丁酮混合在一起以形成均質高折射率回填溶液。

製造奈米結構化之光柵薄膜：600 nm 1D結構

藉由首先如美國專利第7,140,812號中所述使用聚焦離子束(FIB)研磨製造多尖端金剛石工具來製造600 nm「鋸齒形(sawtooth)」光柵薄膜。接著使用該金剛石工具用於製

造微複製滾筒，該微複製滾筒接著在利用可聚合樹脂之連續澆鑄及固化製程中用於製造在PET薄膜上之600 nm 1D結構，該可聚合樹脂係藉由將0.5% (2,4,6三甲基苯甲醯基)二苯磷氧化物混合至PHOTOMER 6210與SR238之75:25摻合物中而製得。

實例1A及1B：在1D及2D結構薄膜上之200 nm SiO₂奈米粒子

使用纏繞5號鋼絲之刮棒(獲自RD Specialties, Webster, NY)將溶液A (200 nm SiO₂奈米粒子)塗佈在具有600 nm 1D結構之薄膜上(實例1A)且塗佈在具有500 nm 2D結構之薄膜上(實例1B)。接著在空氣中乾燥所得薄膜10分鐘，接著使用配備有H-燈泡之Fusion UV-Systems Inc. Light-Hammer 6 UV (Gaithersburg, Maryland)處理機(在氮氣氛圍下操作)在100%燈功率下(在9.1 m/min(30呎/分鐘)之線速度下通過一次)進行固化。

使用纏繞10號鋼絲之刮棒(獲自RD Specialties, Webster, NY)將HI-BF溶液塗佈在奈米粒子1D及2D結構薄膜上。接著在空氣中乾燥所得薄膜10分鐘，接著使用Fusion UV-Systems Inc. Light-Hammer 6 UV在如上所述之相同條件下進行固化。

圖7及圖8展示分別塗佈在1D及2D結構薄膜上之200 nm SiO₂奈米粒子的SEM影像。圖7展示在約為可見光波長之長度規模下集群的奈米粒子，且圖8展示與下伏2D結構相關聯之奈米粒子之局部密度的波動。回填塗佈製程之後，具有奈米粒子之1D及2D結構的結構表面極其平坦。在1D

結構之情況下，奈米粒子覆蓋率高於目標，但已發現200 nm奈米粒子聚集在一起形成具有許多插入空隙之800 nm-1,000 nm較大粒子。

具有回填物之200 nm二氧化矽奈米粒子塗佈之1D圖案接著以100 nm厚之氮化矽層藉由電漿增強型化學氣相沈積(PECVD，購自Oxford Instruments, Yatton, UK之型號PLASMALAB System100)進行外塗。PECVD製程中所用參數描述於下表1中：

表1. 用於沈積氮化矽層之條件

反應物/條件：	值：
SiH ₄	400 sccm
NH ₃	20 sccm
N ₂	600 sccm
壓力	650毫托(mTorr)
溫度	100°C
高頻功率	20 W
低頻功率	20 W

使用 Metricon 型號 2010 稜鏡耦合儀 (Metricon Corporation, Pennington, NJ)量測氮化矽層之折射率，且發現為1.78。

在上述基板上製造OLED首先經由5 mm × 5 mm像素化遮蔽罩將約110 nm厚之ITO沈積在回填物塗佈之奈米粒子/1D結構薄膜上以限定陽極幾何形狀。隨後，沈積單一綠色有機發射層及陰極以完成OLED。藉由在真空系統中在約 10^{-6}

托之基礎壓力下進行標準熱沈積來製造 OLED。沈積以下 OLED 構造：HIL (300 nm)/HTL (40 nm)/綠色 EML (30 nm)/ETL (20 nm)/LiF (1 nm)/Al (200 nm)。完成之後，在囊封薄膜與 OLED 陰極之間使用 SAES 吸氣劑作為乾燥劑及氧清除劑，用囊封障壁薄膜囊封 OLED。

為進行比較，亦使用無奈米粒子之 1D 結構薄膜來結構化 OLED。錐光鏡量測展示用 1D 結構薄膜製造之樣品產生具有相對較高強度之小區域及具有較低強度之稍微較大區域，稍微較大區域由相對較低強度之區域圍繞。相比之下，用塗佈在 1D 結構薄膜上之 200 nm 奈米粒子製造之樣品的錐光鏡資料展示均勻得多之強度分佈。此資料展示，在 1D 結構薄膜上塗佈之 200 nm 奈米粒子與無奈米粒子之 1D 結構薄膜相比顯著改良 OLED 裝置之角度均勻性。

實例 2A 及 2B：在 1D 及 2D 結構薄膜上之 440 nm SiO₂ 奈米粒子

使用纏繞 5 號鋼絲之刮棒 (獲自 RD Specialties, Webster, NY) 將溶液 B (440 nm SiO₂ 奈米粒子) 塗佈在具有 600 nm 1D 結構之薄膜上 (實例 2A) 且塗佈在具有 500 nm 2D 結構之薄膜上 (實例 2B)。在空氣中乾燥所得薄膜 10 分鐘，接著如實例 1A 中所述進行 UV 固化。使用纏繞 10 號鋼絲之刮棒 (獲自 RD Specialties, Webster, NY) 將 HI-BF 溶液塗佈在奈米粒子塗佈之 1D 及 2D 結構薄膜上。在空氣中乾燥所得薄膜 10 分鐘，接著如實例 1A 中所述進行 UV 固化。為進行比較，塗佈溶液 B 類似地塗佈在非結構化 PET 薄膜上。圖 9A 及圖 9B 展示在 1D 結構薄膜上之 440 nm SiO₂ 奈米粒子的俯視圖及

橫截面圖。圖 10 展示在 2D 結構薄膜上之 440 nm SiO_2 奈米粒子。此等圖式展示奈米粒子在此等實例中部分排序。相比之下，當奈米粒子塗佈在平坦表面上時，奈米粒子之分佈通常為隨機的。

如實例 1A 中所述將 100 nm 氮化矽、100 nm ITO 及 OLED 層沈積於 1D 結構薄膜上(比較性)、2D 結構薄膜上(比較性)、玻璃基板上(比較性)、1D 結構薄膜上之 440 nm 奈米粒子上(實例 2A)及 2D 結構薄膜上之 440 nm 奈米粒子上(實例 2B)。

對在 1D 結構薄膜上具有奈米粒子之 OLED 裝置以及比較性樣品進行錐光鏡量測。玻璃對照樣品展示相對均勻但相對較低之強度分佈。1D 結構薄膜樣品產生具有相對較高強度之小區域及具有較低強度之稍微較大區域，稍微較大區域經相對較低強度之區域圍繞。由在 1D 結構薄膜上之 440 nm 奈米粒子製成之樣品展示均勻的高強度分佈。由在非結構化薄膜上之 440 nm 奈米粒子製成之樣品產生靠近錐光鏡標圖中心之相對較低強度區域，其經相對較高強度區域圍繞。錐光鏡結果展示，在 1D 結構薄膜上自組合之 440 nm 奈米粒子與無奈米粒子之 1D 結構薄膜相比或與塗佈在非結構化薄膜上之 440 nm 奈米粒子相比顯著改良 OLED 裝置之角度均勻性。發現實例 2A 之整體增益顯著高於比較性樣品。

類似地，獲得在塗佈 440 nm 奈米粒子之 2D 結構薄膜上建置之 OLED 裝置(實例 2B)的錐光鏡資料，且為進行比較，獲得在無奈米粒子之 2D 結構薄膜上建置之 OLED 裝置的錐

光鏡資料。使用無奈米粒子之2D結構薄膜製造的樣品之錐光鏡資料展示由較低強度區域圍繞的相對較高強度帶。對於具有含有440 nm奈米粒子之2D結構薄膜之樣品而言，強度均勻得多，但2D圖案之相對較高強度區域並未完全消除。發現實例2B之整體增益顯著高於比較性樣品。由錐光鏡資料確定之亮度展示於圖11A及圖11B中。圖11A展示對於在有及無奈米粒子下具有2D結構薄膜之樣品，沿相對於2D結構之軸線的零度方位角，亮度隨極角變化之曲線圖，且圖11B展示使用在平坦薄膜上之奈米粒子製造的樣品之亮度隨極角變化之曲線圖。

實例3：在1D結構上與回填物混合的440 nm SiO₂奈米粒子

使用纏繞5號及10號鋼絲之刮棒(獲自RD Specialties, Webster, NY)將溶液C (440 nm SiO₂奈米粒子)塗佈在600 nm 1D結構薄膜上。接著在空氣中乾燥所得薄膜10分鐘，接著如實例1A中所述進行UV固化。使用Metricon型號2010稜鏡耦合儀量測與回填物混合之440 nm奈米粒子層的折射率，且測得為1.83。

如實例1A中所述將100 nm氮化矽及OLED層沈積於玻璃對照物(比較性)上、無奈米粒子之1D結構薄膜(比較性)上及在回填物中有440 nm奈米粒子之1D結構薄膜(實例3)上。獲得實例3之OLED裝置以及比較性樣品之錐光鏡資料。在1D結構薄膜上之回填物中的440 nm奈米粒子顯著改良OLED裝置之角度均勻性及整體增益。圖12展示對於在有及無奈米粒子下具有1D結構薄膜之樣品及使用無奈米粒

子或奈米結構之玻璃基板製造的樣品，沿相對於1D結構之方向的零度方位角，亮度隨極角變化之曲線圖。

實例4及5：用於混合光擷取薄膜之捲軸式製程

兩步製程(實例4)

使用捲軸式塗佈製程，以3.0 m/min (10 ft/min)之腹板速度及4.7 cc/min之分散液給料速率將溶液B (440 nm SiO₂奈米粒子)塗佈在具有600 nm 1D結構之薄膜上。在室溫下，在空氣中乾燥塗層，隨後進一步在82°C (180°F)下乾燥，接著使用配備有H-燈泡之Fusion UV-Systems Inc. Light-Hammer 6 UV (Gaithersburg, Maryland)處理機(在氮氣氛圍下操作)在75%燈功率下在3.0 m/min (10 ft/min)之線速度下進行固化。所得奈米粒子塗層之SEM照片展示於圖13中，其中可發現440 nm SiO₂奈米粒子以600 nm 1D結構部分排序。

使用捲軸式塗佈製程，以3.0 m/min (10 ft/min)之腹板速度及2.28 cc/min之分散液給料速率將HI-BF溶液塗佈在奈米粒子塗佈之1D結構薄膜上。在室溫下，在空氣中乾燥塗層，隨後進一步在82°C (180°F)下乾燥，接著使用配備有H-燈泡之Fusion UV-Systems Inc. Light-Hammer 6 UV (Gaithersburg, Maryland)處理機(在氮氣氛圍下操作)在75%燈功率下在3.0 m/min (10 ft/min)之線速度下進行固化。

一步製程(實例5)

使用捲軸式塗佈製程，以4.6 m/min (15 ft/min)之腹板速度及7.29 cc/min之分散液給料速率將溶液C (440 nm SiO₂

奈米粒子)塗佈在具有 600 nm 1D結構之薄膜上。在室溫下，在空氣中乾燥塗層，隨後進一步在 82°C (180°F)下乾燥，接著使用配備有 H-燈泡之 Fusion UV-Systems Inc. Light-Hammer 6 UV (Gaithersburg, Maryland)處理機(在氮氣氛圍下操作)在 75%燈功率下在 4.6 m/min (15 ft/min)之線速率下進行固化。在 600 nm 1D結構薄膜上與回填物混合的所得 440 nm NP之SEM影像展示回填物有效地平坦化 1D結構。為進行比較，塗佈溶液 C類似地塗佈在非結構化 PET薄膜上。

OLED裝置及錐光鏡結果

將 100 nm氮化矽、100 nm ITO及OLED層沈積於 1D結構薄膜上之 440 nm奈米粒子(實例 4)上、1D結構薄膜上之回填層中之 440 nm奈米粒子(實例 5)上、非結構化 PET薄膜上之回填層中之 440 nm奈米粒子(比較性)上及玻璃基板(比較性)上。如實例 1A中所述製造綠色發射 OLED。類似地建構紅色 OLED，但具有以下 OLED層：HIL (300 nm)/HTL (40 nm)/紅色 EML (30 nm)/ETL (20 nm)/LiF (1 nm)/Al (200 nm)。

對多重樣品進行錐光鏡量測。錐光鏡結果展示，在 1D結構薄膜上自組合之 440 nm奈米粒子(實例 4)與無奈米粒子之 1D結構薄膜相比或與塗佈在非結構化薄膜上之 440 nm奈米粒子相比顯著改良 OLED裝置之角度均勻性。表 2展示實例 4及 5之綠色及紅色 OLED以及使用在非結構化薄膜上之奈米粒子製造的 OLED(比較性)之軸上增益及總(整體)增益

的概述。正規化表2中報告之增益，以使得使用不具有撷取特徵之玻璃基板製造之樣品具有一致的整體增益。

表 2

	非結構化薄膜上之奈米粒子 (比較性)	實例4	實例5
軸上增益(綠色LED)	1.35	1.5-1.6	1.7-1.8
總增益(綠色LED)	至多1.8	至多2.1	至多2.2
軸上增益(紅色LED)	1.3	1.5-1.7	1.5-1.7
總增益(紅色LED)	1.4-1.5	1.65	1.75

【圖式簡單說明】

圖1為具有在週期性結構上以次單層形式塗覆之奈米粒子的光撷取薄膜之圖；

圖2為具有遍及回填層分佈之奈米粒子的光撷取薄膜之圖；

圖3為一維週期性結構之透視圖；

圖4為二維週期性結構之透視圖；

圖5為說明將光撷取薄膜層壓至OLED裝置的圖；

圖6為說明將光撷取薄膜層壓至OLED裝置的圖；

圖7為塗佈在1D結構薄膜上的奈米粒子之影像；

圖8為塗覆在2D結構薄膜上的奈米粒子之影像；

圖9A為在1D結構薄膜上的奈米粒子之俯視圖影像；

圖9B為在1D結構薄膜上的奈米粒子之橫截面圖影像；

圖10為在2D結構薄膜上的奈米粒子之影像；

圖11A展示在有及無奈米粒子下具有2D結構薄膜之樣品

的亮度隨極角變化之曲線圖；

圖 11B 展示使用在平坦薄膜上的奈米粒子製造的樣品之亮度隨極角變化之曲線圖；

圖 12 展示在有及無奈米粒子下具有 1D 結構薄膜之樣品及在無奈米粒子或奈米結構下使用玻璃基板製造的樣品之亮度隨極角變化之曲線圖；及

圖 13 為以 1D 結構部分排序之奈米粒子之影像。

【主要元件符號說明】

10	光擷取薄膜
12	基板
14	週期性結構
16	奈米粒子
18	高折射率平坦化回填層
19	實質上平坦表面
20	光擷取薄膜
22	基板
24	週期性結構
26	奈米粒子
28	高折射率平坦化回填層
29	實質上平坦表面
30	基板
32	1D 週期性結構
34	基板
36	2D 週期性結構

40	OLED裝置
42	光耦合層
44	光擷取薄膜
46	光輸出表面
47	像素井
48	回填層之平坦表面
50	OLED裝置
52	光耦合層
54	光擷取薄膜
56	光輸出表面
57	像素井
58	回填層之平坦表面

七、申請專利範圍：

1. 一種具有奈米粒子及週期性結構之光擷取薄膜，其包含：

實質上透明基材；

在該實質上透明基材上之一維週期性結構，其中該週期性結構之寬度與間距小於或等於 600 nm；

光散射奈米粒子，其以表面層方式塗覆於該等週期性結構上之呈單層形式之奈米粒子，其中該奈米粒子實質上於該週期性結構之間對準；及

在該等週期性結構及該等奈米粒子上塗覆之平坦化回填層，形成該回填層之實質上平坦表面，

其中該回填層之折射率高於該等週期性結構之折射率。

2. 如請求項 1 之光擷取薄膜，其中該等週期性結構包含線性稜鏡。
3. 如請求項 1 之光擷取薄膜，其中該等週期性結構包含光子晶體結構或線性光柵。
4. 如請求項 1 之光擷取薄膜，其中該等奈米粒子之直徑範圍在 100 nm 至 1,000 nm 內。
5. 如請求項 1 之光擷取薄膜，其中該等週期性結構係與該基材一體地形成。
6. 如請求項 1 之光擷取薄膜，其進一步包含塗覆至該回填層之該實質上平坦表面上的黏著性光耦合層。
7. 如請求項 1 之光擷取薄膜，其中該平坦化回填層包含用

於使該光擷取薄膜結合至OLED裝置之光輸出表面上的黏著劑。

8. 一種在具有輸出光之表面的有機發光二極體(OLED)裝置上提供光擷取薄膜之方法，其包含：

提供光擷取薄膜，其包含：

實質上透明基材；

在該實質上透明基材上之一維週期性結構，其中該週期性結構之寬度與間距小於或等於600 nm；

光散射奈米粒子，其以表面層方式塗覆於該等週期性結構上之呈單層形式之奈米粒子，其中該奈米粒子實質上於該週期性結構之間對準；及

在該等週期性結構及該等奈米粒子上塗覆之平坦化回填層，形成該回填層之實質上平坦表面，

其中該回填層之折射率高於該等週期性結構之折射率；

塗覆黏著劑至該回填層之該實質上平坦表面上；及

層壓該光擷取薄膜至該OLED裝置上，使得該回填層之該實質上平坦表面抵靠該OLED裝置之該光輸出表面定位，

其中該黏著劑提供在該OLED裝置之該光輸出表面與該回填層之間的光耦合。

9. 一種在具有輸出光之表面的有機發光二極體(OLED)裝置上提供光擷取薄膜之方法，其包含：

提供光擷取薄膜，其包含：

實質上透明基材；

在該實質上透明基材上之一維週期性結構，其中該週期性結構之寬度與間距小於或等於600 nm；

光散射奈米粒子，其以表面層方式塗覆於該等週期性結構上之呈單層形式之奈米粒子，其中該奈米粒子實質上於該週期性結構之間對準；及

在該等週期性結構及該等奈米粒子上塗覆之平坦化回填層，形成該回填層之實質上平坦表面，

其中該回填層之折射率高於該等週期性結構之折射率；

塗覆黏著劑至該OLED裝置之該光輸出表面上；及

層壓該光撷取薄膜至該OLED裝置上，使得該回填層之該實質上平坦表面抵靠該OLED裝置之該光輸出表面定位，

其中該黏著劑提供在該OLED裝置之該光輸出表面與該回填層之間的光耦合。

八、圖式：

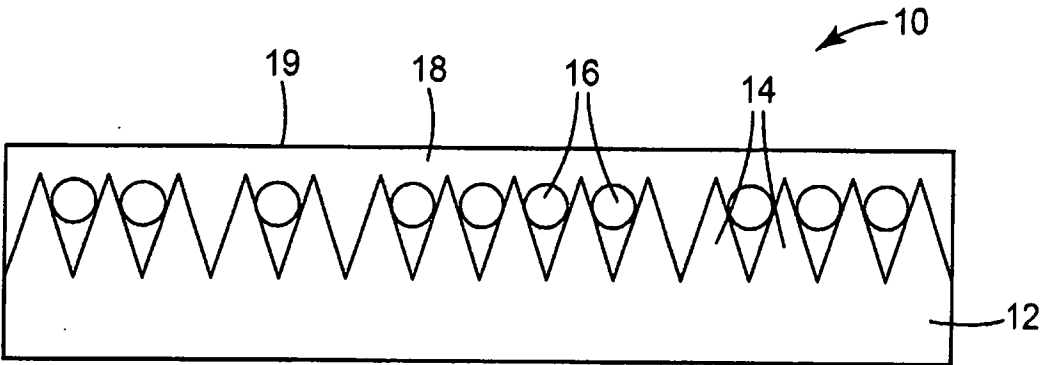


圖1

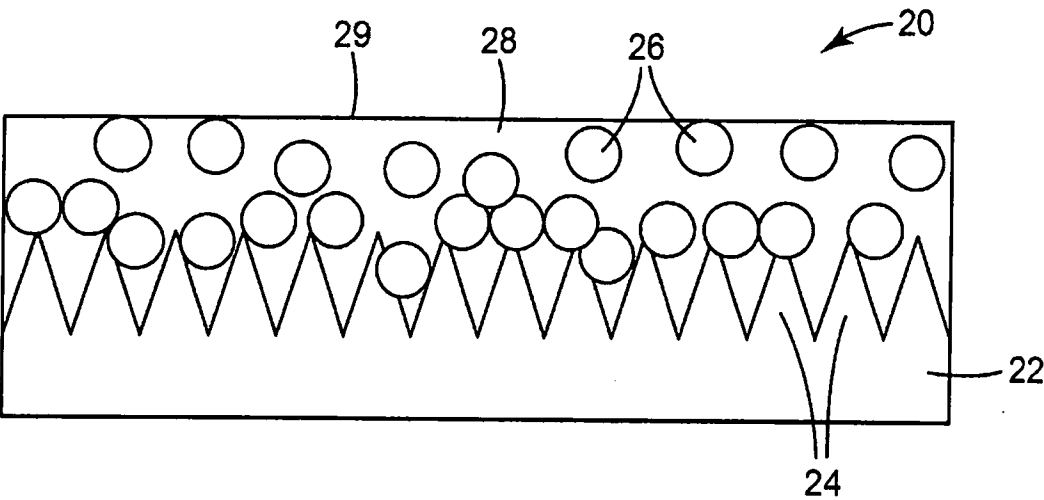


圖2

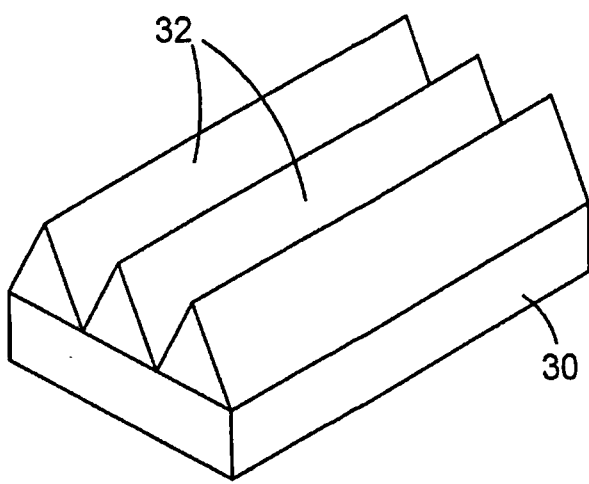


圖3

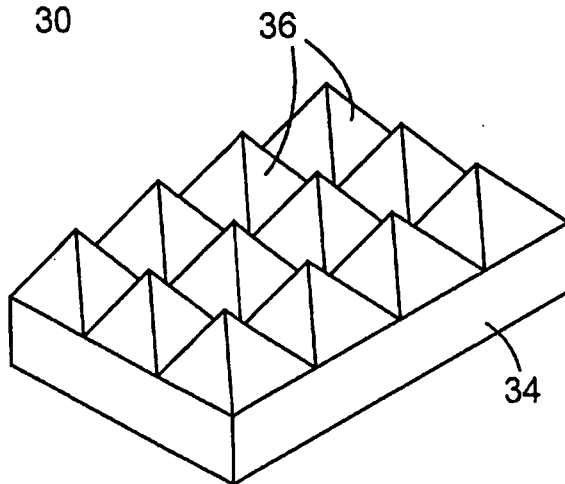


圖4

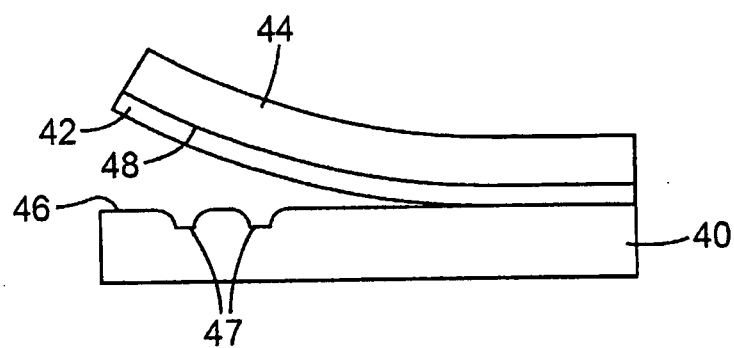


圖5

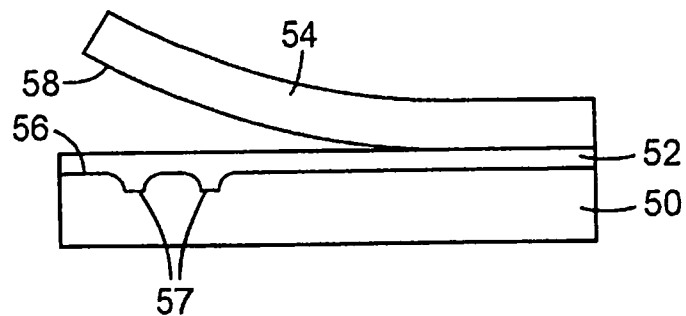
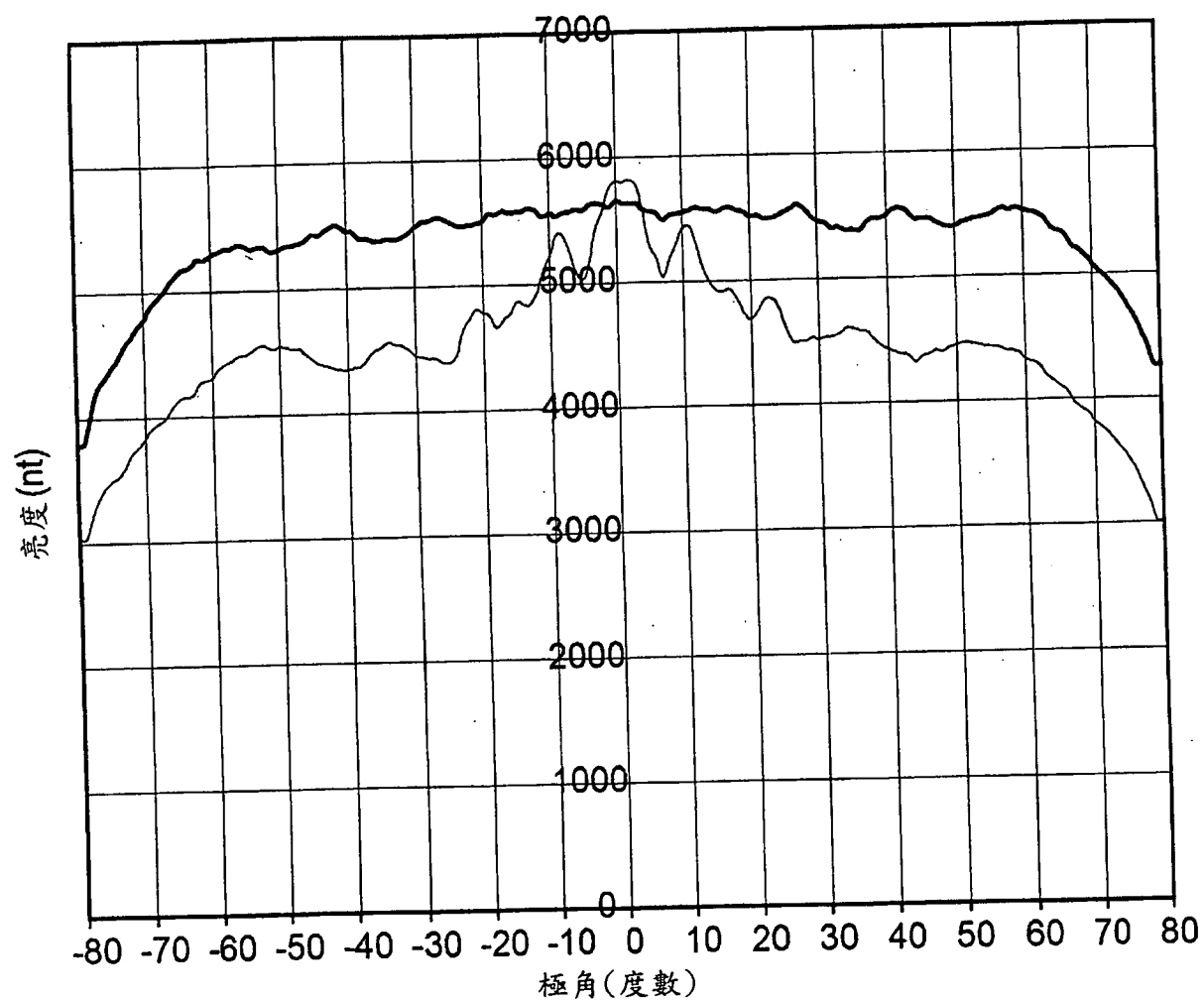
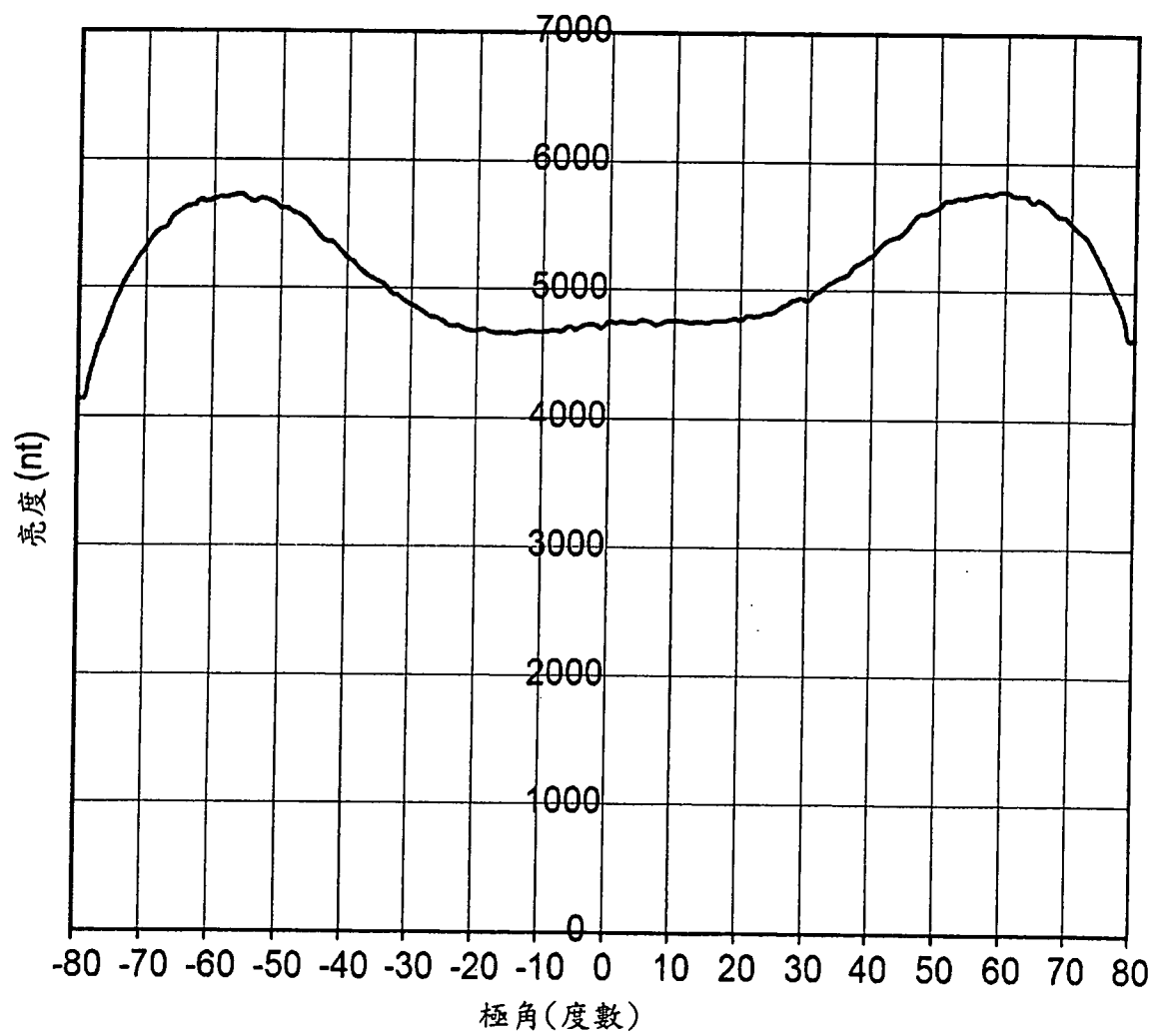


圖6



— 具有奈米粒子之2D結構薄膜
 - - 不具有奈米粒子之2D結構薄膜

圖11A



— 在非結構化薄膜上之奈米粒子

圖11B

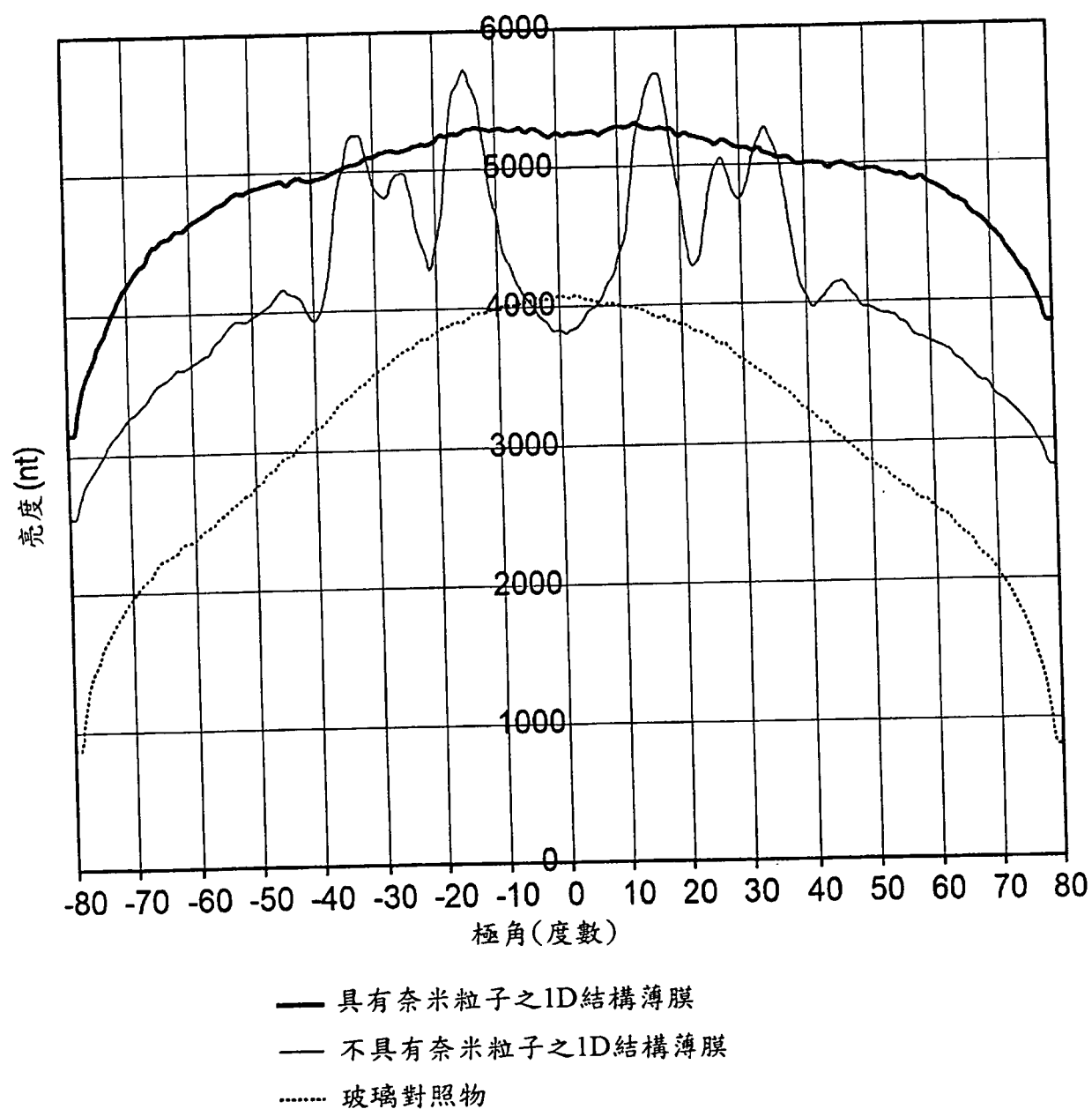


圖12