



奈米壓印與金屬轉印技術

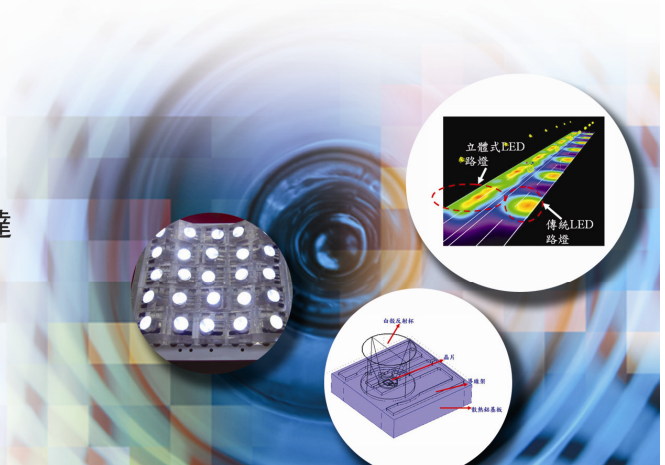
— 應用於發光二極體藍寶石基板表面圖形化

Nanoimprint and metal contact printing technology
for pattern sapphire substrate of LEDs

陳韋儒 林安茹 胡雅文 傅啟倫 謝易達
國立成功大學 機械系

林宏彝
工研院機械所
先進製造核心技術組
研發副組長

李永春
國立成功大學
機械系
教授



關鍵詞

- 聚二甲基矽氧烷 PDMS
- 圖形化藍寶石基板 Pattern sapphire substrate
- 金屬轉印 Metal contact transfer printing
- 發光二極體 Light emitting diode

摘要

本文使用金屬轉印製程，將模仁上的金屬圖形直接轉印在藍寶石基板表面，轉印後的金屬層可直接做為後續蝕刻製程所需的遮罩，且藉由金屬的高蝕刻選擇比，可在藍寶石基板上製作出高深寬比的結構。此外，金屬轉印技術可輕易的製作出奈米或是次微米尺度的結構；目前本文成功地在 2 吋的藍寶石基板上製作最小線寬 400 nm、最高蝕刻深度 1.2 μm 的結構。實驗量測證實以這些次微米等級圖形化

藍寶石基板所製作之發光二極體具有顯著提升的出光效率。

The metal contact transfer method can directly transfer a patterned metal film from a mold to the top surface of a sapphire substrate, and then use the transferred metal pattern as the etching mask for subsequent ICP (Inductive Couple Plasma) dry etching process. Since metallic materials have a high etching selectivity to sapphire, micro-structures with a high aspect ratio can be easily fabricated on sapphire substrate surface. Furthermore, the feature size in contact printing pattern transfer can easily achieve sub-micrometer and even nanometer scale. In this work, we successfully fabricate micro-structures on a 2" sapphire substrate with a minimum characteristic size of 400 nm and an etching depth around 1.2 μm . Significant enhancement of light extraction efficiency can be achieved in these LEDs fabricated on the sub-micrometer patterned sapphire substrates.



前言

發光二極體之優點為壽命長、低電流、低電壓驅動的省電特性、環保、體積小、反應快等。在 1960 年，人類發明了紅色發光二極體(light-emitting diode, LED)，直到 1996 年，日本學者中村秀二(Shuji Nakamura)改良了藍色發光二極體，其結構特點係以氮化銦鎵(InGaN)製成的量子井(quantum well)取代異質結構(hetero-structure)[1]，藍色發光二極體在發光效率上進展飛快。為了迎接高亮度固態照明的時代，發光二極體亮度必須有所提升，其中以在表面製作光子晶體結構與圖形化藍寶石基板為近年來最受業界所採納的方法，世界各地的學者紛紛提出電子束微影技術(E-Beam Lithography)[2]、雷射全像干涉(laser holography)[3]等技術來製作光子晶體，其中又以奈米壓印技術[4]應用在發光二極體上最被看好有量產的可能性。

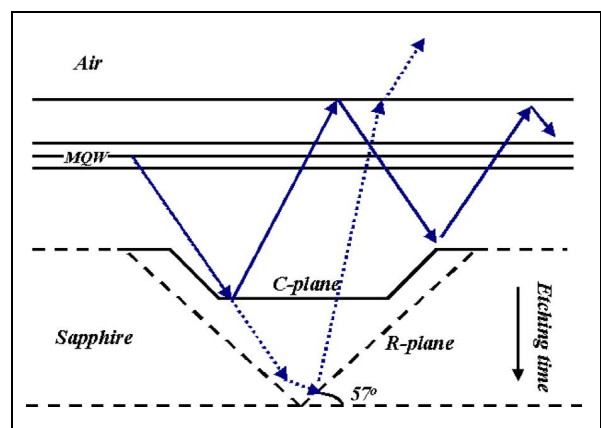
奈米壓印技術是由普林斯頓大學教授 Stephen Y. Chou 於 1996 年提出[5]，因為其低成本、高量產能力即可達到奈米等級的線寬的優點，使其一經提出後即受到廣泛的研究探討，目前世界上主流的三大奈米壓印技術分別為：(1)熱壓成形奈米壓印(Hot embossing Nanoimprint Lithography, HE-NIL) [5]；(2)紫外光硬化成形奈米轉印(UV-curing Nanoimprint Lithography, UV-NIL) [6]；(3)軟微影技術 (Soft Lithography) [7]。NIL 與 UV-NIL 壓印製程需要使用矽基或電鍍鎳模具，阻劑會沾黏模面造成脫模困難，需額外進行抗沾黏處理[8]。壓印受限於硬質壓板、模具和基底三者之平行/平坦度等因素，壓力不均勻，壓印面會有不完整接觸產生，奈米結構複製精度不佳，及產生應力集中現象使晶圓破裂，因此大面積的壓印良率一直受到限制。

Lee and Chiu [9]於 2007 年所提出的新型金屬轉印技術，接觸轉印與光罩植入式顯影技術

(Contact-Transferred & Mask-Embedded Lithography, CMEL)，在藍寶石基板表面進行次微米圖形的佈植，配合乾式蝕刻製程達成圖形化藍寶石基板的目的地，可以完成 2 吋全面積轉印、高良率、低成本，使奈米壓印技術應用於圖形化發光二極體具有量產的可行性。

研究動機與方法

隨著環保節能意識的崛起，發光二極體被人們視為下一代照明設備的光源，但是想要完全取代傳統白熾燈泡光源還必須持續的增加發光二極體晶粒的亮度才行，目前業界常見的提升發光二極體發光效率的方法有很多種，其中以圖形化藍寶石基板最為業界所採用。大部份的改善製程都只能提升外部量子效率，只有圖樣化藍寶石基板能同時提升外部及內部量子效率。在提升內部量子效率方面，圖形化基板可以降低磊晶之錯位密度提高磊晶品質；在提升外部量子效率方面，藉由圖案化藍寶石基板提高由量子井發出光線散射的機率，減少光線在二極體內部全反射[10]，如圖一。藉著圖樣化藍寶石基板，氮化鎵在藍寶石基板上非(0001)面的部份成長縱



圖一 在氮化鎵材料中傳導的光藉由藍寶石蝕刻面反射而正向射出[10]



更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】330期・99年9月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw