



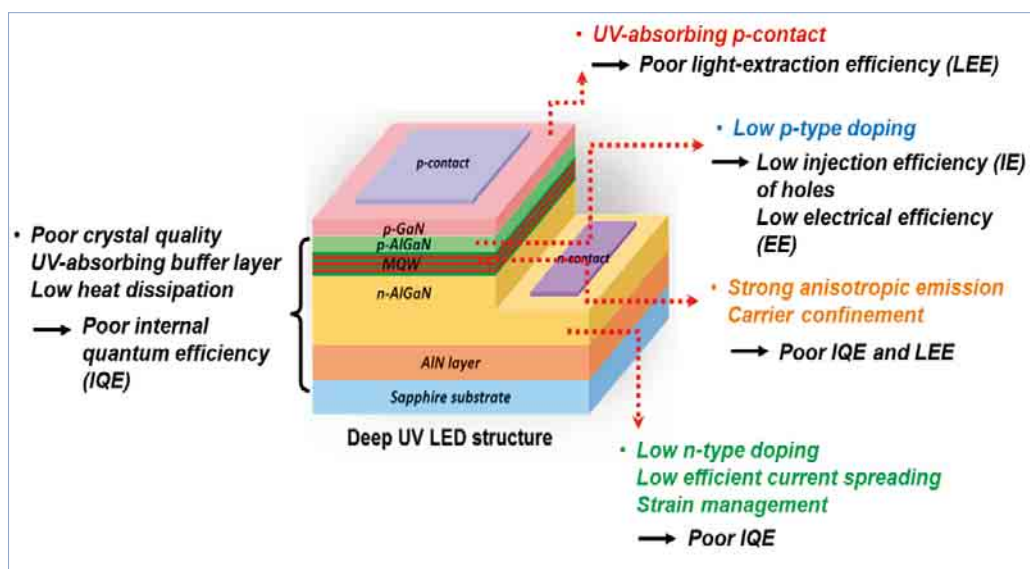
UVC LED 技術門檻及未來設計趨勢

UVC LED Technology Threshold and Future Design Trends

UVC LED 技術の閾値と未来設計動向

文・圖 | 聯合大學 兼任助理教授 葉志庭博士

UVC LED 產品技術門檻相當高，不論在磊晶、晶片技術、封裝與市場接受程度等都面臨諸多挑戰，到目前為止，UVC LED 主要市場應用於小型衛生用品，這是因為其光功率較低，殺菌力較弱。比如用於牙刷殺菌器的 LED 為 1 mW，用於加濕器水槽殺菌的 LED 為 2 mW。隨著 UVC 光功率的突破，應用方面可望從個人衛生用品逐步擴及中型規模的殺菌系統等。目前 UVC LED 材料為了避免紫外光被 GaN 吸收而選擇用 AlGaIn 材料替代，然將 UVC LED 中 AlGaIn 的 Al 組成比例提高，雖然可避免紫外光被吸收的現象發生，但卻造成 Mg 的活化不易與引出更大的晶格不匹配，產生更多的缺陷。造成當前 UVC LED 發光效率遠低於藍綠光 LED 的原因可分為幾個層面來看如下圖，

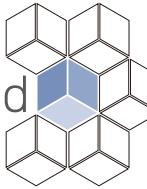


UVC LED目前技術上遭遇的問題。

主要如下：

- ① AlGaIn 異質磊晶造成高缺陷密度，電洞和電子於缺陷區域發生非複合輻射。
- ② 量子井的 well layer 和能障層 (barrier layer) Al 組成差異造成自發極化電場，產生量子侷限史塔克 (Quantum confined Stark effect, QCSE)，使電子和電洞複合困難。
- ③ p 型 AlGaIn 摻雜困難造成量子井中載子數量不足。
- ④ p 型 GaN 接觸層會吸收紫外光。
- ⑤ 電流分佈不均勻，產生的熱量難以散失，容易使元件效能降低。

由上述提及五點因素可知，AlGaIn 磊晶所需克服的困難占一大部分，成為 UVC LED 發展的瓶頸，是當前急需解決的問題。隨著 LED 發光波長的變短，UVC LED 主動層中 Al 成分需提高，使得高品質 AlGaIn 磊晶層製備有很大難度。一方面是以有機金屬化學沉積 (MOCVD) 製備時，AlGaIn 磊晶與藍寶石 (sapphire) 基板晶格不匹配與反應複雜難以控制等技術因素，另一方面是能隙變寬後摻雜和活化效率低等基本物理問題。

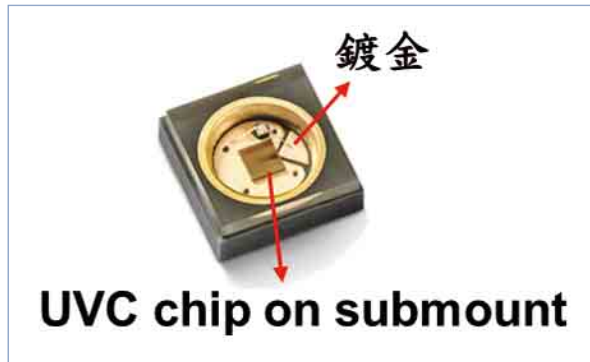


從目前解決 UVC LED 現況技術問題，將面臨兩個挑戰，一是晶片端，二是封裝端。從晶片端來看，由外部量子效率 (EQE) = 內部量子效率 (IQE) X 電子注入效率 (EE) X 光取出效率 (LEE)，可得知要發展高效率 UVC LED 相關技術就必須提高 IQE 跟 LEE 的數值。從封裝端來看，目前 UVC LED 封裝形式如右圖所示：

- ① 陶瓷基板 + 平面石英玻璃封裝 (含 submount)。
- ② 鍍金陶瓷基板 + 客製化 LED 石英玻璃 (含 submount)。
- ③ 客製化鍍金陶瓷基板與客製化 LED 石英玻璃 (含 submount) 等。

上述封裝形式，都含有 submount，因此造成元件熱阻較高，以缺乏搭配光學模擬設計，使得光

取出效率較低。故未來趨勢為解決上述之問題，UVC LED 晶片將開發 P/N 電極形狀及材料、UVC chip 磊晶結構、Laser lift off (LLO) 製程開發而 UVC LED 封裝將往具低熱阻、高取光效率、高導熱 AlN 基板之 UVC LED 封裝設計。



傳統 UVC LED 封裝形式。

