微小円錐台を光取り出し構造に用いた高出力・高効率 AlGaInP 薄膜 LED

High-efficiency, High-power AlGaInP Thin-film LEDs with Small Truncated Cones as the Light-extraction Structure

産総研，°王学論，熊谷直人、郝国棟

AIST, °Xuelun Wang, Naoto Kumagai, Guodong Hao

E-mail: xl.wang@aist.go.jp

【はじめに】LED の光取り出し面にランダムな微小凹凸を形成する手法は、LED の光取出し効率を高める有効な手段として、特に裏面に反射ミラーを備える薄膜型 LED において、広く用いられている。ランダムな微小凹凸（微小ピラミッド）は入射光を様々な方向に散乱させる働きがある。これにより、一回の界面反射で取り出されなかった光は、裏面ミラーにより反射されたあと、再度、一定の確率で外部に取り出すことが可能になる。しかし、微小凹凸による散乱効果は、光の界面への入射角度の増加とともに弱くなり、全発光量のうち大きな割合を占める高角度光の取出しに有効ではない。今回、我々は形状の制御された微小円錐台は LED の光取出し構造としてランダムな微小凹凸より有効であることを示唆する結果が得られたので報告する。

【実験と結果】GaAs 基板に成長した AlGaInP 赤色（～640nm）LED ウェハを共晶接合により Ag ミラーを間に挟んで GaAs 支持基板上に貼り合わせた。次に、成長に用いた GaAs 基板を選択的に除去し、厚さ約 9μm の LED 薄膜結晶を支持基板上に残した。その後、塩素系 ICP ドライエッチングにより、n 型 AlGaInP 層（光取出し面）上に微小円錐台を 1.2μm の周期で三角格子状に形成した（図 1）。微小円錐台が賦形された高出力チップ（1mm×1mm）は、注入電流 120mA において～39.3%の最大外部量子効率を示した（図 2）。これは、従来のランダム微小凹凸加工技術（最大外部量子効率～30%）に比べて約 10%高い効率である。FDTD 法で光取出しの様子をシミュレーションしたところ、微小円錐台構造は、ランダム微小凹凸に比べて、高角度入射光に対する取出し効率が高いことが分かった（図 3）。なお、取出しメカニズムの詳細については当日議論する。

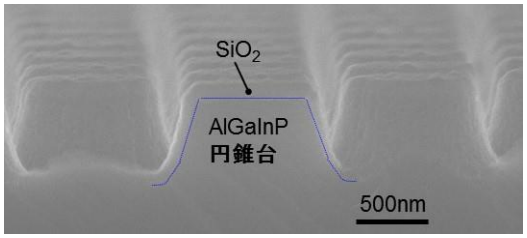

Fig.1 SEM image of the small AlGaInP truncated cones formed on the light-extraction surface of an AlGaInP LED.

【謝辞】ICP による円錐台作製にアドバイスを頂いた北海道大学末宗幾夫教授に感謝する。

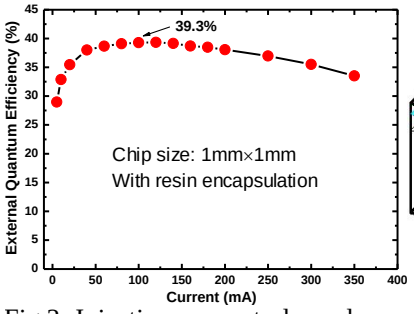

Fig.2 Injection current dependence of external quantum efficiency.

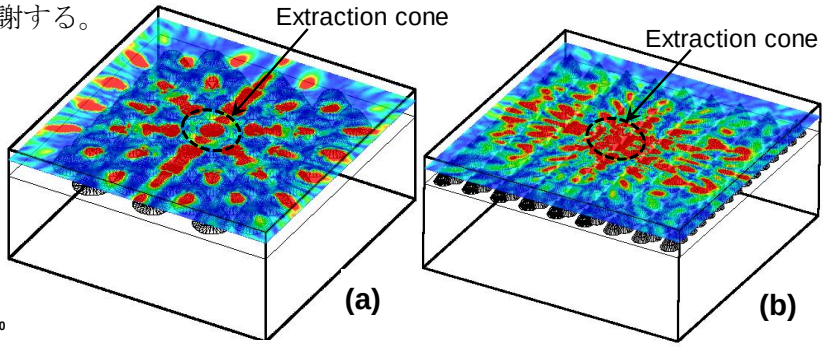

Fig.3 FDTD simulation images (time-integrated intensity of Poynting vector) of truncated cone (a) and random roughness (b) LEDs.

© 2017年 応用物理学会