

自然な白色LEDを可能にする ナノロッドアレイ

現在のところ、窒化ガリウムインジウム (InGa_N) に基づくLEDは、格子不整合の極性InGa_N量子井戸における強い量子閉じ込めシュタルク効果 (QCSE) の結果として、青色および緑色領域の発光しか得られていない。白色LEDは、InGa_N構造上の黄色蛍光体を使用して作製することも可能だが、効率は相対的に低く、演色性も乏しい。

窒化インジウム (InN) と窒化ガリウム (Ga_N) 間の格子不整合と結晶構造の極性による波長依存QCSEが主に発光効率を制限しているという認識に立ち、台湾の国立精華大学の研究チームは、蛍光体フリー白色LEDの新しい製造法を開発した⁽¹⁾。このLEDは、ピエゾ分極効果を除去する歪みのないInGa_N/Ga_Nナノロッドヘテロ構造を成長させるために、シリコン (Si) 基板上的Ga_Nナノロッドアレイをテンプレートとして利用する。

歪みのないナノディスクの成長

プラズマ支援分子ビームエピタキシーを使って、垂直整列Ga_Nナノロッドを3インチの n 型Si基板上にウルツ鉱型構造の c 軸に沿って成長させた⁽²⁾。これらのアレイは歪みと転位を含まない単結晶の性質を示し、続いてGa_Nナノロッド表面に歪みのないInGa_Nナノディスクを成長させるためのナノ構造化されたコンプライアントテンプレートとしての役割を果たした。In_xGa_{1-x}N組成を制御することによって、可視スペクトルをカバーする青～赤の発光範囲を持つナノディスクエミッタ集合体を成長させることができた。次いで、白色LED

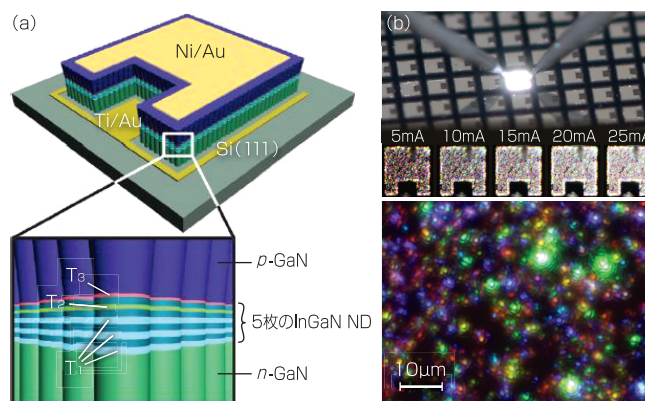


図1 ナノロッドに基づく白色LEDの図式はLED構造の中心に積層された5枚のInGa_N可視光ナノディスクエミッタを示している(a)。白色発光(b上)はサンドイッチされたナノディスクエミッタ出力(b下)の色混合の結果であり、100倍の倍率で示されている。(資料提供:国立精華大学)

を作り出すため、このナノディスクエミッタスタックをGa_N p - n 接合に埋め込み、必要な光混合効果を達成した。

他の研究チームは多重量子井戸平面InGa_N/Ga_Nや他の修飾構造内に白色LEDを作製しているが、QCSE構造によって制限されるInGa_Nアクティブ構造は、通常は極めて薄く(わずか厚さ2~4nm)、最適な白色光出力からはほど遠い結果となっている。ナノロッド構造は、一般に10~25nmの厚さがあるため、これらの大きくチューナブルなアクティブ領域体積によって、高電流での電子流出の低下によりキャリア捕獲が改善され、色温度が約6000Kの優れた自然な白色出力を作り出す色混合が可能になった。

駆動電流に対する不感性

白色LED構造内の5積層ナノディスクによる集団エレクトロルミネセンス発光の解析から、青色と黄色のスペクトル領域における二つの主要な集団ビ

ークの存在が明らかになった。これらの青色と黄色のバンド強度は注入電流の増加とともに一定の傾斜で単調に増加し、駆動電流に不感色相の白色光を生成した。

これらのLED構造の成長は特別なナノファブリケーション技術の必要がなく、Si基板を使用することによってスケールアップも容易になるため、製造コストも低くなると見込まれる。

国立精華大学の物理学系教授と研究開発部長を兼務する果尚志氏は、「InGa_Nナノディスクに基づく歪みのないLEDの意義は、QCSEの限界を克服し、モノリシックInGa_N LEDの動作範囲をフルカラーと白色に拡張する可能性にあり、これは照明やディスプレイアプリケーションにとって素晴らしいニュースになるだろう。このナノディスク/ナノロッド構造は、サブ波長光源として有用な最小フットプリントのLEDも実現可能にするはずだ」と語っている。

(Gail Overton)

参考文献

- (1) H.-W. Lin et al., Appl. Phys. Lett., 97, 073101 (Aug. 16, 2010).
- (2) H.-Y. Chen et al., Appl. Phys. Lett., 89, 243105 (2006).