



「青色LEDに追いつけ」 京大らが高効率の緑色LED実現へ

緑色に発光する GaN 系 LED (発光ダイオード) は、赤色 LED や青色 LED に比べて、明るさを決める特性値である外部量子効率が高い。例えば青色 LED の外部量子効率は 50% を超えるが、緑色 LED は 20% を超える程度にすぎない。これが液晶バックライトや LED ディスプレイなどの用途で問題になっている。緑色 LED の明るさが低いと、赤色と青色の LED の性能を十分に生かせないのだ。

今回、京都大学と日亜化学工業は共同で、この問題を解決する可能性を秘めた技術を開発した。GaN 基板の半極性面上に緑色 LED を作成する技術である (図 1)。半極性面を利用することで、外部量子効率の低下の原因となる内部電界を極めて小さくすることに成功した。京都大学で助教授を務める川上養一氏は、「順方向電流が 20mA のときの外部量子効率は 4.1% である。この値は、これまで報告のあった半極性面に作り込んだ緑色 LED に比べると極めて高い。実用レベルに近づいた」と主張する。

4.1% は決して高い数字ではない。ただし今回試作した緑色 LED には、光の取り出し効率を高める工夫を盛り込んでいない。今後この工夫を盛り込めば、現行の緑色 LED の外部量子効率を上回ることができる可能性がある。

内部電界の低い面方位利用

開発した高効率化技術について説明しよう。現在実用化されている緑色の GaN 系 LED はサファイヤ基板や SiC 基板を採用している。いずれも、極性が存在す

る面方位である (0001) 面 (いわゆる C 面) を使う。ここに GaN 層をエピタキシャル成長させると、その層の内部に分極が生じる。ただし GaN 結晶では、分極は打ち消し合って均衡が保たれているため内部電界は発生しない。

ところが、InGaN 結晶では In による格子不整合が生じ、結晶が歪む。「この歪みによって均衡が崩れ、強い内部電界 (ピエゾ電界) が発生する」(同氏)。このピエゾ電界が原因で InGaN 層のエネルギー・バンドが傾斜し、注入された電子と正孔が引き離される。従って電子と正孔の再結合確率が低下する。「緑色 LED では、この問題が顕著になる。近紫外 LED や青色 LED よりも長い波長で発光させるため、In の添加量が多いからだ。ピエゾ電界の強度は数 MV/cm に達する」(京都大学で講師を務める船戸充氏)。

この問題を解決するために、無極性面 (C 面に対して 90 度傾いた面) や半極性面 (C 面に対して 0~90 度傾いた面) に緑色 LED を作り込む研究が盛んに行われている。文字通り、無極性面には極性がないため分極は起こらない。半極性面では、ある面方位で結晶を成長させればピエゾ電界が消失することが分かっている。しかし、これまではこれらの面に良質な GaN 結晶を成長させることが難しく、高い効率は得られていなかった。

川上氏は、HVPE (ハイドライド気相成長) 法で作成した GaN 基板を採用し、半極性面である (11 $\bar{2}$ 2) 面を切り出した。この面方位は C 面に対して 56

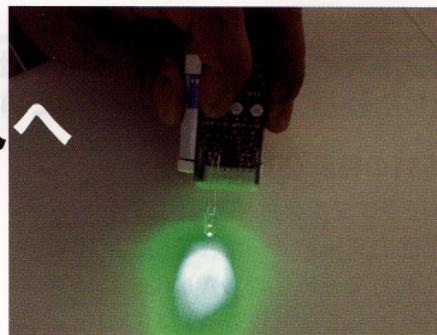


図 1 開発した緑色 LED
順方向電流が 20mA のときの発光波長は 530nm、発光出力は 1.91mW である。なお、GaN 基板は古河機械金属から購入した。

度傾いている。同氏らはこの面ではピエゾ電界が非常に小さくなることを発見した。さらに、この面に良質な結晶をエピタキシャル成長させる手法を編み出した。「GaN 層の具体的な成膜法は明かせないが、結晶の品質は高い」(同氏)。この結果、4.1% という外部量子効率を実現した。

半極性面に作り込んだ LED には外部量子効率が高いことのほかに、偏光が発生するという特徴がある。C 面に作成した LED から放出される光は無偏光である。「C 面は原子が対称に並んでいる。一方、半極性面では非対称である。このため偏光が発生する。今回採用した (11 $\bar{2}$ 2) 面における偏光比 (最も光が強い偏光角と最も光が弱い偏光角における発光強度の比) は、4 対 1 である」(同氏)。

同氏は、偏光が発生するという特徴を液晶バックライトに利用しようと考えている。通常、液晶パネルでは偏光板を使って偏光を作り出しているが、光の損失が発生してしまう。一方、偏光が発生する LED を使えば、この損失を低減できる。「開発した緑色 LED をバックライトに適用すれば、理論的には従来の LED を使う場合に比べて、消費電力を約 50% 削減できる」(同氏)。(高尾裕樹)