

数値解析による InGaN/GaN 多重量子井戸内の圧縮歪みに対する補償効果の検討

Numerical simulation study on the effect of strain compensate for InGaN/GaN MQW

STR Japan 株式会社¹ °向山 裕次¹

STR Japan K.K.¹, STR Group – Soft-Impact Ltd.,² °Yuji Mukaiyama¹, M.E. Rudinsky²,

K. A. Bulashevich², E.V. Yakovlev²

E-mail: yuji.mukaiyama@str-soft.co.jp

要旨: InGaN/GaN 多重量子井戸構造の活性層をもつ窒化物 LED は、可視光の青色波長領域において高い外部量子効率を持つことを示してきた。現在は、より長波長（緑色/黄色）の窒化物 LED の研究開発が精力的に行われている。しかし、長波長化のための高インジウム組成の InGaN/GaN 多重量子井戸 LED 作成において、GaN 障壁層との大きな格子不整合による転位等の欠陥の発生、及び大きなピエゾ電界の発生による高効率化への障害が問題となっている。この問題を解決する方法として、InGaN 井戸層内の圧縮歪を制御する方法が提案され、その重要性が示されてきた。本発表では、我々の開発した MOCVD 法による窒化物ヘテロ構造内のインジウム組成、歪み、及び転位分布予測解析ソフトウェアである STREEM InGaN による InGaN/GaN 多重量子井戸内の歪み制御に関する解析例を報告する。

解析①: InGaN/GaN 多重量子井戸構造内に AlGaIn 障壁層を導入する事により InGaIn 層中の大きな圧縮歪みを補償する効果を検証した。[1] AlGaIn 層の厚みの効果を検証するために AlGaIn 障壁層の厚みを 0nm から 10.6nm の間で変化させて解析を行った。結果として、障壁層に AlGaIn 層を含まない構造では、構造内で転位が多く発生し応力が緩和される事が分かった。一方、障壁層に AlGaIn 層（厚み 5.2nm）を含む構造では、構造内での転位の発生が抑えられる事が分かった。（図 1）これは、AlGaIn 層により導入された引張応力によって InGaIn 井戸層内の圧縮応力が補償されたためと考えられる。図 2 に、AlGaIn 障壁層の厚みと転位密度の関係を示す。AlGaIn 層の厚みが増加するに従って、格子不整合歪みの緩和による転位の発生が抑制される事が分かった。以上の結果より、AlGaIn 層の InGaIn/GaN 多重量子井戸への導入が高品質 InGaIn 井戸層の作成に有効であることが期待できる。

解析②: InGaIn を下地層として使用する事によって直上の多重量子井戸 InGaIn 層中の圧縮歪みを補償する効果を検証した。[2] InGaIn 下地層を導入する事によって GaN 障壁層に引張応力を誘起させ、InGaIn 層の圧縮応力を補償する事ができる。解析結果として、InGaIn 下地層有りの場合、転位発生はあるものの、傾きと消滅によって転位が減少し、多重量子井戸内では低い転位密度が保持される事が分かった。また、同じく解析結果であるインジウム組成等を条件にデバイスシミュレーターである SiLENSe で計算した PL スペクトルと実験結果との比較を行ったところ、実験と良く一致する事が分かった。

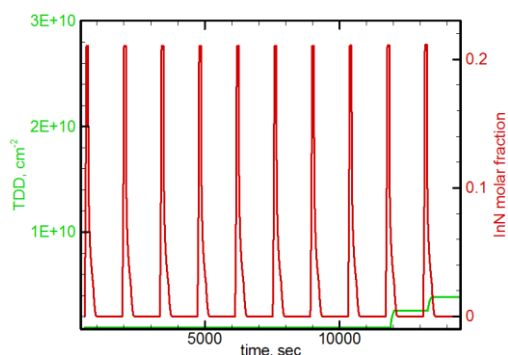


図 1. AlGaIn 層有：転位とインジウム組成分布

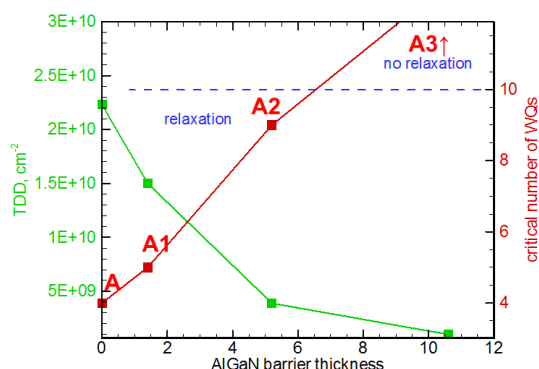


図 2. AlGaIn 層厚みと転位密度の関係