

シリコンと窒化物半導体を接合させ安価に新機能を発現させる 光電子デバイスの研究

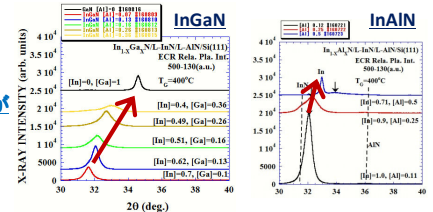
I. 研究の動機:

発光素子は電球と比べて発光効率が10倍程度と高く、また青色発光素子(LED)と蛍光体を組み合わせることにより、低コストの白色発光素子が考案され、高輝度かつ省エネ素子として蛍光灯に置き換わりつつある。しかし、**蛍光体では色純度が劣ることから、高色純度発光デバイス**を作製するには赤・緑発光素子との組み合わせが必要であるが、現在のところ**赤色より長波長発光素子では有毒なヒ素・燐を有するGaAsやInPが使用され、潜在的な問題である。環境に優しい狭いバンドギャップ窒化物半導体InNを用い、GaNやAlNとオール窒化物で混晶化することにより、紫外～可視～赤外域まで環境に優しい広い発光帯域の発光素子の開発が可能となる。**また、これを安価なSiと積層・融合させることにより、**次世代でかつ新機能を有する光電子集積回路の実現も期待される。**

II. 研究の取り組みと問題点:

我々は**ECRプラズマMBE法**という**薄膜成長法**を用い、Si基板上にバンドギャップが0.67～6.2eV(赤外～紫外域)の**InAlN, InGaN混晶薄膜**を作製に成功

波長可変域が広い!



波長可変域が狭い!

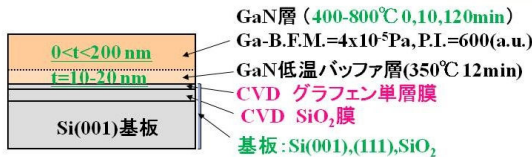
しかし、**混晶の結晶性**が良くない! 特にInAlNはInGaNより悪い!

- 理由: ①**大きな格子不整合性**が存在 20%以上(InNとSiの間)
②**InNは再蒸発しやすく、低温成長が必要でプラズマによるイオンダメージ**にも弱い **530℃以下が必要**

Si基板上InGaNとInAlNのX線回折結果

III. 問題点解決の為の新たな手法:

- ①格子不整合を緩和するために、**グラフェンバッファ層**を導入

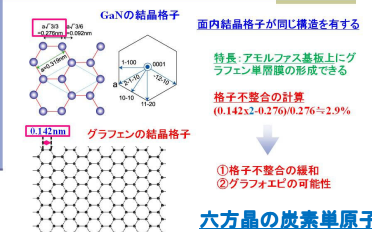


グラフェンバッファ層を用いた場合の膜構成

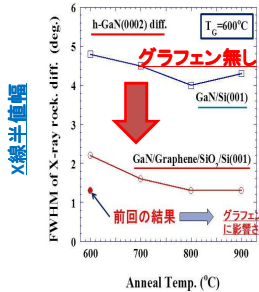
グラフェン単層の特徴

- ①GaNと同じ六方晶構造
②層状物質で層間は弱い結合でSiとGaNが結合しやすいためバッファ層に最適

グラフェンバッファ膜の可能性



六方晶の炭素単原子層



結晶性が大幅に向上!

グラフェン有り

グラフェンバッファ層を挿入した場合と無い場合のX線回折結果の比較

- ②窒素プラズマ内の窒素イオンダメージがInNの結晶性の悪化を防ぐために**バイアス電界を加える事ができる装置改造(下図)**

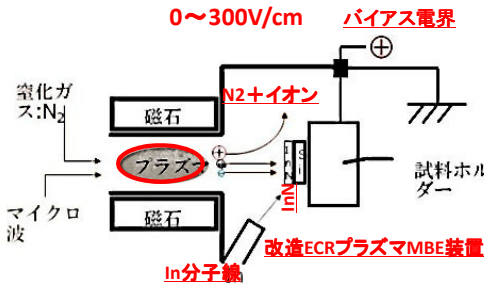
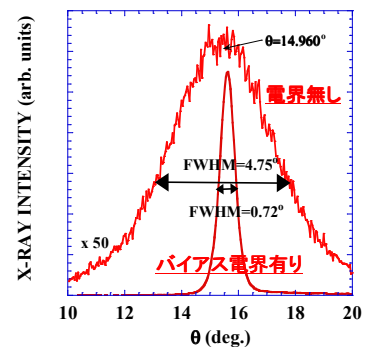


図 バイアス電圧を加えている状態



バイアス電圧有る無しのX線回折結果

IV. 結論:

- バイアス電界**を加えることで、①膜が剥がれなくなり、②X線半値幅がシャープとなり、膜自体の**結晶性が大幅に向上**



バイアス電界を加えることで膜の剥がれを防げる

電界無し バイアス電圧有る無しの表面写真 バイアス電界有り