

アニール処理した GaInN 量子井戸の XAFS 解析

ソニー(株) 工藤 喜弘

Yoshihiro.Kudo@jp.sony.com

GaN系窒化物半導体を用いた青紫半導体レーザや青色及び緑色LEDは、高密度光記録システムや屋外ディスプレイのキーデバイスとして開発され、さらなる高出力・高効率化が期待されている。それには、これらの光デバイスの発光層として用いられているGaInN量子井戸の物性評価とその制御が必要不可欠である。ここでは、GaInN量子井戸の物性評価法としてXAFS法を取り上げ、その有効性を調べた。

試料には、サファイア基板上にMOCVD法で成長したGaInN/GaN多重量子井戸(井戸数:4)と、同一ウェハ一部を、窒素ガス雰囲気中、1000℃でアニール処理したものを用いた。BL16B2にて、Ge単素子半導体検出器を用いた蛍光法にて、In K吸収端(27.9 keV)のXAFSスペクトルを測定した。標準試料として、Inメタルシートを転換電子収量法で別途測定した。

右図に示したXANESスペクトルから、アニールすることで吸収端がわずかに低エネルギー側にシフトすることが分かった。したがって、アニール処理によって、少なくとも、In単体成分が偏析した可能性があり、このInの偏析が光学的特性の低下の一因であると考えられる。

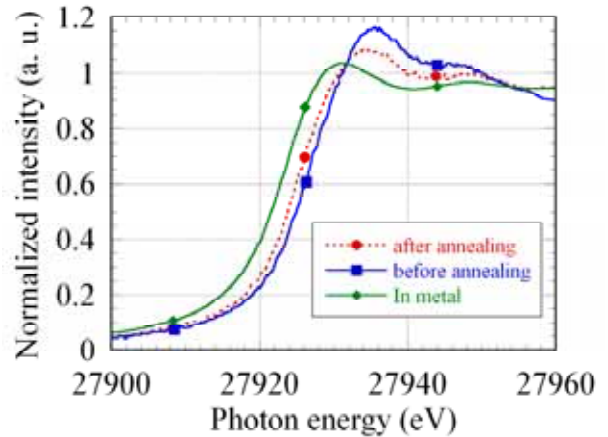


図. In K吸収端のXANESスペクトル

アニール処理したGaInN量子井戸のXAFS解析

第4回SPring-8産業利用報告会
2007. 9. 12

ソニー(株) マテリアル研究所
工藤 喜弘、上村 重明、宮嶋 孝夫

背景・目的

GaN系化合物半導体

InN(バンドギャップ0.7eV), GaN(3.4eV), AlN(6.2eV)の混晶を用いれば、バンドギャップを広範に変化させることが可能

$Ga_{1-x}In_xN$ 活性層

x=0 ~ 0.2で、発光波長360 ~ 500 nm
紫外から青・緑までの発光デバイスへ応用

青・緑色発光
ダイオード
(LED)

フルカラー大型ディスプレイ

青紫色レーザ
ダイオード(LD)

高密度光記録システム

さらなる高機能化、高性能化を図る上で、XAFS実験・解析から、量子井戸構造の活性層のInの電子状態・局所構造を評価できるかを確認するとともに、光学的特性との関連を明らかにする

試料

● 層構造

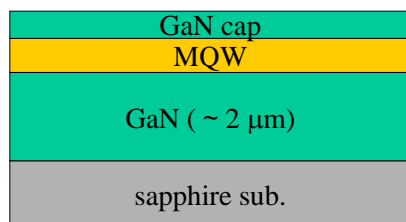
sapphire sub./GaN (2 μ m)/MQW($Ga_{1-x}In_xN$ 井戸 (x=0.2, 3nm, 4層))/GaN cap

● サイズ

2インチ系の1/4の半分

● アニール処理

活性層のInの状態変化の有無を確認するために、窒素雰囲気中1000 10分間のアニールを実施し、アニール前後を比較した。

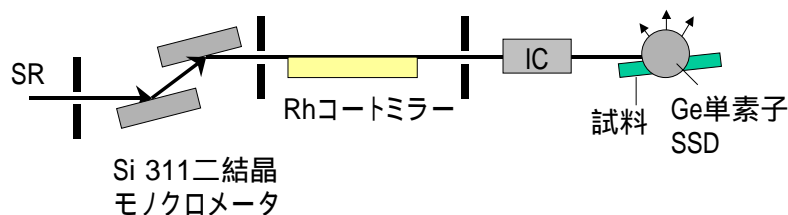


層構造

実験

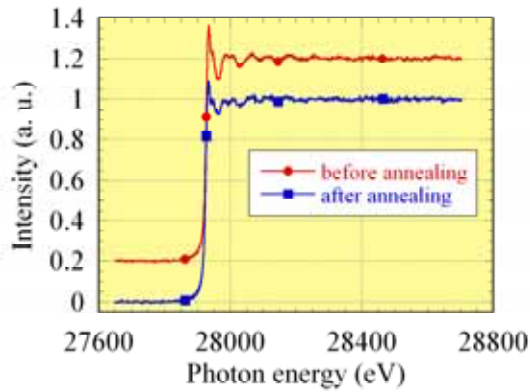
サンビームBL16B2

斜入射配置蛍光XAFS法



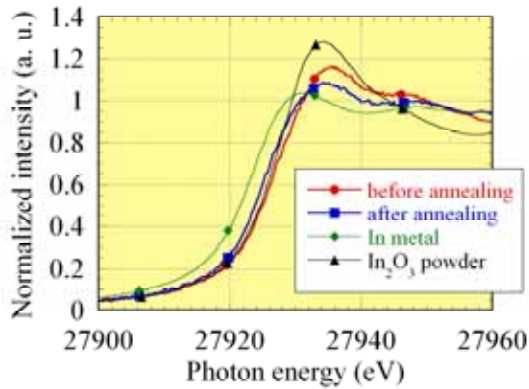
- In K吸収端(27.9 keV)前後でXAFS測定
- 斜入射(1°程度)配置、水平方向SSD(Ge単素子)で、In $K\alpha$ (24.1 keV)蛍光X線強度を計測
- In単体、 In_2O_3 のスペクトルを標準試料として、別途転換電子収量法で測定

XAFSスペクトル



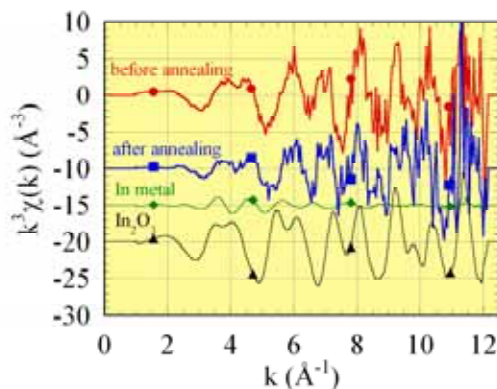
- 規格化スペクトルの段階で、比較的良好にEXAFSが確認された

XANESスペクトル



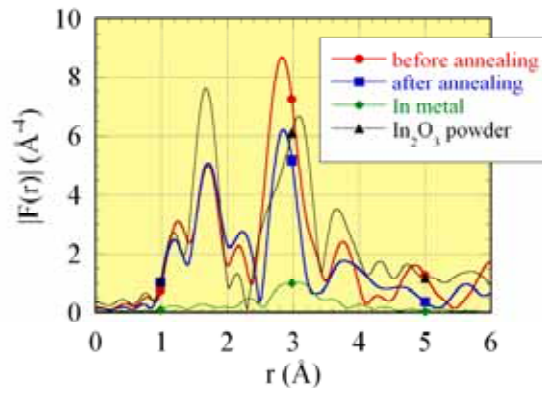
- GaInN活性層中Inの吸収端はアニール前(赤)と後(青)ともに In_2O_3 に近い
活性層中Inの局所構造はInと見られるが、その電子状態は、 In_2O_3 程度のイオン性を有するものと見られる
- アニールによって、わずかに吸収端が低エネルギー側にシフト
In単体成分の微かな偏析またはIn周りの局所構造乱れが生じた可能性

k^3 (k)



- S/N比はよくないもののアニール前後で、EXAFSは明瞭に認められる
活性層中In周りに秩序性の高い局所構造が存在

In周り動径構造関数



- GaInN活性層中Inの第1近接ピーク(1.6 付近)は、アニール前後で位置と強度が変化しなかった。一方、第2近接ピーク(2.8 付近)は、アニール前から後で、位置の変化はないが、強度が有意に低下した。

第1近接In-Nの4配位共有結合を最小単位とする構造は安定だが、最小単位間の構造の乱れ(第2近接)がアニールによって増大したと推測される。

まとめ

- GaInN多重量子井戸(MQW)構造におけるInのXAFS実験・解析は良好になされた。
- アニールによって、MQWにおける4配位In-Nの四面体構造を単位とした局所構造の乱れが認められた。このことがアニールによる光学的特性劣化の一因である可能性がある。

