

放射光X線トポグラフィによる化合物半導体発光素子の結晶欠陥評価

○加藤浩高¹, 原田俊太², 坂貴³, 市田卓¹, 宇治原徹²

¹大同特殊鋼株式会社, ²名古屋大学大学院工学研究科, ³大同大学

■背景 シンクロトロン放射光X線トポグラフィ法は、その放射光の持つ広帯域かつ高エネルギーの光である特徴から、評価物の内部構造が一度に広視野・短時間・非破壊で観察可能であり、様々な材料の評価に使われている。我々は、これまでLED劣化解析を目的として、シンクロトロン放射光X線トポグラフィ法による化合物半導体の結晶欠陥評価を行ってきた。本報告では、この結晶欠陥評価手法について報告する。

■評価方法 評価を行った試料は、有機金属気相成長法(MOCVD法)によってGaAs基板上にLED構造を成長させたエピタキシャル基板及び、それを用いて素子化したLEDチップである。

九州シンクロトロン光研究センターのBL09Aにおいて、放射光を用いたX線トポグラフィ法により観察した。観察する回折条件は、X線回折パターンから得ている。

■結果 以下に評価結果の一例を示す。図1に試料の構造、図2に試料のX線回折パターンを示す。試料の各層に対応する回折ピークが現れている。図3に白色放射光、図4～6に図2の代表ピークに相当する単色放射光のX線トポグラフィを示す（像上の「4」は基準位置マーク）。これらの像には結晶欠陥に伴うコントラストが見られるが、下層の像に現れ上層の像で見られないコントラストが確認出来た。これは、上層に伝搬しない下層の結晶欠陥の存在を示している。このように、放射光X線トポグラフィ法が多層構造の化合物半導体の結晶欠陥評価手法として有効であることが確認できた。他の評価結果については当日報告する。

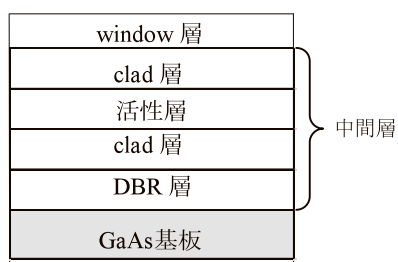


図 1. 試料の構造

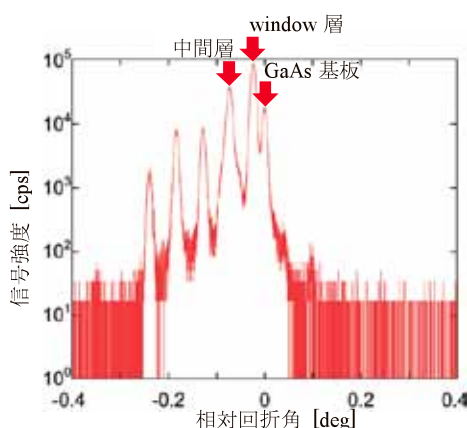


図 2. X線回折パターン

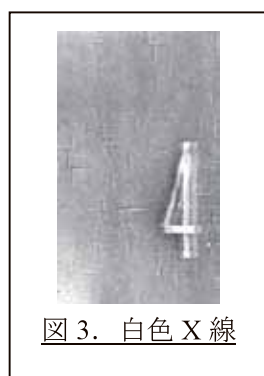


図 3. 白色 X 線



図 4. 中間層



図 5. window 層

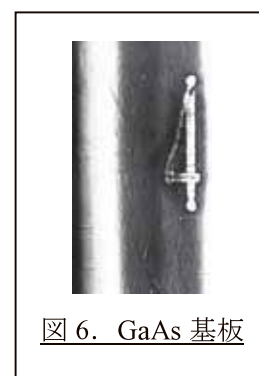


図 6. GaAs 基板

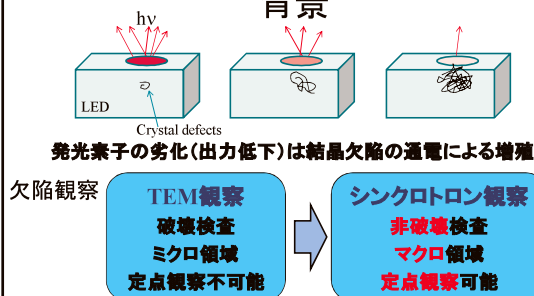
放射光X線トポグラフィによる化合物 半導体発光素子の結晶欠陥評価

○加藤浩高¹、原田俊太²、坂倉³、市田卓¹、宇治原徹²
¹大同特殊鋼株式会社、²名古屋大学大学院工学研究科、³大同大学

報告内容

- 背景と目的
- ウェハレベルの評価
- デバイスレベルの評価
- 解析結果のまとめ

背景



目的

- X線トポグラフィを用いて半導体発光素子の
- ①結晶欠陥のマクロ的な位置の特定を行う
 - ②結晶欠陥の通電挙動を観察する

ウェハレベルの評価

サンプルの構造

- GaAs基板上にLED構造を
エピタキシャル成長(MOCVD法)

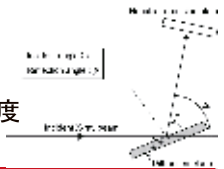


DAIDO STEEL

評価方法

- 九州シンクロtron光研究センター
BL09Aを使用

観察条件
 (115)面回折光
 入射X線波長: 1.5 Å
 X線入射角 γ : 26.5~27.5度

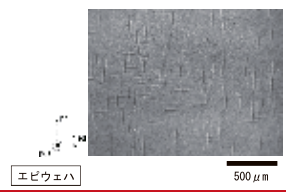


★ DAIDO STEEL 7

DAIDO STEEL

ウェハの結晶欠陥の評価

- 白色X線トポグラフィによって面内に結晶欠陥の存在を確認



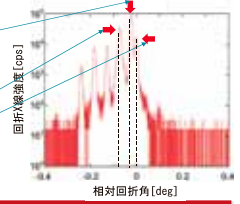
エピウェハ 500 μm

★ DAIDO STEEL 8

DAIDO STEEL

エピタキシャル各層の結晶欠陥評価

- X線回折スペクトル(XRD)から、各層のトポグラフィ評価条件を決定



評価サンプル構造図

window層
 o1ad層
 活性層
 o1ad層
 DBR層 (ブラッグ反射鏡)
 GaAs基板

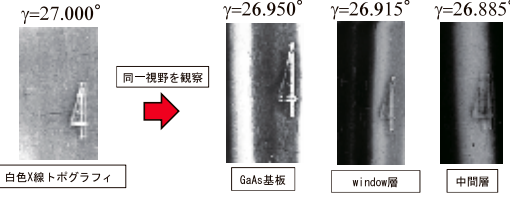
中間層

回折強度 [cps]
 相対回折角 [deg]

★ DAIDO STEEL 9

DAIDO STEEL

各層別の単色X線トポグラフィ観察結果



$\gamma=27.000^\circ$
 白色X線トポグラフィ

同一視野を観察

$\gamma=26.950^\circ$
 GaAs基板

$\gamma=26.915^\circ$
 window層

$\gamma=26.885^\circ$
 中間層

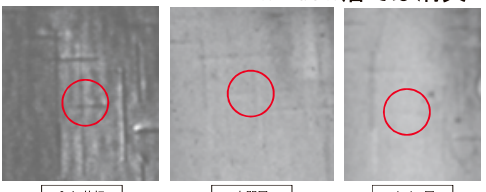
注) 写真中、↑は位置マークを示す

★ DAIDO STEEL 10

DAIDO STEEL

欠陥のミクロ観察

- 基板と中間層で観察された結晶欠陥がwindow層では消失



GaAs基板 中間層 window層

★ DAIDO STEEL 11

DAIDO STEEL

ウェハレベルの評価まとめ

- 白色X線トポグラフィ
基板並びにエピウェハの結晶欠陥の位置特定(X,Y)
- 単色X線トポグラフィ
エピウェハ中の結晶欠陥の位置特定(Z)が可能

★ DAIDO STEEL 12

DAIDO STEEL

デバイスレベルの評価

LEDランプ(通電評価サンプル)外觀 デバイス外觀

★ DAIDO STEEL 13

DAIDO STEEL

ウェハ→デバイスのチップ評価フロー

トポによる定点観察

エピウェハ プロセス加工 デバイス

★ DAIDO STEEL 14

DAIDO STEEL

光出力劣化と暗部増加のイメージ

相対光出力(%)

通電時間

デバイスの発光近視野像

★ DAIDO STEEL 15

DAIDO STEEL

トポグラフィと発光パターンの変化

- 通電により、暗部とともに結晶欠陥が増殖

	サンプル①		サンプル②	
	トポグラフィ	発光パターン	トポグラフィ	発光パターン
通電前				
通電後 (572時間実施)				

★ DAIDO STEEL 16

DAIDO STEEL

チップレベルの評価まとめ

- 基板とデバイスの定点観察
- 発光暗部と結晶欠陥の位置相関評価
- 通電試験での結晶欠陥の経時評価が可能

★ DAIDO STEEL 17

DAIDO STEEL

シンクロトロン放射光X線トポグラフィの結晶欠陥評価手法の可能性

- 白色X線トポにより結晶欠陥の位置特定(X、Y)が可能
- エピ層中の層の特定(z)の可能性
- エピ原料からデバイスへの定点観察ができた
- デバイスの発光暗部と欠陥との対応がとれた

★ DAIDO STEEL 18

総括

- ・ シンクロトン放射光X線トポグラフィ法が、
多層構造を持つ化合物半導体発光素子の
結晶欠陥評価手法として、
有効であることが確認できた。

【謝辞】 九州シンクロトン光研究センターの石地耕太郎氏、川戸清爾氏には、測定に際して、ご指導、ご協力をいただきました。ここにあらためて深甚な謝意を表します。