

(様式第 5 号)

## 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 X-ray topography study of defects in compound semiconductor light emitting devices 加藤浩高<sup>1</sup>、原田俊太<sup>2</sup>、國松亮太<sup>2</sup>、坂貴<sup>3</sup>、市田卓<sup>1</sup>、宇治原徹<sup>2</sup> H.Kato, S.Harada, R.Kunimatsu, T.Saka, T.Ichida, T.Ujihara

<sup>1</sup>大同特殊鋼株式会社、<sup>2</sup>名古屋大学大学院工学研究科、<sup>3</sup>大同大学  
Daido Steel Co., Ltd., Nagoya University Graduate School of Engineering, Daido University

- ※ 1 先端創生利用(長期タイプ、長期トライアルユース)課題は、実施課題名の末尾に期を表す(I)、(II)、(III)を追記して下さい。
- ※ 2 利用情報の開示が必要な課題は、本利用報告書とは別に利用年度終了後二年以内に研究成果公開(論文(査読付)の発表又は研究センターの研究成果公報で公表)が必要です。(トライアルユースを除く)

### 1. 概要 (注：結論を含めて下さい)

転位の通電による挙動を非破壊で調べるために、予め転位線の存在が確認できている LED 用エピタキシャルウェハを LED に加工し、X 線トポグラフィにより観察した。LED の発光部に転位が存在していることが確認できた。

#### (English)

We observed dislocations in the epitaxial wafers which were processed into LEDs by X-ray topography in order to investigate behavior of dislocations by driving current. A lot of dislocations are observed in the emitting apertures on the wafers.

### 2. 背景と目的

発光ダイオード(LED)は、有機金属気相成長(MOCVD)によって基板上にエピタキシャル成長される製法が液相(LPE)法からとって代わり主流になった。MOCVD による結晶成長は、薄膜の制御性が良く、ナノ構造を作りこむことに長けているが、一方で原料基板の転位を引継ぎ、かつ結晶成長中に導入される欠陥をエピタキシャル層に含むため、成長層への結晶欠陥導入を完全に回避することは困難である。

GaAs 系 LED では、活性層中の転位などの結晶欠陥が非発光再結合サイトとなり、欠陥部分が通電中に暗くなる、いわゆる暗部となることが知られている。我々は、基板の欠陥の存在する位置に対応し、その上に成長した LED に暗部が出現することを実験的に確認している<sup>4)</sup>。これらの結晶欠陥は LED の動作中に増殖し暗部が広がることによって LED の光出力低下(degradation)をもたらし、LED の素子寿命を決める要素となっている。

我々は、InGaAs/AlGaAs 歪量子井戸構造を持つ LED の挙動を調査し、GaAs を活性層とする LED に比べ、degradation が小さいことを発見した<sup>5)</sup>。その原因として、転位の増殖が抑制される、あるいは欠陥部位への電流注入が抑制されるなどの仮説を立てて説明してきた。しかし、この歪量子井戸構造における欠陥の増殖過程や光出力への影響について詳細は未だ明らかになっていない。

そこで我々はその増殖過程を明らかにするために、X線トポグラフィを用いて非破壊で調査する方法を検討している。

2011年度には暗部の発生したLEDをX線トポグラフィにより観察し、暗部の位置に転位の存在を確認、同方法で非破壊的に転位の観察ができることを確認した。本年度はLEDの暗部の通電変化をトポグラフィで経時的に観察し、それらと光出力との関係を対比することにより、結晶欠陥の増殖過程と degradation との関係を明らかにする。

### 3. 実験内容 (試料、実験方法、解析方法の説明)

X線トポグラフィで多数の転位の存在を確認したエピタキシャルウェハをLEDに加工した。試料を再びX線トポグラフィで観察し、発光部に転位の存在するLEDチップを特定した。

九州シンクロトロン光研究センターのBL09Aを利用し、シンクロトロン放射光を用いたX線トポグラフィを観察。観察条件は(115)面回折、入射X線波長：1.5Å、X線入射角 $\theta$ ：26~27度。CCDカメラによりトポグラフィを確認した後に原子核乾板で撮影した。

### 4. 実験結果と考察

図1は試料金属顕微鏡像、図2,3は白色X線を用いて撮影した同試料のX線トポグラフィを示す(図3はLED発光部の拡大図である)、LEDは $\phi 150\mu\text{m}$ の発光部を有している。発光部に多数の転位が含まれたチップが確認できた

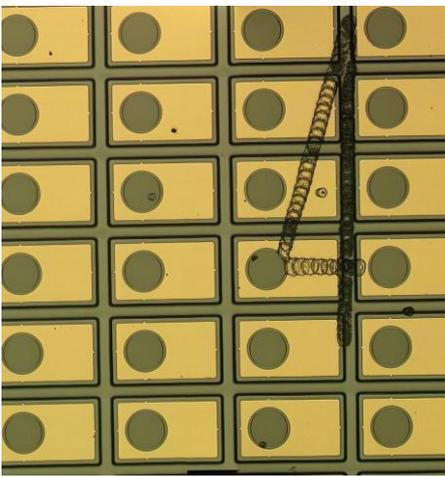


図 1. 試料の金属顕微鏡像(参考)

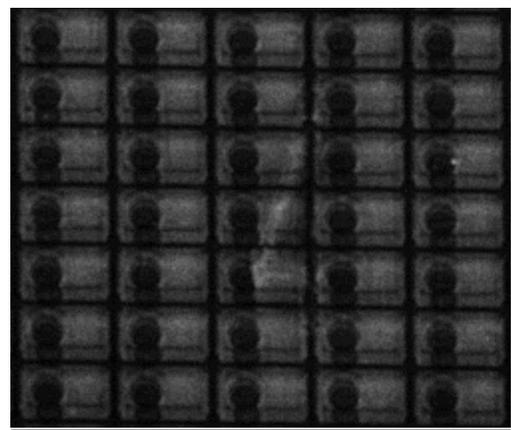


図 2. 試料の白色 X 線トポグラフィ  
\* 黒丸部が発光部

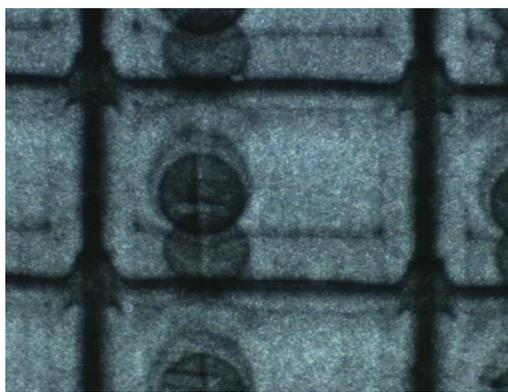


図 3. 試料の白色 X 線トポグラフィ  
\* 黒丸部の発光部の拡大  
\* 十字状の転位線が写っている

## 5. 今後の課題

転位を含む LED の通電試験を行い、LED 発光部の転位の通電変化を観察する。

転位の定点観察で転位と暗部の関係を対比し、LED の発光特性に影響する転位の増殖過程を調査する。特に、非発光再結合サイトとなる転位の生成・増殖のメカニズムを解明する。

## 6. 参考文献

- 1) GaAs/GaAlAs surface emitting IR LED with Bragg reflector grown by MOCVD: T.Kato et al., J. Cryst. Growth, 107(1991)345.
- 2) Bragg reflector of GaAlAs/AlAs layers with wide band width applicable to light emitting diodes: T.Saka et al., J. Appl. Phys., 73(1993) 380.
- 3) TEM studies of AlGaAs/AlAs multilayers: K.Kuroda et.al., ICEM 13-Paris,(1994)145.
- 4) Evidence of correlation between dark spots and dislocations from substrate in light emitting diodes: K.Hobo et al., Jpn. J. Appl. Phys., 44(2005) 1004.
- 5) Development of highly reliable point source infrared light emitting diodes and analysis using a new parameter of dark area ratio: T.Kato et al., Jpn J. Appl. Phys., 48(2009) 102102.
- 6) X-ray topography study of defects in compound semiconductor light emitting devices: H.Kato et al., Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials Tohoku University and Kyushu Synchrotron Light Reserch Center joint symposium, (2012)

## 7. 論文発表・特許（注：本課題に関連するこれまでの代表的な成果）

現在のところ該当なし。

## 8. キーワード（注：試料及び実験方法を特定する用語を2～3）

- ・ X線トポグラフィ
- ・ エピタキシャル層
- ・ 結晶欠陥

9. 研究成果公開について（注：※2に記載した研究成果の公開について①と②のうち該当しない方を消して下さい。また、論文（査読付）発表と研究センターへの報告、または研究成果公報への原稿提出時期を記入して下さい（2012年度実施課題は2014年度末が期限となります。）

研究成果公報の原稿提出

（提出時期： 2015年 3月）