

放射光を用いた反射 X 線トポグラフィによる GaN 基板の評価

名古屋大学 兼近将一

(株)豊田中央研究所 山口聡、岸田佳大、伊勢川和久、北住幸介、木本康司

はじめに: 縦型 GaN パワーデバイスの実用化には、高品質な GaN 基板が必要である。市販の GaN 基板の転位密度は $10^5 \sim 10^6 / \text{cm}^2$ であり、刃状、らせん、混合転位が多数含まれている。これまでの研究より、転位種ごとにデバイス特性への影響は異なる[1]ことが知られており、非破壊かつ高速で転位種を分類する方法が求められている。その方法として、反射 X 線トポグラフィが有望である。本研究では、放射光による単色 X 線および高解像度デジタル X 線カメラを活用し、反射 X 線トポグラフィにより得られた転位のスポットサイズのみに着目して、転位種の同定を検討した。

実験: アモノサマル法によって成長された GaN 結晶を用いた。SPring-8 の放射光(BL16B2)を用い、回折条件としては 0008 反射を用いた(Fig.1)。今回、狙った場所を高い解像度で観察するため、X 線カメラ(XSight MicronTM LC)を用いた。トポグラフィ像における転位スポットサイズは転位周辺の歪場を反映しているため、バーガスベクトルの大きさを反映している。今回、スポットサイズと転位種の相関を調べるため、エッチピット形成および LACBED を行った。

結果: Fig.2 にトポグラフィ像とエッチピットの顕微鏡写真を示す。トポグラフィ像のスポットとエッチピットの位置は対応している。今回、トポグラフィ像において大サイズの L3 と中サイズの M3 に着目した。断面 TEM および LACBED で観察したところ、L3 は混合転位($2a + 2c$)、M3 は混合転位($1a + 1c$)であった。トポグラフィ像におけるスポットサイズによりバーガスベクトルの異なる転位種の分類を示すことができた。

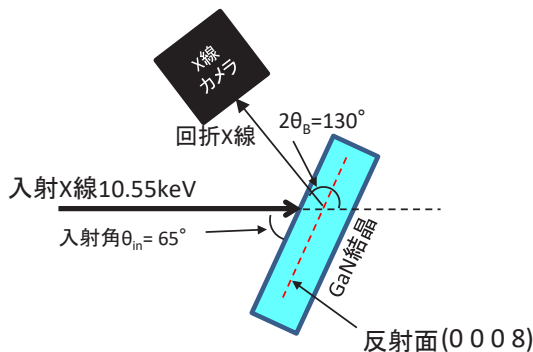


Fig.1 反射 X 線トポグラフィの測定系の概略図

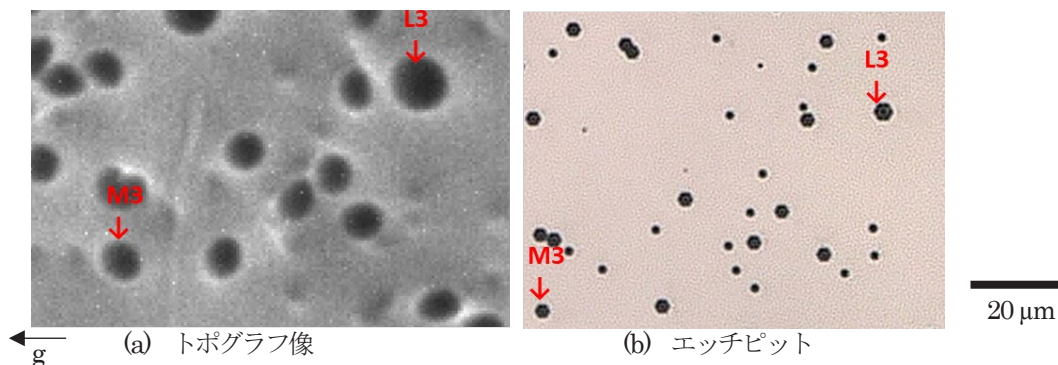


Fig.2 トポグラフィ像とエッチピット

参考文献 [1] T. Narita et al., scientific reports (2022) 12:1458.

2022A5370, 2022B5370, 2023A5370, 2023B5370
BL16B2

放射光を用いた反射X線トポグラフィによるGaN基板の評価

Evaluation of a GaN substrate by reflective X-ray topography using synchrotron radiation

名古屋大学 兼近将一

(株)豊田中央研究所 山口聡 岸田佳大 伊勢川和久 北住幸介 木本康司

Masakazu Kanechika, Nagoya University

Satoshi Yamaguchi, Yoshihiro Kishida, Kazuhisa Isegawa, Kousuke Kitazumi, Yasuji Kimoto,
Toyota Central R&D Labs., Inc.

背景・課題

【背景】カーボンニュートラル社会の実現に向けて、窒化ガリウム(GaN)パワー素子が期待

- ①絶縁破壊電界が高い (3.3MV/cm Siの10倍)
- ②電子移動度が高い ($\geq 1400\text{cm}^2/\text{Vs}$ Siと同程度)

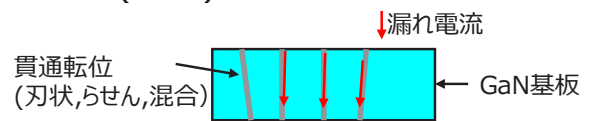


図1. GaN基板中の貫通転位

【課題】市販GaN基板中は転位密度が高い

($10^5 \sim 10^6 / \text{cm}^2$, 1個/ $10 \sim 33 \mu\text{m}^2$ に相当)

転位種ごとに漏れ電流量が異なる

⇒ 高速・非破壊で転位種を検出する手法が必要 (反射X線トポグラフィが有望)

実験

- ・評価結晶 (図2)
SixPoint社製(米国)のGaN結晶
アモノサーマル法
- ・測定 (図3)
SPring-8 BL16B2 背面反射配置
X線カメラ (XSight Micron™ LC)
で観察
- ・エッチピット形成後、TEM/LACBED実施。

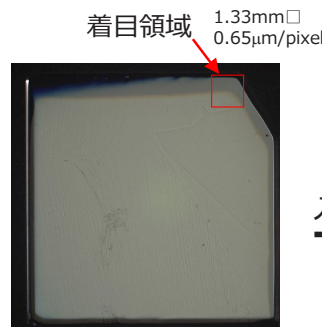


図2. GaN結晶
10mm x 10mm

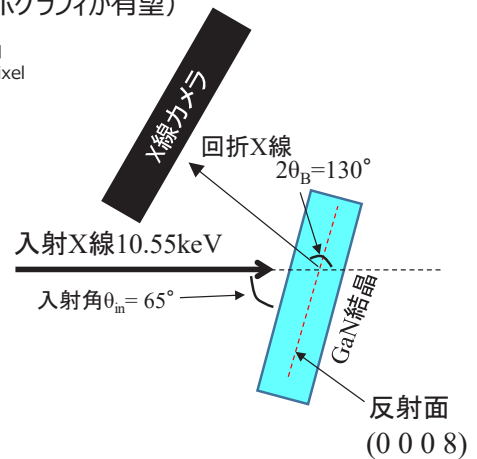


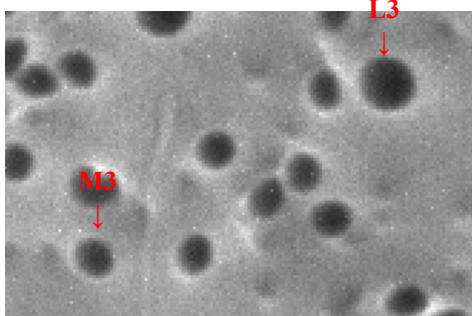
図3. X線トポグラフィの測定系
BL16B2

結果

- ・図4にトポグラフィ像、図5にエッチピットを示す。トポグラフィ像におけるスポットとエッチピットの位置は対応。
- ・トポグラフィ像において大サイズ(L3)と中サイズ(M3)に対し、断面TEM/LACBEDを実施。
L3は混合転位($2a+2c$)、M3は混合転位($1a+1c$)であった。他の結果も含め、表1にまとめる。
- ・トポグラフィ像におけるスポットサイズにより、バーガスベクトルの異なる転位種を非破壊で分類可能である。
今後は、純らせん転位などの分離方法を検討する。

表1. トポグラフィ像上のスポットサイズとバーガスベクトルの関係

名前	スポットサイズ (mm)	転位種	b
S1	0	刃状	
M3	7.7	混合	$1a+1c$
L2	11.3	混合	$1a+2c$
L3	11.0	混合	$2a+2c$



←g 図4. トポグラフィ像

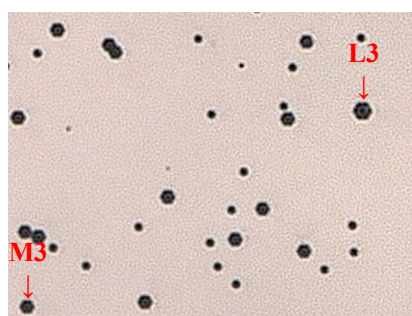


図5. エッチピット $20\mu\text{m}$