

28a-A08

差し替え版

小発散角入射 X 線平行ビームによる GaN 基板表面 0001 対称禁制反射

6 回対称 Phi スキャンパターン

Sixfold symmetrical Phi scanning pattern of 0001 forbidden reflections from GaN{0001} wafer surface using small divergent incident parallel X-ray beam

大鉢忠^{1*}, 佐藤祐喜², 竹本菊郎¹, 羽木良明³, 和田元², 吉門進三²

¹界面反応成長研究所, ²同志社大学理工学部, ³住電半導体材料(株),

Tadashi Ohachi¹, Yuuki Sato², Kikuro Takemoto¹, Yoshiaki Hagi³, Motoi Wada², Sinzo Yoshikado²

¹IRE Laboratory, ²Faculty of Science and Engineering Doshisha Univ. ³Sumiden Semiconductor Materials Co., Ltd.

*E-mail: tohachi@irel.jp

Sixfold symmetrical Phi scanning small divergent incident parallel X-ray beam forbidden reflections is presented for characterization of GaN{0001} wafer surface. High quality free standing GaN {0001} wafers, which are prepared by different HVPE methods, showed different 0001 forbidden reflection intensity.

はじめに GaN エピタキシャル成長用高品質基板として使用される GaN 結晶基板の新たな評価方法を紹介する。温故知新, X 線回折で古くから知られていた結晶内部の多重回折現象による禁制反射強度を結晶面垂直方向を軸に回転させる禁制反射 ϕ スキャン法 (Renninger Scan) により^[1~4] 6 回回反回転対称スキャンパターンを得た。

実験法 PANALytical MRD 装置は Cu 管球, Xe 比例計数管, X 線反射率用 0.27° スリット付き Collimator (グラフアイトモノクロメータ付), 入射 X 線の小発散角可変絞り付き X 線レンズ (発散角 0.3°) を使用。図 1 で対称 0002 回折反射の ϕ スキャンデータ最大強度位置で χ 軸立て後, 禁制反射 0001 の Renninger Scan (m 面に垂直な [1-100] 方向を $\phi = 0$ に設定) を測定し, そのピークの強度を比較する。評価に使用したフリースタANDING GaN 基板は, HVPE 製法による 4 種類の異なる条件で作製されている。

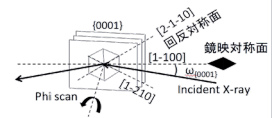


図 1 ϕ スキャン法

実験結果 図 2 は基板平面での 3 回対称の中の A 領域の GaN 0001 禁制反射の平方根表示 120° Renninger Scan を示したものである。 $\phi = 0^\circ$ ([1-100] 方向) を中心に $\pm 60^\circ$ は鏡映対称 (A₋ と A₊) を示し, $\phi = 30^\circ$ (a₁ 軸方向 [10-10] 方向) を中心に $\pm 30^\circ$ は回反回折対称 (A_{+L} と A_{+R}) を示し, $30^\circ \sim 60^\circ$ の A_{+R} 基本領域は mp1 (6 ピーク) と mp2 (8 ピーク) の多重ピーク領域が存在する。1 から 14 までの各ピークの一部は表 1 に示す多重回折を起こす面の組み合わせを示す指数づけが可能である。mp2 の回反ピーク領域 mp2' においては 11 のピークが消滅している。バックグラウンドは現実の結晶の原子の電子雲が球対称でないこと等による通常の反射強度の 3~4 桁ほど小さい本来の 0001 禁制反射強度を示す。8 番のピークは (10-10) と (-1101) の強度の強い 2 つの反射面による多重回折で, 強度は一番強く, この値とバックグラウンドの値との比を, 結晶品質の評価に用い, 4 試料で 2553, 2156, 932, 604 が得られた。

まとめ 結晶内部の複数格子面での Bragg 回折による多重回折により禁制ブラッグ反射の位置に観察される強度は遠回り反射^[3]と呼ばれる。利用した 0001 反射は 0002 反射の半分の入射角であることから, より結晶表面近くの結晶内部の品質評価に対応しており, デバイス用 GaN 単結晶基板の評価法として非常に有効で価値ある手段となる。

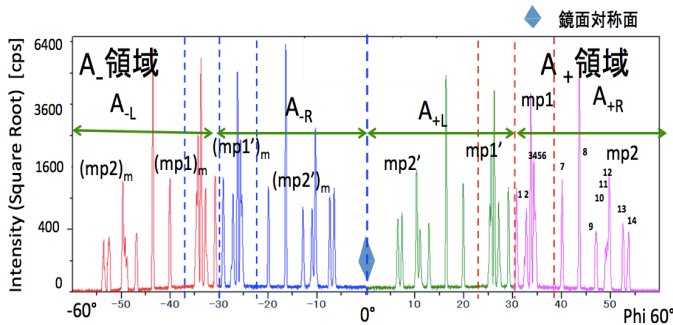


図 2 GaN 0001 禁制反射の ϕ スキャンデータ (120° スキャン範囲; 縦軸 cps は平方根表示 mp1 と mp2 領域の回反領域は ' を用い鏡映対称領域は ()_m の記号を用いる。

Peak No.	Indexed Peaks by Blasig & Krost	Phi [degree]	Relative Intensity [%]	refraction type
1	P1	0.87	15.0	(3-1-10)/(-3211)
2		2.47	11.5	
3	P2	2.87	2.6	(3-1-2-2)/(-3123)
4	P3	3.81	60.8	(1-10-1)/(-1101)
5		4.45	34.4	
6		4.73	13.3	
7	P5	10.15	24.1	(02-21)/(0-220)
8	P6	13.65	100.0	(1-100)/(-1101)
9		17.13	11.9	
10	P7	18.99	12.1	(12-33)/(-1-23-2)
11		19.3	15.5	
12	P8	19.67	46.0	(01-13)/(0-11-2)
13	P9	22.67	15.5	(3-1-20)/(-3121)
14	P10	23.55	19.3	(02-23)/(0-2-2)

表 1 mp1 と mp2 の基本領域での 2 つの面による多重回折現象を示す面の組み合わせを示す。^[2]

謝辞: スペクトリス(株) 草野修治氏のご助言を得たことを謝す。

[1] 稲葉克彦, リガクジャーナル, 44(2) 7-15 (2013) [2] J.B Blasig and A. Krost, phys. stat. sol., (a)201(4), R17-R20 (2004)

[3] 三宅静雄, 『X線の回折』(朝倉書店) 316-320 (1969) [4] 松本崧生, 鉱物学雑誌 16 (1) 99~108 (1983)