

ラマン分光法による GaN 単結晶における貫通転位の歪み場解析

Strain Field Analysis of Threading Dislocations in GaN Single Crystal Using Raman Spectroscopy

名大¹, 産総研 GaN-OIL², [○]小久保 信彦^{1,2}, 角岡 洋介^{1,2}, 藤榮文博¹, 大原淳士¹, 恩田正一¹, 山田永², 清水 三聡², 原田俊太¹, 田川美穂¹, 宇治原徹^{1,2}

Nagoya Univ.¹, AIST GaN-OIL², [○]Nobuhiko Kokubo^{1,2}, Yosuke Tsunooka^{1,2}, Fumihiro Fujie¹, Junji Ohara¹, Shoichi Onda¹, Hisashi Yamada², Mitsuaki Shimizu², Shunta Harada¹, Miho Tagawa¹, Toru Ujihara^{1,2}

E-mail: kokubo@unno.material.nagoya-u.ac.jp

【緒言】GaN 単結晶中の転位はリーク電流や高抵抗の要因となるため、転位の評価が重要である。転位の評価には X 線トポグラフィ^[1]、エッチング^[2]等が用いられる。本研究では、それらに加えてラマン分光法を活用した歪み場解析による転位評価の可能性に注目した。ラマンスペクトルにおけるピークはひずみによりシフトする^[3,4]ため、ピークシフトをマッピングし、転位のひずみ場を観察できれば、転位のバーガースベクトルを同定できると考えられる。本研究では、ピークシフトのマッピングと X 線トポグラフィ、エッチング、シミュレーションを比較することにより、貫通転位の刃状成分の分類を行った。

【実験方法】ハイドライド気相成長法により作製された GaN 自立基板を、X 線トポグラフィ、エッチングおよび顕微ラマン分光法により評価した。顕微ラマン分光法では、集光点を 0.3 μm ステップで移動させてマッピング測定を行い、各点のラマンスペクトルを得た。E₂^Hモードのピークをフォークト関数によりフィッティングし、ピークシフトの値を求め、マッピングを行った。

【結果・考察】図 1(a)(b)に、X 線トポグラフィおよびエッチングの結果を示す。X 線トポグラフィ像においてらせん成分を含む転位は、刃状転位に比べて大きな点状コントラストとして現れる^[5]。エッチピットと対応させると、らせん成分を含む転位は黒のピット、刃状転位は白のピットに対応していることがわかった。図 1(c)に、同一箇所のラマン分光法により得られた E₂^Hピークシフトのマッピング像を示す。高波数側および低波数側へシフトした領域が対となったコントラストが観察された。これらは X 線トポグラフィやエッチングにより観察された転位の位置と対応していることから、ピークシフトのマッピングにより、貫通転位のひずみ場が観察されたと考えられる。また、E₂^Hピークのシフトにせん断ひずみの与える影響は小さい^[4]ことから、貫通転位の刃状成分のみがピークシフトに寄与すると考えられる。そこで、1/3 <11 $\bar{2}$ 0>のバーガースベクトルをもつ貫通刃状転位をモデルとし、ピークシフトの分布をシミュレーションした。図 2(a) にシミュレーション結果を示す。転位を中心とし、バーガースベクトルと垂直な方向に、高波数と低波数領域が対となって表れている。したがって、図 2(b)のマッピング像で観察されたコントラストの高波数と低波数領域の位置関係から、貫通転位の刃状成分の方向を同定できることが示された。

以上の結果に加え、本研究では、マッピング像において観察されたコントラストと、TEM 観察の結果が一致したことを確認している。また、機械学習を用いて、刃状転位と混合転位を高確率で分類することに成功している。

【謝辞】本研究の一部は NEDO「低炭素社会を実現する次世代パワーエレクトロニクスプロジェクト」の委託を受けて行われた。

【参考文献】[1] S. Sintonen *et al.*, J. Appl. Phys., 116, 083504 (2014). [2] Y. Yao *et al.*, J. Cryst. Growth, 468, 484 (2017). [3] V. Yu. Davydov *et al.*, J. Appl. Phys. 82, 5097 (1997). [4] J. M. Wagner *et al.*, Phys. Rev. B, 66, 115202 (2002). [5] I. Kamata *et al.*, J. Cryst. Growth, 311, 1416 (2009).

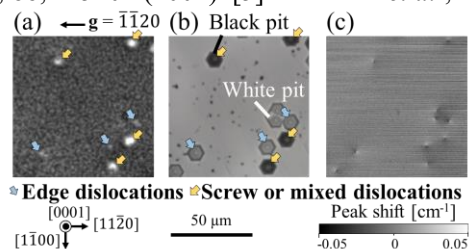


Fig. 1. (a)X-ray topography, (b)etch pits and (c)Raman mapping images of E₂^H peak shift.

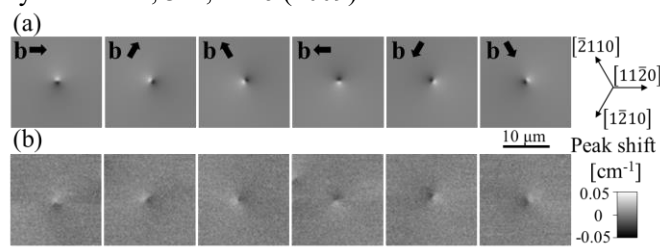


Fig. 2 (a)Simulated Raman mapping images of E₂^H peak shift assuming six kinds of threading edge dislocations. (b)Experimental Raman mapping images of E₂^H peak shift.