

曲げ応力を印加した β -Ga₂O₃(001)バルク基板の顕微ラマン評価

Micro-Raman spectroscopy of bending stresses in β -Ga₂O₃(001) bulk wafer

京都工芸繊維大学¹, (株)日立ハイテク², [○](M1)前田一誠¹, (M1)伊佐治楓¹, 蓮池紀幸¹,
一色俊之¹, 小林健二²

Kyoto Institute of Technology¹, Hitachi High-Tech.², [○]Issei Maeda¹, Sou Isaji¹, Noriyuki Hasuike¹,
Toshiyuki Isshiki¹, Kenji Kobayashi²
E-mail: m2621041@edu.kit.ac.jp

β -Ga₂O₃はワイドバンドギャップ (4.8~4.9eV) [1]や高耐圧電界 (~8MV/cm) [2]などの優れた特性を持ち次世代パワーデバイス用半導体材料として大いに期待されている。結晶成長技術の向上により近年では良質な大型単結晶の作製も可能になっているが、バルク結晶に見られる貫通転位などの結晶欠陥はデバイス性能に強く影響を与えるため、それらを抑制あるいは制御する結晶成長技術とそれらを評価する結晶性評価技術の確立が望まれる。ラマン散乱分光法は非破壊・非接触で不純物置換サイトや格子秩序、結晶歪み (応力) などの評価することが可能である。GaNではラマンマッピング法を使った転位近傍の応力分布を可視化する手法が報告されている[3]。本研究は β -Ga₂O₃ バルク結晶に見られる貫通転位近傍の応力評価のための足掛かりとして、応力とラマンピークシフトの相関関係を検討する。

Fig.1 に示す治具を用いて β -Ga₂O₃(001)バルク基板に曲げ応力を印加した。試料の表側には[010]方向に引っ張り応力が印加され、その大きさは試料の厚み、曲率半径、ヤング率から計算された[4]。ラマン測定は治具を光学顕微鏡ステージに設置し、入射レーザーを試料表面に集光させることで実施した。単斜晶系 β -Ga₂O₃は 15 個の光学フォノンモード (10A_g+5B_g) を持つが、本実験配置では 12 個のフォノンモード (8A_g+4B_g) が観察される[5]。曲げ応力の増大に伴ってラマンピークの低波数シフトが観測され、シフト量はモードごとに異なることが確認された。170 cm⁻¹ 付近の A_g(2)モードはほとんどシフトしない一方で、630 cm⁻¹ 付近の A_g(8)モードは約 1 cm⁻¹/GPa と最も大きなシフト量を示した。観測されたラマンピーク全ての変化量を Table 1 にまとめる。

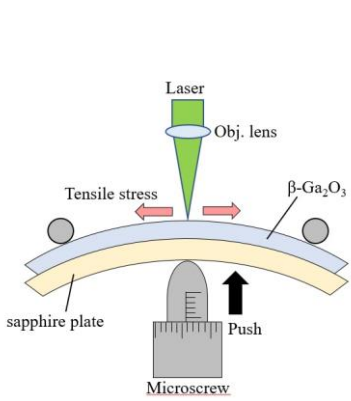


Fig.1 Schematic diagram of bending equipment

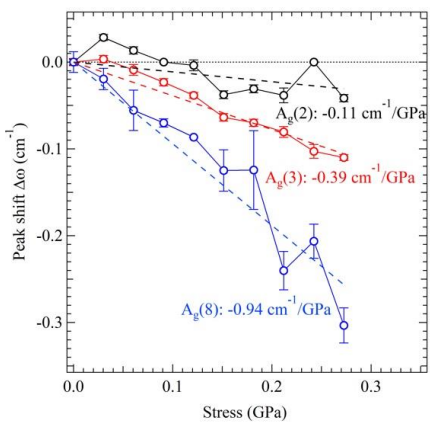


Fig.2 The plots of A_g(2), A_g(3) and A_g(8) modes for applied bending stress

Table 1 Peak shift of each phonon modes

Phonon Mode (freq. cm ⁻¹)	Peak shift Δω (cm ⁻¹ /GPa)
A _g (1) (110)	Not allowed
B _g (1) (114)	weak
B _g (2) (145)	weak
A _g (2) (170)	-0.11
A _g (3) (200)	-0.39
A _g (4) (320)	-0.00
A _g (5) (345)	-0.87
B _g (3) (355)	Not allowed
A _g (6) (416)	-0.22
A _g (7) (475)	-0.09
B _g (4) (477)	weak
A _g (8) (630)	-0.94
B _g (5) (655)	weak
A _g (9) (658)	weak
A _g (10) (767)	Not allowed

[1] H. H. Tippins, Phys. Rev. 140, A316 (1965)
[2] M. Higashiwaki, K. Sasaki, A. Kurumata, T. Masui and S. Yamakoshi, Appl. Phys. Lett. 100, 013504 (2012)
[3] N. Kokubo, Y. Tsunooka, F. Fujie, J. Ohara, K. Hara, S. Onda, H. Yamada, M. Shimizu, S. Harada, M. Tagawa and T. Ujihara, Appl. Phys. Exp. 11, 061002 (2018)
[4] Y. Xu, F. Mu, Y. Wang, D. Chen, X. Ou and T. Suga, Ceramics International 45, 6552 (2019)
[5] D. Dohy, G. Lucazeau and A. Revcolevschi, J. Sol. Stat. Chem. 45, 180 (1982)