

## イオン注入した GaN の光熱偏向分光法による評価

### Evaluation of ion implanted GaN by photothermal deflection spectroscopy

物材機構<sup>1</sup>, 工学院大<sup>2</sup> ○福田清貴<sup>1,2</sup>, 尾沼猛儀<sup>2</sup>, 山口智広<sup>2</sup>, 本田徹<sup>2</sup>, 岩井秀夫<sup>1</sup>, Sang Liwen<sup>1</sup>, 角谷正友<sup>1</sup>  
NIMS<sup>1</sup>, Kogakuin Univ.<sup>2</sup>, °K.Fukuda<sup>1,2</sup>, T.Onuma<sup>2</sup>, T.Yamaguchi<sup>2</sup>, T. Honda<sup>2</sup>, H.Iwai<sup>1</sup>, L.Sang<sup>1</sup>,  
M.Sumiya<sup>1</sup>

E-mail: cm17042@ns.kogakuin.ac.jp

【はじめに】Ⅲ-V族窒化物半導体へのイオン注入は電子デバイスを製作する上で、重要なプロセスとなっている。GaN へのイオン注入技術を上向きさせるために、イオン注入による欠陥生成並びにアニールによる欠陥回復などの変化を評価することが非常に重要である。しかしながら、大量の欠陥が起因されるために PL や DLTS など光学や電氣的に検出されず、欠陥やバンドギャップ内準位の評価が困難な状況にある。そこで、我々は荷電状態によらず全てのバンドギャップ内準位を検出できる光熱偏向分光法(PDS : Photothermal Deflection Spectroscopy)[1]に着目し、イオン注入された GaN の評価を行ったので報告する。

【実験】今回測定した試料は、SIMS 標準試料として Sapphire 基板上に成長された 2 $\mu\text{m}$  の GaN に、Si, O, C, Mg のイオン注入を行った試料である。イオン注入条件は、加速電圧がそれぞれ 190, 200, 180, 160 keV、ドーズ量は、 $1.5 \times 10^{15}$ ,  $3.5 \times 10^{15}$ ,  $4.0 \times 10^{14}$ ,  $2.0 \times 10^{14}$  cm<sup>-2</sup> である。ピーク濃度は、 $8.7 \times 10^{19}$ ,  $2.2 \times 10^{20}$ ,  $2.3 \times 10^{19}$ ,  $1.0 \times 10^{19}$  cm<sup>-3</sup> であった。また、全ての試料に対して 1000 °C で圧力 0.5 kPa の窒素雰囲気下において 5 分間アニール処理した。Ⅲ-V族窒化物半導体用に開発した PDS 測定装置[2]を用いて、励起光波長 350-800 nm の範囲で PDS 測定を行い、ロックインアンプで検出したレーザー光の位置変化相当である電圧を励起光の分光カーブで規格化したものを PDS 信号とした。

【結果】図 1 にイオン注入した GaN のアニール前後の PDS 測定の結果を示す。イオン注入直後の試料の PDS 信号は、バンド端からバンドギャップ内に連続して単調に減少している。イオン注入によって 2.6-2.8 eV にかけてブロードな準位が検出され、加速電圧とドーズ量が多い酸素注入した試料が最も緩やかに減少し、3.0eV 付近から立ち上がっていることがわかる。どの試料もアニール処理を施すことにより、バンド端近傍の PDS 信号が急激に減少し、バンドギャップ内準位(2.0-3.0 eV 付近)の PDS 信号も 1 桁程度低下していることが確認される。構造乱れを示すバンド端付近での傾きの逆数は、アニール前後で、Si では 760 meV から 120 meV, O では 650 meV から 130 meV, C では 460 meV から 76 meV, Mg では 440 meV から 100 meV と減少しているのが、アニール処理によって構造乱れが改善されていることが分かる。バンドギャップ内の PDS 信号もアニールによって低減しているが、転位に関連する 1.5eV 付近の信号には変化がない。イオン注入元素特有の準位はまだ検出されていないが、イオン注入のような発光しない試料のバンドギャップ内準位を PDS によって評価できることがわかった。

【謝辞】本研究の一部は文部科学省「省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発」、新学術領域「特異構造の結晶化学」(JP16H06424)の支援を受けた。

【参考文献】 [1] W.B.Jackson *et al.*, Appl. Opt. **20**, 1333 (1981). [2] M.Sumiya *et al.*, APEX accepted (2018).

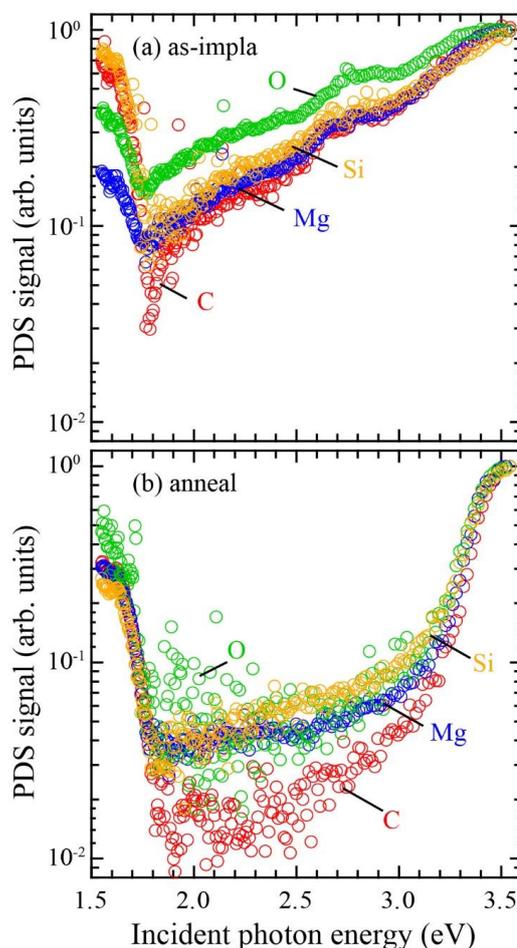


図 1 SIMS 標準試料として O, C, Si, Mg イオン注入したサファイア基板上 GaN 薄膜の(a) as-impla と(b)N<sub>2</sub> 雰囲気 1000°C で 5 分間アニールした試料の PDS スペクトル。