

## Mg イオン注入 GaN 中の自己欠陥と Mg の拡散に対する静水圧の影響

### Pressure effect on diffusion of native defects and Mg impurity in Mg-ion-implanted GaN

名古屋大<sup>1</sup>, 豊田中研<sup>2</sup>, IHPP PAS<sup>3</sup> ◯狩野絵美<sup>1</sup>, 小林功季<sup>1</sup>, 大築立旺<sup>1</sup>, 片岡恵太<sup>2</sup>, 成田哲生<sup>2</sup>, Kacper Sierakowski<sup>3</sup>, Michal Bockowski<sup>1,3</sup>, 加地徹<sup>1</sup>, 五十嵐信行<sup>1</sup>

Nagoya Univ.<sup>1</sup>, Toyota Central R&D Labs.<sup>2</sup>, IHPP PAS<sup>3</sup> ◯E. Kano<sup>1</sup>, K. Kobayashi<sup>1</sup>, R. Otsuki<sup>1</sup>, K. Kataoka<sup>2</sup>, T. Narita<sup>2</sup>, K. Sierakowski<sup>3</sup>, M. Bockowski<sup>1,3</sup>, T. Kachi<sup>1</sup>, and N. Ikarashi<sup>1</sup>

E-mail: kano@imass.nagoya-u.ac.jp

【はじめに】 Mg イオン注入による GaN のドーピングでは、1GPa 程度の N<sub>2</sub> 雰囲気でのアニールにより、高いドーパント活性化率が得られることが報告されている。<sup>[1]</sup> しかし、この静水圧が GaN の自己欠陥の拡散に与える影響については、これまで報告がない。<sup>[2]</sup> 自己欠陥や不純物の拡散は、結晶欠陥回復の主要プロセスであり、静水圧がその拡散に与える影響は、上記の活性化プロセスの物理を理解する上で必須の知見である。本講演では、TEM による転位ループの観察から、静水圧が格子間型および空孔型の自己欠陥の拡散を抑制することを報告する。また、Mg と H の濃度の SIMS 測定から、静水圧が Mg の拡散を抑制するとともに、注入領域のアクセプタ濃度を上昇させることを報告する。

【実験】 GaN 自立基板(0001)面上に undope の GaN 層をエピタキシャル成長した後、Mg イオン注入を行った。表面から深さ 300nm までの Mg 濃度は  $1.0 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$  である。アニール時の N<sub>2</sub> 雰囲気は、0.3 - 2.0 GPa、アニール温度は 1300°C である。アニール時間を変えたサンプルを準備した。これらのサンプルでは、アニール初期に格子間型転位ループが形成され、その後、空孔型転位ループが形成される。<sup>[3]</sup> いずれのループも、アニール時間とともに、密度が低下し、かつサイズが増大する粗大化が観測される (Ostwald ripening, Fig. 1 は、1.0 GPa アニールでの観察例)。<sup>[4]</sup> 格子間型(空孔型)転位ループの粗大化のスピードの大小は、格子間原子(空孔)の拡散係数の大小を反映する。<sup>[4]</sup>

【結果】 空孔型ループの粗大化の解析例を Fig. 2 に示す。図は、アニール時間 90 min での測定結果であり、高压(2.0 GPa)のアニールで、ループの密度が高く、かつサイズが小さい、つまり粗大化が抑制されていることが観測される。この傾向は、すべてのアニール時間で観測され、高い静水圧により、空孔の拡散が抑制されることを示している。また、Fig. 3 は、アニール時間 30 min での、Mg と H の濃度の測定結果である。H 濃度はアクセプタ(Mg<sub>Ga</sub>)濃度を反映する。2.0 GPa のアニールで、Mg濃度が高く、高压のアニールでは、注入領域からの Mg の外方拡散が抑制されることを示している。<sup>[5]</sup> さらに、この結果は、高压アニールで注入領域の Mg<sub>Ga</sub> 濃度が高いことを示している。講演では、格子間型ループの計測結果についても報告するとともに、静水圧や、点欠陥の拡散がアクセプタ濃度に与える影響について議論する。

【謝辞】 本研究は文部科学省 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事業 JPJ005357 および 革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発事業 JPJ009777 の委託を受けたものです。

[1] H. Sakurai *et al.*, APL **115**, 142104 (2019). [2] M. Werner *et al.*, PRB **32**, 3930 (1985) [3] E. Kano, *et al.*, JAP **132**, 065703 (2022).

[4] C. Bonafos *et al.*, JAP **83**, 3008 (1998). [5] K. Sumida *et al.*, APEX **14**, 121004 (2021).

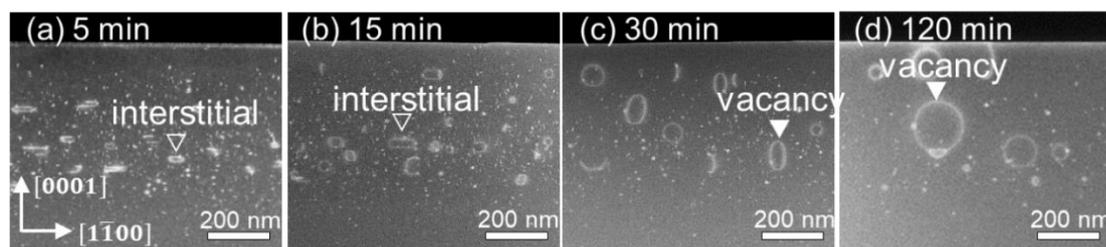


Fig. 1 TEM cross-sectional views of the samples. (a), (b) and (c), (d) show evolution of interstitial-type and vacancy-type dislocation loops, respectively.

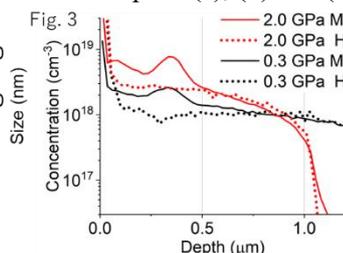
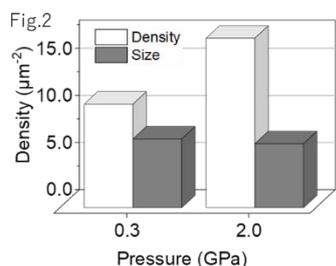


Fig. 2 (left) Density and size of vacancy loops at 90 min.

Fig. 3 (right) Mg and H (Mg<sub>Ga</sub>) concentrations in and near the implanted region at 30 min.