

中百舌鳥電気クラブ国際会議報告書

氏名：稲嶋 仁

国際会議名称：Electronic Materials Conference 2025 (EMC2025)

開催日：6/25～6/27

開催場所：Duke University

発表内容：(1) タイトル (2) 実験内容

(1) プラズマ援用 MBE 成長した窒素ドーパ Ga₂O₃ 薄膜の窒素ドーピング制御及び電気的特性評価

(2) 窒素 (N) は、Ga₂O₃ 中でディープアクセプタとして振る舞うため、様々なデバイス応用が期待される。そこで我々は、Ga₂O₃ 薄膜を成長する過程でプラズマ援用エピタキシー(PAMBE)を用いて、N ラジカルを多様な供給方法でドーピングし濃度制御を行った。また、得られた N ドープ Ga₂O₃ 薄膜を用いてショットキーバリアダイオード(SBD)を作製し、電気的特性を評価したため併せて報告する。

薄膜作製では $2.1 \times 10^{17} - 2.9 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ と 5 桁違いの幅広い N 濃度薄膜が得られた。デバイス作製では、Ga₂O₃(010)基板上に N 濃度 $3 \times 10^{18}, 3 \times 10^{19}, 4 \times 10^{20}, 2.9 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ 200 nm 狙いの条件で、N ドープ Ga₂O₃ 薄膜を PAMBE 成長した。今回は PAMBE 室内で薄膜を成長する過程で不純物である Si が $5 \times 10^{16} - 2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 程度膜内に取り込まれるため、 $N = 2.1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ では N が Si と補償してしまうことが予想された。そこで上記の 4 デバイスで SBD を作製し、静電容量-電圧 (C-V)特性を評価した。

$N = 2.9 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ では取り込まれた全 N 原子が O 原子と置換し結晶結合に寄与しているとすると、その組成は約 5%であり混晶レベルである。また、表面モフォロジー観察をしても、各濃度間でラフネスに大きな差はみられないため、均一に N ドープ薄膜の成長に成功しているといえる。

$N = 3 \times 10^{18}, 3 \times 10^{19}, 4 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ の SBD の C-V 特性を示す。 $N = 3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ では V に依らず C が一定である。これは、N ドープ Ga₂O₃ 薄膜/基板界面に存在する Si の濃度が N 濃度を上

回り、界面に高密度な二次元電子ガス(2DEG)が形成され、 $V > -20 \text{ V}$ では基板側に空乏層が伸びること無く電荷中性が保たれるためと考えられる。一方、 $N = 3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ では、 $V = 0 \sim -5 \text{ V}$ で C がほぼ一定値であるが、 $V < -5 \text{ V}$ では C が単調に減少する。また、 $N = 4 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ では V 減少に伴い単調に C が減少している。これらの結果は、 $N = 3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ では $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の場合と同様に、 $V > -5 \text{ V}$ で 2DEG によりフェルミレベルがピン留めされるため C は変化しないが、 $V = -5 \sim -7 \text{ V}$ で 2DEG が消失し、 $V < -7 \text{ V}$ では基板中に空乏層が伸びるためと考えられる。また、 $N = 4 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以上では、 N ドープ Ga_2O_3 薄膜/基板界面における N 濃度が Si 濃度より一桁以上高いため、 Si ドナーは完全に補償され 2DEG は形成されず、 $V < +1 \text{ V}$ 全領域で空乏層が基板側に広がっていると考えられる。

感想：今まで国内の学会は経験していましたが、初の国際会議でかつ口頭発表であったため、大変緊張しましたが有意義な時間を過ごせました。実際に会議に参加して、日本人以外の人々の発表を聞いていたところ、自身の研究に関して活発な議論が展開されており、世界規模で研究が進んでいる先進的な分野であると肌で感じる事ができました。今回の会議を通して、改めて自身の研究活動が社会的に大きな価値があると感じ、また、多様な発表を聴講し、自身の研究者としての視野を広げる機会となりました。最後になりますが、このような貴重な機会を設けて下さった東脇先生や、国際会議参加に際して、支援をいただきました大阪公立大学電気クラブの皆様には心より感謝申し上げます。

写真：

