

BGaN-MOVPE 法における B 有機金属原料の検討

Study of Boron metal organic sources at BGaN growth using MOVPE

1. 静大院工, 2. 静大電研, 3. 東北大多元研, 4. 名大 IMASS,

°望月健¹, 中村匠¹, 青木徹², 井上翼¹, 小島一信³, 秩父重英^{3,4}, 中野貴之¹

1. Shizuoka Univ., 2. R.I.E. Shizuoka Univ., 3. IMRAM, Tohoku Univ., 4. IMASS-Nagya Univ.

°K. Mochizuki¹, T. Nakamura¹, T. Aoki², Y. Inoue¹, K. Kojima³, S.F. Chichibu^{3,4}, T. Nakano¹E-mail: mochizuki@cnt.eng.shizuoka.ac.jp

緒言

我々は、III 族窒化物半導体の新しい応用として BGaN を用いた熱中性子検出器を提案し、開発を行っている[1]。提案する BGaN 中性子検出器では、中性子捕獲元素となる ¹⁰B 原子の高濃度化と検出層である有感層領域の厚膜化が重要な課題である。しかしながら、B 原子と Ga 原子の原子半径の違いなどから、高品質な高 B 組成 BGaN 厚膜結晶成長が困難である。過去の研究において、トリエチルボロン[TEB, (CH₃CH₂)₃B]を用いた成長では、寄生反応が結晶品質に影響を及ぼすことを報告している[2]。本研究では B 有機金属原料として TEB よりも反応性の低いトリメチルボロン[TMB, (CH₃)₃B]を用いることで、寄生反応を抑制した結晶成長の検討を行った。

実験方法

有機金属気相エピタキシー(MOVPE)法を用いて、BGaN 結晶成長を行った。Ga 有機金属原料および N 原料には、トリメチルガリウム[TMGa, (CH₃)₃Ga]と NH₃を用いた。B 有機金属原料には、TMB と TEB を用いた。c 面サファイア基板上に GaN 層を 2μm 成長後、BGaN 層を 1μm 成長した。主な BGaN 成長条件は、キャリアガス：N₂、成長圧力：100 Torr、成長温度：1040~1070 °C、ガス総流量：4100 sccm、B 有機金属原料モル流量：0.18 μmol/min、NH₃ ガス流量：250~1250 sccm とした。作製した試料の評価には、SEM、AFM、XRD、PL、SIMS を用いた。

結果と考察

各 B 有機原料(TMB、TEB)を用いた BGaN 結晶成長において、NH₃ 流量が BGaN 結晶に与える影響を調べた。図 1 に、NH₃ ガス流量を変化させて作製した BGaN 結晶の BN モル分率の評価結果を示す。TEB を用いた成長では、NH₃ ガス流量の増加により BN モル分率が減少した。これは、TEB と NH₃ の寄生反応によって結晶成長に寄与する B 原子が減少したためだと考えられる。一方で TMB を用いた成長では、NH₃ ガス流量に依存せず BN モル分率が一定であった。寄生反応が起こらず、TMB と TMGa の原料供給比に依存した BGaN 結晶が成長したと考えられる。

更に、BGaN 薄膜の低温 PL 測定を行った(図 2)。TEB を用いて作製した BGaN 結晶では basal-plane stacking fault (BSF)に由来する 3.415eV 付近の発光ピークが支配的であった。一方で TMB を用いて作製した BGaN 結晶は、BSF 由来の発光ピークが減少し 3.473eV 付近の BGaN 発光ピークが支配的となった。TEB を用いた BGaN 成長では立方晶相の混入が報告されていることと[3]、TMB を用いることで BSF 由来のピークが減少したことから、寄生反応が立方晶相の混入の一因であると考えられる。これらの結果から、TMB を用いた BGaN 結晶成長は、寄生反応を抑制し結晶品質の向上に有効な手法であることを示唆した。

参考文献 [1] K. Atsumi, *et. al.*, APL Mater. 2 (2014) 032106
[2] 中村他, 2016 年応用物理学会春季学術講演会, 22a-P6-6
[3] S. Gautier, *et. al.*, JCG 315 (2011) 288

謝辞 本研究の一部は中部電力安全技術研究所研究助成、科研費補助金(基盤研究(B):16H03899)および物質・デバイス領域共同研究拠点・アライアンス「COREラボ」の支援により行われた。

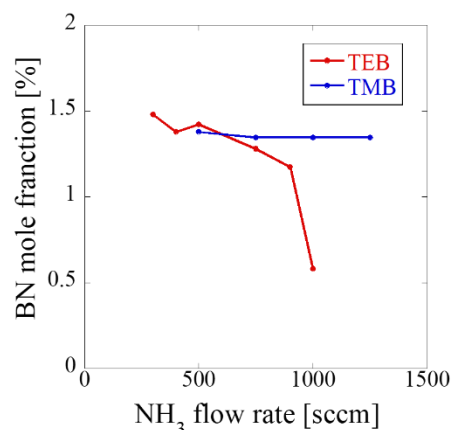


図1, 各NH₃流量により作製したBGaN結晶のBNモル分率

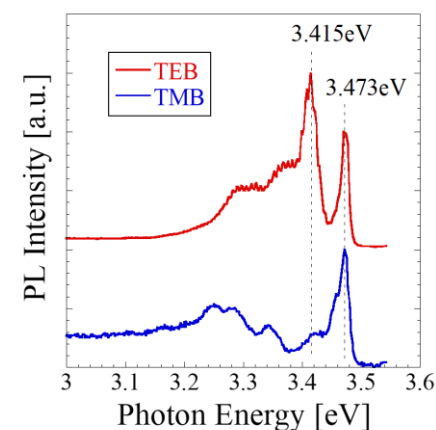


図2, TMBおよびTEBを用いて作製したBGaN結晶の低温PL測定結果(@10K)