

RS-MBE 法を用いたホモエピタキシャル成長 N ドープ ZnO 薄膜の p 型伝導制御 ～NO+O₂ 混合ガスによる成長～

P-type Conduction Control of Homo-epitaxial Nitrogen Doped ZnO Films by Radical-Source Molecular Beam Epitaxy

～NO and O₂ mixed plasma source～

鳥取大院工 °廣江 伸哉, 松尾 拓朗, 木寺 亮太, 秋山 彰雅, 行衛 孝明, 奥山 彰浩

政本 卓也, 野田 佳祐, 阿部 友紀, 笠田 洋文, 安東 孝止

Graduate School of Engineering Tottori Univ. ,

°S Hiroe, T Matsuo, R Kidera, A Akiyama, T Yukue, A Okuyama

T Masamoto, K Noda, T Abe, H Kasada, K Ando

E-mail: hiroe@optoele.ele.tottori-u.ac.jp

[はじめに]

ワイドギャップ半導体 ZnO は、多くの研究機関から p 型化の実証報告があるが、実用水準でのデバイス開発にはほとんど進展していない。この原因は、デバイス品質の高い結晶性をもつ p 型合ガスを用いて N ドープ ZnO のホモエピタキシャル成長を行い VI/II 比の最適化とポストアニール処理により高品質な ZnO の p 型伝導へ向けた検討を行ったので報告する。

[実験方法]

実験試料は Zn-face ZnO 基板に Radical-Source MBE 法によりラジカル源として NO+O₂ の混合ガスを用いて成長した N ドープ ZnO 薄膜(Tg=500°C)である。これらの試料は N アクセプタの活性化のために成長後 MBE チャンバー外にて、酸素雰囲気中でポストアニール処理(600°C)を施し、試料の結晶性、電気・光学・温度特性についての評価を行った。

[結果及び考察]

NO 流量を 0.5sccm に固定し VI/II 比(O₂ 流量(sccm)/Zn BEP($\times 10^{-7}$ Torr))を 2.0~6.0 の範囲で成長を行った。ただし O₂ 流量は NO 流量の 1/2(O₂ 換算)を加算した。その結果、VI/II 比 2.0~3.3 の範囲で試料が高抵抗化(70~540 Ω cm)しホール効果測定において伝導型の判別ができなかった。低抵抗の p 型化に至らなかった原因として N の取り込み量が少ないことが考えられる。そこで as-grown で最も高抵抗化した VI/II 比 3.3 の条件において NO の流量を 1.0~2.0sccm まで増やして成長を行った。これらの試料においても高抵抗化し、ホール起電力が微少なため伝導型の判別はできなかったが NO 流量 2.0sccm の試料を酸素雰囲気中で 5min ポストアニールすることで PL スペクトルでの DAP 発光が支配的となり NO 流量を増やしポストアニールすることで N がアクセプタとして活性化することが分かった。また抵抗率から求めたキャリア濃度の温度依存性からアレニウスプロットによりキャリアの活性化エネルギーを求めたところ 2 段階の熱活性が観測された($\Delta E_1=170\sim 250$ meV, $\Delta E_2=510\sim 520$ meV)。それぞれ低温側は N アクセプタ、高温側は N₂ によるダブルドナーの熱活性化過程と思われる。これらの結果より p 型、n 型の両方の領域(島構造)が形成されていると考えられる。

[謝辞]

本研究は鳥取大学産学・地域連携推進機構の協力及び文部科学省科学研究助成[基盤研究(C)No.20560009]の援助のもとに行った。

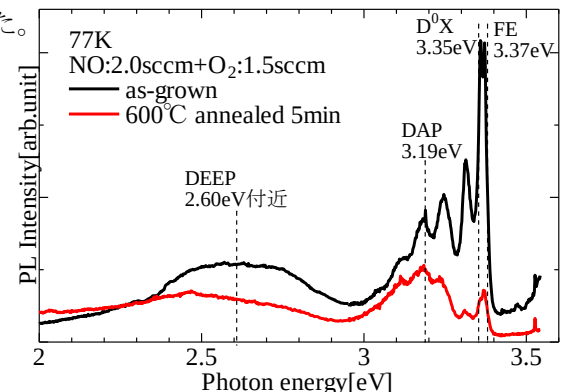


図 1 ポストアニール前後での PL スペクトルの比較

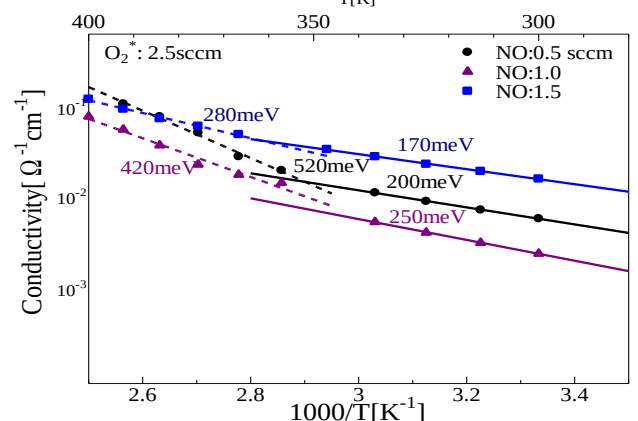


図 2 キャリアの活性化エネルギー