

RF マグネトロンスパッタリング法による高移動度ワイドギャップ半導体 ZnInON 膜の作製—Ar 分圧依存性—

Effects of Ar partial pressure during the sputtering deposition on properties of novel oxynitride semiconductor ZnInON fabricated by RF magnetron sputtering

九州大学¹, JST さきがけ² ○松島宏一¹, 清水僚太¹, 山下大輔¹, 鎌滝晋礼¹,

徐鉉雄¹, 内田儀一郎¹, 古閑一憲¹, 白谷正治¹, 板垣奈穂^{1,2}

Kyushu Univ.¹, JST-PRESTO², ○Koichi Matsushima¹, Ryota Shimizu¹, Daisuke Yamashita¹,

Giichiro Uchida¹, Kunihiro Kamataki¹, Hyunwoong Seo¹, Kazunori Koga¹,

Masaharu Shiratani¹, Naho Itagaki^{1,2}

E-mail: k.matsushima@plasma.ed.kyushu-u.ac.jp

可視光透明性・高耐圧性・高耐熱性といった特徴を有するワイドギャップ半導体の電子デバイスへの応用のためには、そのキャリア移動度の向上が不可欠である。最近筆者等は、ワイドギャップ半導体である ZnO と高移動度半導体である InN との混晶である新規酸窒化物半導体 ZnInON(ZION)を提案した[1]。ZION はウルツ鉱構造を有しており、 10^{-5} cm^{-1} と高い吸収係数を有している。そのバンドギャップは直接遷移型で化学組成比により 1.6 eV から 3.3 eV まで変調可能である。本研究では、スパッタリング雰囲気中の Ar 分圧を制御することで、ZION 膜の高品質エピタキシャル成長に成功したので報告する。

ZION のエピタキシャル基板には ZnO テンプレートを用いた。ZnO テンプレートは、窒素添加結晶化(NMC)法を用いてc面サファイア基板の上にRFマグネトロンスパッタ法により作製した [2, 3]。成膜温度は 700°C である。スパッタリングガスには Ar, N₂ および O₂ を用い、膜厚は 1 μm とした。ZION 膜は ZnO テンプレート上に RF スパッタリング法により成膜温度 360°C で成膜した。スパッタリングガスには Ar, N₂ および O₂ を用いた。全ガス圧は 0.28 Pa, Ar 分圧は 0.04-0.17 Pa である。膜厚は 30nm とした。X 線回折測定により、ZION 膜の(002)面ロックングカーブ半値幅(FWHM)は、Ar 分圧に依存せず、0.09° と小さい値を示すことを確認している。

図 1 に ZION 膜のキャリア濃度及び電子移動度の Ar 分圧依存性を示す。スパッタリング雰囲気中の Ar 分圧が 0.17 Pa から 0.04 Pa に減少するにつれ、ZION 膜のキャリア濃度は $1.1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ から $3.7 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ まで減少し、電子移動度は $66 \text{ cm}^2/\text{Vsec}$ から $87 \text{ cm}^2/\text{Vsec}$ まで増加した。発光分光分析により、このときスパッタリングプラズマ中の電子温度が上昇していることが示唆されている。従って上述の ZION 膜の電気特性の向上は、プラズマ中の O₂ 及び N₂ の解離の促進によりアニオン欠損が低減したためと考えられる。これらの結果から、スパッタリング雰囲気中の Ar 分圧は ZION 膜の電気的特性を制御する重要なパラメータの一つであると言える。

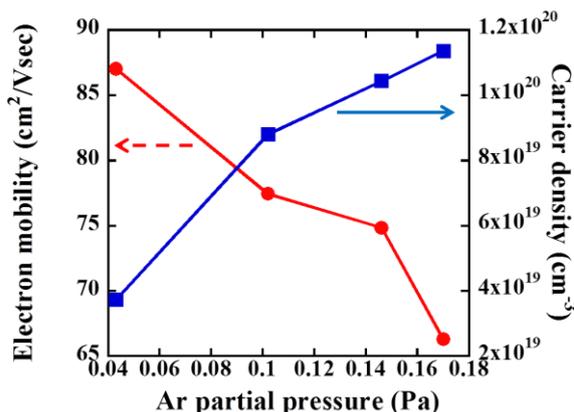


Fig.1 Electron mobility and carrier density of ZION films as a function of Ar partial

[1] N. Itagaki, et al., "Metal oxynitride semiconductor containing zinc", U.S. Patent No. 8274078 (2008-04-23).

[2] N. Itagaki, et al., Appl. Phys. Express 4 (2011) 011101.

[3] K. Kuwahara, et al., Thin Solid Films 520 (2012) 4674.