

Mn₃GaN_{1-x} 薄膜の構造制御と Mn₃GaN/ Mn₃GaN_{1-x} 積層膜の作製と評価

Structure control of Mn₃GaN_{1-x} thin film and

preparation and Evaluation of Mn₃GaN/Mn₃GaN_{1-x} multi layered film

名大院工 °石野 直、ソ ジョンミン、後藤大尚、羽尻 哲也、浅野 秀文

Nagoya Univ. ° Sunao Ishino, Jongmin So, Hirotaka Goto, Tetsuya Hajiri, Kenji Ueda, Hidefumi Asano

E-mail: ishino.sunao@e.mbox.nagoya-u.ac.jp

【研究背景】逆ペロブスカイト窒化物磁性体はハーフメタル強磁性体や反強磁性体など様々な物性バリエーションをもち、新しいスピントロニクス材料として期待される。逆ペロブスカイト構造の反強磁性体 Mn₃GaN を用いた反強磁性/強磁性交換結合膜において電流駆動磁化スイッチングによる反転電流密度 (I_c) が 1 桁程度低減された ($I_c = 6.0 \times 10^5$ A/cm²) ことが報告されている。[1]我々は反強磁性体 Mn₃GaN とその窒素が欠損した垂直磁化型強磁性体 Mn₃GaN_{1-x} との交換結合膜において、さらなる反転電流密度の低減を目指している。また我々は Mn₃GaN_{1-x} 薄膜において、スパッタガスの窒素量を変化させると、c 軸格子定数のみが増加し、反強磁性の立方晶から強磁性の正方晶へ、構造と磁気特性の制御が可能であることを発表している。しかし良質な交換結合膜を作製するためには、さらなる精密な構造制御が必要である。そのため本研究では MnGa の製膜速度を変化させて精密に Mn₃GaN_{1-x} 薄膜を構造制御し、良質な Mn₃GaN/Mn₃GaN_{1-x} 交換結合膜の作製に応用することを目的とした。

【実験方法】Mn₃GaN_{1-x} 薄膜は Mn₇₀Ga₃₀ ターゲットを用いて 400°C で RF マグネトロンスパッタリング法で MgO(001)基板上に膜厚 50nm だけ成長させた。スパッタガスの窒素濃度を 1% に固定し、RF パワー (35-75W) によって MnGa の製膜速度を変化させた。XRD 測定により構造の変化を調べ、磁気光学カー効果により磁気特性、電子構造を調べた。Mn₃GaN/Mn₃GaN_{1-x} 積層膜は、反強磁性 Mn₃GaN を製膜した後、in-situ で強磁性 Mn₃GaN_{1-x} を製膜した。

【結果と考察】Figure 1 に作製した Mn₃GaN_{1-x} 薄膜の c 軸格子定数とその成長速度(nm/min)の関係について示す。この結果より金属ターゲットから放出される MnGa の成長速度を変化させることで、窒素を取り込む量を変化させ、0.3810~0.3872nm(Bulk Mn₃GaN c=0.3898nm)の範囲で構造制御することができた。また XRD 測定から Mn₃GaN_{1-x} 薄膜がエピタキシャル成長していること、磁化測定結果から垂直磁気特性を持つことを確認した。Figure 2 は MnGa の製膜速度が異なる Mn₃GaN_{1-x} 薄膜の楕円率の光エネルギー依存性である。Mn₃GaN_{1-x} の成長速度に対して楕円率のスペクトルの形状がピークを持つものからフラットなものへ系統的に変化した。これは窒素の取り込む量、つまり Mn₃GaN_{1-x} 薄膜の N 組成の変化がエネルギーによる光学遷移に影響を与えた結果である。本講演では Mn₃GaN_{1-x} 薄膜の磁気特性及び磁気光学カー効果に加えて、Mn₃GaN/Mn₃GaN_{1-x} 層膜の磁気特性の結果を発表する。

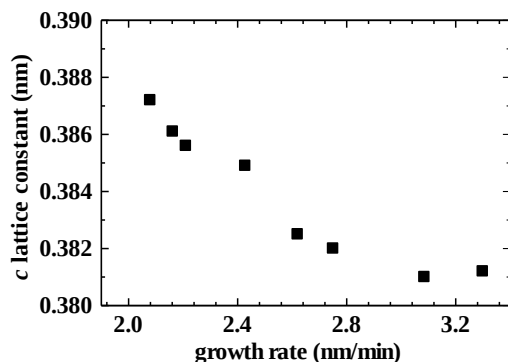


Fig. 1 The relationship between the c lattice constants and the deposition Mn₃GaN_{1-x} rate (nm/min)

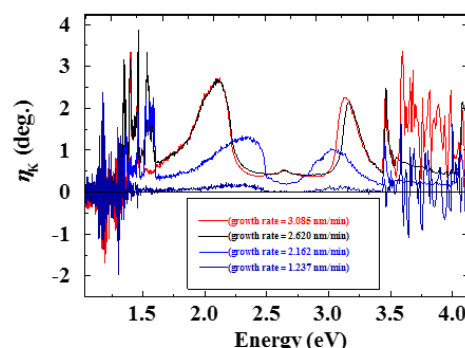


Fig. 2 Ellipticity of Mn₃GaN_{1-x} thin films with different deposition Mn₃GaN_{1-x} rate

【参考文献】

[1]H. Sakakibara., J. Appl. Phys. 117, 17D725 (2015)