

PA-MBE 法による GdN/GaN 超格子構造の成長と磁気特性評価

Magnetic characterization of GdN/GaN superlattice grown by PA-MBE

阪大産研, [○](M1)小島 拓朗, 長谷川 繁彦Osaka Univ. ISIR-SANKEN, [○]Takurou Kojima, Shigehiko HasegawaE-mail: kojima21@sanken.osaka-u.ac.jp

【はじめに】ワイドギャップ半導体である GaN や ZnO に磁性元素を添加した磁性半導体は高いキュリー温度を示すとの理論的予測以来[1], GaN は半導体スピントロニクス材料として期待され, 様々な磁性元素の添加が試みられてきた. しかしながら, 半導体スピントロニクスデバイスへ応用可能な材料創製には至っていない. 従来の添加方法では, 磁性原子はランダムに分布し添加濃度も 10 %以下であるため, 添加した磁性原子の多くは磁氣的に孤立した状態にあると我々は考えている. これまで我々は希土類元素(RE)である Gd を GaN に添加し, その磁気特性などを調べてきた. 希土類窒化物(REN)である GdN は真性磁性半導体であり, 70 K 以下で強磁性を示す. そこで我々は, 磁性半導体 GdN ナノ薄膜を GaN 中に埋め込み, 磁性原子を規則的に GaN 内に配列する方法を提案している. 今回, GdN/GaN 超格子構造をプラズマ支援分子線エピタキシー(PA-MBE)法で作製し, その構造ならびに磁気特性の評価を行い, 従来の添加方法で作製した GaGdN 薄膜との比較検討を行ったので報告する.

【実験と結果】RF-MBE 法により, GdN をナノ薄膜として取り込んだ試料として GdN/GaN 超格子構造を作製した. 基板には MOCVD 法で作製した u-GaN テンプレートを使用した. 基板温度 700 °C で GaN buffer 層を 10 分間成長させ, その上に 5 nm の GaN と 0.25 nm の GdN を 1 周期とした 50 周期の超格子構造を作製した. 最後に, 酸化防止層として GaN cap 層を 4 nm 成長させた. Fig 1 に従来の方法で作製した希薄磁性半導体 GaGdN と今回提案している方法で作製した GdN/GaN 超格子構造の X 線回折(XRD)測定結果を示す. GdN/GaN 超格子構造薄膜では, GaN(0002) 回折ピークの両側に超格子に由来する回折ピークが現れており, 5.25 nm 周期の超格子構造が形成されていることがわかる. また, GaN(0002)回折の低角側($2\theta = 34.41^\circ$)に現れている 0 次ピークから, 平均 GdN モル分率は 4.7 %と求められた. 一方, 従来の方法で作製した GaGdN 薄膜においても, GaGdN(0002)回折が同様な散乱角($2\theta = 34.38^\circ$)に現れており, GdN モル分率は 6.4 %と求められた. Fig 2 に, GdN/GaN 超格子構造と希薄磁性半導体 GaGdN における 5 K での磁化曲線を示す. その測定には超電導量子干渉素子磁力計を用いた. GaGdN のサンプルに比べ GdN/GaN のサンプルでは, 前述の通り GdN モル分率は低い, 大きな飽和磁化を示した. また磁場ヒステリシスに関しても, GdN/GaN 超格子構造薄膜でより大きな残留磁化が確認できる. このことから, 今回提案した手法では従来の添加方法に比べ, 添加した Gd 原子の分布を制御することで, より大きな磁性相互作用が Gd 原子間に働いていると考えられる.

本研究の一部は, 科学研究費補助金基盤研究(B)(No.17H02775)の支援を受けた.

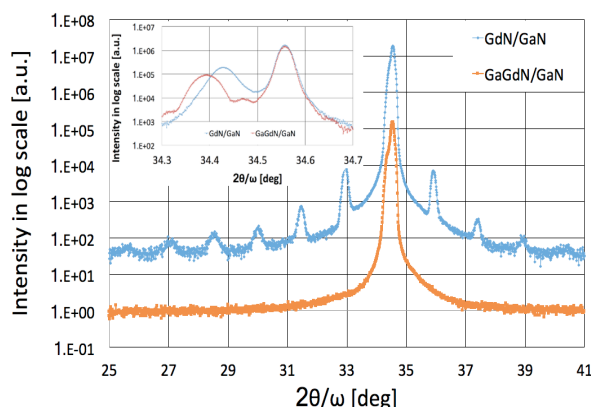
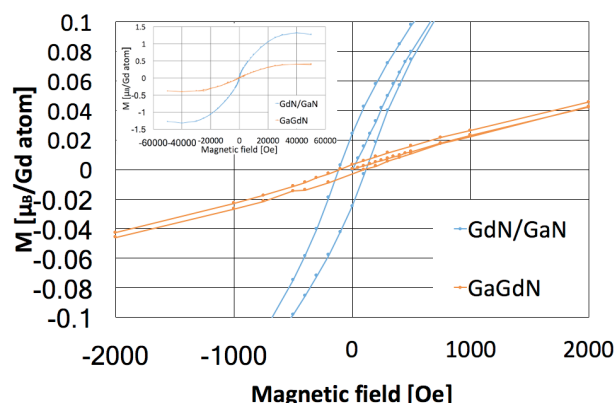


Fig 1: XRD profiles of GdN/GaN superlattice and GaGdN film samples.

Fig 2: M - H curves of GdN/GaN superlattice and GaGdN film samples at 5K.

[1] Dietl et al., Science 287, 1019 (2000).