

PA-MBE 法による GdN/GaN 超格子構造の作製と磁気特性の評価

Magnetic properties of GdN/GaN superlattice structures grown by PA-MBE

阪大, 産研 ○小島 拓朗, 長谷川 繁彦

Osaka Univ., ISIR-SANKEN, ○Takurou Kojima, Shigehiko Hasegawa

E-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, その一つとして, 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, GdN ナノ薄膜の膜厚の違いに対する構造および磁気特性の比較検討を行ったので報告する.

【実験と結果】PA-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 テンプレートまたは n-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 0.26 nm (1 ML) の GdN を 1 周期とした 50 周期の超格子構造および 5 nm の GaN と 0.55 nm (2 ML) 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 GdN/GaN 超格子構造の X 線回折(XRD)測定結果を示す. GdN/GaN 超格子構造薄膜の両方のサンプルで, 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, 超格子構造が形成されていることが確認できる. これより GdN 層の膜厚をそれぞれ計算すると, GdN 層の膜厚が 0.26 nm または 0.55 nm で設計した GdN/GaN 超格子構造薄膜の各サンプルではそれぞれおよそ 0.2 nm, 0.3 nm しか GdN 層を成長できていないことがわかった. Fig 2 に, GdN/GaN 超格子構造における 5 K での磁化曲線を, 5 T における磁化の大きさを規格化して示した. その測定には超電導量子干渉素子磁力計を用いた. GdN/GaN 超格子構造薄膜の GdN 層 1 ML のサンプルと比べて GdN 層 2 ML サンプルでは, 外部磁場 0 T 付近での急峻な磁化の変化が確認できる. また磁場ヒステリシスについても, GdN 層 1 ML のサンプルに比べ, GdN 層 2 ML の 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, GdN ナノ薄膜の増加に伴い, より多くの Gd 原子間に交換相互作用が働き, 超常磁性を示すクラスターが増加したものと考えられる.

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.

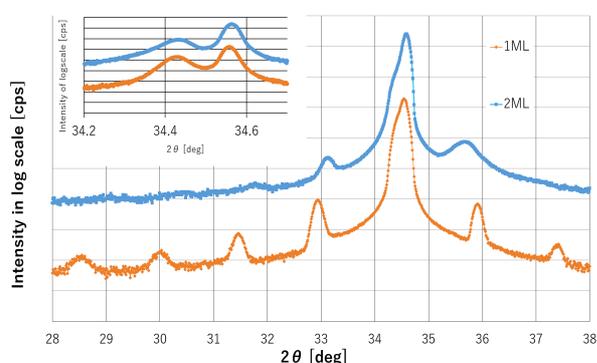
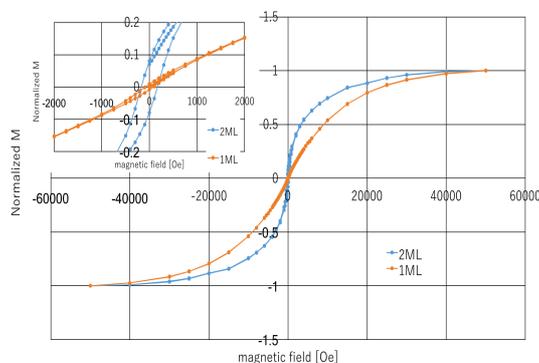


Fig 1: XRD profiles of GdN/GaN superlattice samples.

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

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