



Title	Study on Properties of Rare-Earth Doped III-Nitride Magnetic Semiconductors
Author(s)	崔, 誠佑
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48517
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	崔 誠 佑
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 1 1 9 8 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 19 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電子情報エネルギー工学専攻
学 位 論 文 名	Study on Properties of Rare-Earth Doped III-Nitride Magnetic Semiconductors (希土類添加Ⅲ-族窒化物磁性半導体の性質に関する研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 朝 日 一 (副査) 教 授 田 中 和 夫 教 授 飯 田 敏 行 教 授 兒 玉 了 祐 教 授 上 田 良 夫 教 授 三 間 罔 興 教 授 西 原 功 修 教 授 中 塚 正 大 助 教 授 長 谷 川 繁 彦

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、希土類 Gd を添加したⅢ-族窒化物磁性半導体の結晶成長及びそれらの独特な物性についてまとめたものであり、以下 6 章により構成した。

第 1 章では、本研究の特徴と目的を述べた。

第 2 章では、本研究で用いた成長装置の特徴について述べた。また、本研究で用いた評価法についても述べた。

第 3 章では、GaN ベースの希薄磁性半導体として、希土類 Gd を添加した GaGdN の RF-MBE 法による結晶成長を検討し、合成が可能であることを示した。磁気特性は、Gd 濃度 2.4% の GaGdN で、室温においてもヒステリシスと飽和を示しており、室温以上の強磁性転位温度をもつ強磁性体であることを明らかにした。また、Gd 濃度 6 % 以上の GaGdN の強磁性は二次相に起因するものであることを示した。

第 4 章では、プラズマ MBE 法で GaGdN/GaN 超格子を作製した。GaGdN 単層膜よりも、超格子構造の方が単位体積あたりの磁化が大きくなること、しかし、温度変化が大きくなることが分かった。そこで、GaGdN 膜厚あるいは GaN 膜厚を変化させた時の磁化特性を調べた結果、GaGdN 膜厚が相対的に薄くなると Gd イオン当たりの磁気モーメントが大きくなることを明らかにした。この増大効果は GaN 層からのキャリア移動によるキャリア誘起効果で説明できることを示した。残留磁化の大きな室温強磁性半導体の創製と新規物性の実現、それに基づく室温動作の半導体スピントロニクスデバイスの創製可能性を示した。

第 5 章では、AlGdN の磁気、発光及び電気特性を明らかにした。室温でも強磁性を発現することを確認した。AlGdN には室温で強い紫外発光 (318 nm) を示すことが分かった。その発光起源として Gd イオンでの内殻遷移によるものであることを示した。

第 6 章では、第 3 章から第 5 章までで得られた希土類 Gd を添加したⅢ-族窒化物磁性半導体は、室温でも強磁性になりやすく、かつ発光も観測されており、応用面でも非常に有望な材料であることが明らかになった結果についてまとめ、本研究の結論を述べた。

論文審査の結果の要旨

遷移金属及び希土類金属元素を GaN に添加した新磁性半導体は、室温において強磁性秩序が観察されていることから、それらの物性だけでなく、実用的な新しいスピントロニクス材料として注目されている。本論文では、プラズマ励起分子線エピタキシ (RF-MBE) 法を用いて希土類金属 Gd をドーピングした GaN 系磁性半導体に関して研究しており、以下の結果を得ている。

- (1) GaN ベースの希薄磁性半導体として、希土類金属 Gd を添加した GaGdN の RF-MBE 法による結晶成長を検討し、成長が可能であることを示している。Gd 濃度 2.4% の GaGdN の磁気特性は、室温においても明確なヒステリシスと飽和を示しており、室温以上の強磁性転移温度をもつ強磁性体であることを明らかにしている。また、Gd 濃度 6 % 以上の GaGdN では GdN の二次相が生成され、これに起因する強磁性も観測されるという結果を得ている。
- (2) RF-MBE 法で強磁性半導体/非磁性半導体の GaGdN/GaN 超格子を作製し、GaGdN 単層膜よりも大きな磁化を示すことを見出している。この結果に基づき、GaGdN 膜厚、GaN 膜厚のいずれかを固定し他方を変化させた時の磁化特性を調べており、GaGdN 膜厚が相対的に薄くなると Gd イオン当たりの磁気モーメントが大きくなることを明らかにしている。この増大効果は GaN 層からのキャリア移動によるキャリア誘起磁性効果で説明できることを示している。この結果は、超格子構造が磁化特性の向上に有効であり、スピントロニクスデバイスを創製する上で重要な構造であることを示している。
- (3) 更に、AlN に Gd をドーピングした希薄磁性半導体 AlGdN について、その磁気、発光及び電気特性を明らかにしている。室温でも強磁性を発現することを確認している。低温側で電子濃度が増加しそれに対応して磁化が増加することを見出し、これは Gd 関与バンドの形成とそこでの電子濃度の増加によるものと説明し、電子を介した Gd イオンスピン間の相互作用が存在する可能性を示唆している。AlGdN が室温で強いシャープな紫外発光 (318 nm) カソードルミネッセンスを示すことを観測し、この発光が Gd イオンでの内殻遷移によるものと同定している。この結果は、電荷、スピン、フォトン制御する新しいスピントロニクスデバイス創製の可能性を示唆している。

以上のように、本論文は希土類金属 Gd をドーピングした III 族窒化半導体は、室温でも強磁性を示し、かつシャープな発光も観測し、新しいスピントロニクスデバイス創製のために有望な材料であることを明らかにしている。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。