

Title	Study on GaN-Based Diluted Magnetic Semiconductor and Their Nano-spintronics Device Applications
Author(s)	金, 武成
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/46939">https://hdl.handle.net/11094/46939</a>
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、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名	金 武 成
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 20341 号
学位授与年月日	平成 18 年 3 月 24 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 GaN-Based Diluted Magnetic Semiconductor and Their Nano-spintronics Device Applications (GaN ベース希薄磁性半導体とそのナノスピントロニクスデバイス応用に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 朝日 一  (副査) 教授 飯田 敏行 教授 田中 和夫 教授 西川 雅弘 教授 兒玉 了祐 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、半導体スピントロニクス材料として有望な GaN ベース希薄磁性半導体のヘテロ構造を作製し、希薄磁性半導体間のスピン依存輸送効果を利用する新機能ナノスピントロニクスデバイスへの応用可能性を明らかとしたことを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、本研究の背景と目的を明らかにした。

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、本研究で用いた試料に対する評価法についても述べた。

第 3 章では、プラズマ MBE 法を用いた GaCrN/GaN/GaCrN 三層構造の作製方法を説明し、それらの構造、磁気、電気的特性について述べた。特に、Cr 濃度の異なる試料に対し、磁場の変化による磁気抵抗のヒステリシスが観測されており、Cr 濃度差が大きくなるほどヒステリシスが大きくなっていることを述べた。これは GaCrN 層間のスピン依存輸送過程で起こる現象であることを明らかにし、更に平坦な界面を持つトンネル障壁の形成やヘテロ構造の最適化による応用性が高いトンネル磁気抵抗効果の可能性を提案した。

第 4 章では、良質の結晶や平坦な表面を持つ AlN 層の最適成長条件を明らかにした後、プラズマ MBE 法を用いた GaCrN/AlN/GaCrN 三層構造の作製方法を説明し、それらの構造、磁気、電気的特性を示した。77 K で 0.1% のトンネル磁気抵抗比を持つトンネル磁気抵抗効果を初めて観測できたことに関して述べた。また、トンネル磁気抵抗比はまだ小さいものであるが、77 K の高温での観測は希薄磁性半導体で初めての結果であることから、この材料系の可能性を明らかにした。

第 5 章では、プラズマ MBE 法を用いた DyN/GaN 超格子の作製方法を説明した。PL、ラマン散乱、X 線回折測定により、それらの光学特性と結晶性を明らかにした。その結果から超格子の界面に混晶の GaDyN の存在可能性を確認し、更に室温まで強磁性成分を示していることで GaDyN は希薄磁性半導体として有望であることを示した。また、電気測定から、スピんに依存した明確な磁気抵抗効果の観測を説明した。ヘテロ構造の最適化によるデバイス応用可

能性も示した。

第6章では、本研究で得られた成果について要約した。

### 論文審査の結果の要旨

電子デバイスの超高速化、省エネルギー化、情報記録の大容量化、不揮発性という性能、機能を向上させるために、電子のスピンを積極的に利用しようという研究がスピントロニクスという名称で盛んに研究されている。本論文では、半導体スピントロニクス材料として有望な GaN ベース希薄磁性半導体のヘテロ構造をプラズマ励起 MBE 法により成長し、希薄磁性半導体間のスピン依存輸送を利用する新機能ナノスピントロニクスデバイスへの応用に関して研究しており、以下の結果を得ている。

- (1) 作製したすべての GaCrN/GaN/GaCrN 三層構造が室温強磁性であることを明らかとしている。特に、GaCrN 上下2層間での Cr 濃度の異なる GaCrN/GaN/GaCrN 三層構造に対し、磁場の変化による磁気抵抗のヒステリシスが観測されており、Cr 濃度差が大きくなるほどヒステリシスが大きくなっていることを述べている。これらの結果は GaCrN 層間のスピン依存による磁気抵抗効果であることを明らかとしている。この結果に基づき、平坦な界面を持つトンネル障壁の形成やヘテロ構造の最適化することにより、応用性の高いトンネル磁気抵抗効果の可能性を提案している。
- (2) Al シャッター開閉成長方法の採用により、良質の結晶であり平坦な表面を持つ AlN 層を得ることに成功している。GaCrN/AlN/GaCrN 三層構造を成長し、平坦な界面が形成され、トンネル接合が形成されていることを確認している。これを用いてトンネルデバイスを作製し、77 K で 0.1% のトンネル磁気抵抗比を持つトンネル磁気抵抗効果の観測に成功している。77 K の高温での観測は希薄磁性半導体で初めての結果であることから、この材料系の応用可能性が高いことを明らかとしている。
- (3) DyN/GaN 超格子構造を成長し、スピントロニクス材料としての応用可能性を検討している。PL、ラマン散乱測定により、超格子の界面に混晶の GaDyN の存在可能性を確認している。更に室温まで強磁性成分を示していることで GaDyN は希薄磁性半導体として有望であることを示している。また、スピン依存による磁気抵抗効果の観測から、デバイス応用可能性を明らかとしている。

以上のように、本論文は窒化物半導体 GaN をベースとした新しい室温強磁性半導体 GaCrN を用いたヘテロ構造(三層構造)を成長し、スピンの依存した明確な磁気抵抗効果ならびにトンネル磁気抵抗効果の観測に成功している。更に、希土類添加の磁性半導体ヘテロ構造でもスピンの依存した磁気抵抗効果の観測に成功している。これらの結果により、窒化物半導体 GaN をベースとした強磁性半導体の半導体スピントロニクスデバイス応用の可能性を示している。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。