

PA-MBE 法による Si ドープ GaN/TbN 超格子構造の作製と磁気光学特性の評価

Magneto-optical characterization of Si doped GaN/TbN superlattice structures grown by PA-MBE

大阪大学 産研, ○藤森 三志朗, 長谷川 繁彦

ISIR-SANKEN, Osaka Univ. ○Sanshiro Fujimori, Shigehiko Hasegawa

E-mail: fujimori21@sanken.osaka-u.ac.jp

[はじめに] 磁気メモリなどのデバイスに応用可能な半導体スピントロニクス材料創製を目指し、ワイドギャップ半導体GaNに磁性元素として遷移金属や希土類元素(RE)の添加が試みられてきた。我々はGaNにTbを添加したところ、その磁化(M - H)曲線は300Kにおいてもヒステリシスを示すことがあること[1]、磁性元素TbをGaNへ δ 型挿入したGaN/TbN超格子構造が作製可能なことや臨界膜厚の見積もり、単位磁性イオンあたりの磁化の増大など[2, 3]を報告してきた。本研究では、GaN/TbN超格子構造においてさらなる磁化の増大を目指して、磁性層内の交換相互作用の誘起のため非磁性層から磁性層へのキャリア注入を検討し、SiドープGaN/TbN超格子構造の作製とその評価を行った。また、強磁性発現機構の解明を目指し、SiドープおよびアンドープGaN/TbN超格子構造について、超伝導量子干渉素子(SQUID)磁力計により得られた磁気特性と、磁気円二色性(MCD)測定で得られた磁気光学特性、フォトルミネッセンス(PL)で得られた光学特性との比較検討を行った。

[実験と結果] GaN/TbN超格子構造およびSiドープGaN/TbN超格子構造はプラズマ支援分子線エピタキシー(PA-MBE)法で作製した。成長中の表面構造評価は反射高速電子回折を、二次相である岩塩型(rs -)TbNの析出の有無、超格子構造の周期構造、および膜厚の評価はX線回折(XRD)および透過型電子顕微鏡(TEM)を、磁気特性評価はSQUID磁力計を、磁気光学特性評価はMCDを、光学特性評価はPLを用いた。

試料はA-Cの3種類作製し、XRD測定の結果、全てのサンプルでその構造を反映したサテライトピークが観測され、超格子構造が作製できていることが確認でき、GaN/TbN超格子構造(サンプルA、B)においては、それぞれ22 ML (5.5 nm) GaN/0.4 ML (0.1 nm) TbN、23 ML (5.75 nm) GaN/1 ML (0.25 nm) TbN、SiドープGaN/TbN超格子構造(サンプルC)においては21 ML (5.25 nm) GaN/0.5 ML (0.125 nm) TbNと見積もられた。Fig. 1にサンプルCの M - H 曲線を示す。5Kおよび10Kで wz -TbNの強磁性成分に由来すると考えられる顕著なヒステリシスが観測され、それは300Kにおいてもわずかに見られた。Fig. 2にサンプルBとGaNテンプレートのMCD測定の結果を示す。サンプルBにおいて、GaNテンプレートには見られない新たなブロードなピーク(370-430 nm)が観測されたが、これはTbのドーピングがスピンに依存した電子状態を形成していることを示している。また、GaNバンド端のMCD強度の温度依存性はほとんど見られなかったが、ブロードなピークに関しては温度の上昇とともにMCD強度の減少が見られ、磁気特性に関与し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)ならびに「人・環境と物質をつなぐイノベーション創出ダイナミック・アライアンス」の支援を受けた。

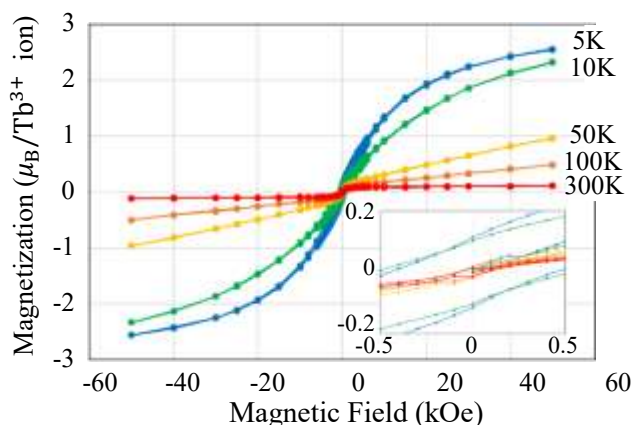


Fig. 1. M - H curves of sample C at 5, 10, 50, 100, and 300K.

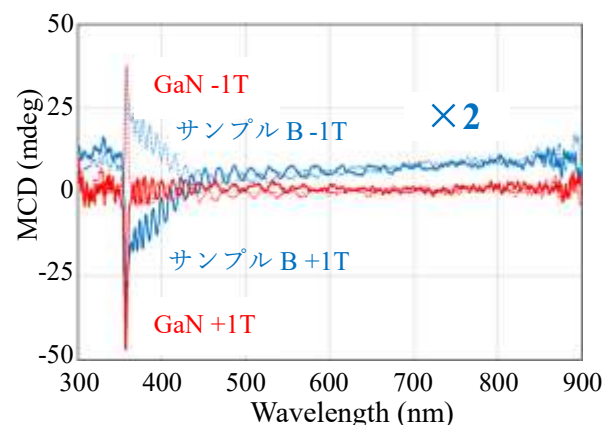


Fig. 2. MCD spectra of sample C and GaN template at 20K.

[1] 藤森、長谷川、柳谷：第65回応用物理学会春季学術講演会、17p-P10-3 (2018).

[2] 藤森、長谷川：第79回応用物理学会秋季学術講演会、18p-PB1-4 (2018).

[3] 藤森、長谷川：第66回応用物理学会春季学術講演会、9p-PB1-35 (2019).