

GaN/TbN 短周期超格子形成とその磁気光学特性評価 (その 2)

- TbN 井戸層幅依存性 -

Formation of GaN/TbN short-period superlattices and magneto-optical property (II)

- TbN well width dependence -

阪大産研, ○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] 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。最近、我々はGaNにTbを添加したところ、GaN(0002)回折ピークの低角側にGaTbN(0002)回折ピークが現れ、そのシフト量は添加したTb濃度に依存していること[1]、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[2,3]などを報告してきた。室温強磁性発現にはTbの高濃度添加が不可欠と考えられる。我々は再現性良く室温強磁性を発現させるために磁性半導体TbNのGaNへの δ 型挿入によるGaN/TbN短周期超格子構造形成を検討している。本研究では、TbN井戸層幅を変えたGaN/TbN超格子構造を作製し、その成長モードと結晶構造について $in-situ$ および $ex-situ$ 分析を行い、GaN/TbN短周期超格子構造作製の実現可能性の検討をした。また、強磁性発現機構の解明を目指し、GaTbN単層構造およびGaN/TbN超格子構造について磁気特性と磁気光学特性との比較検討を行った。

[実験と結果] GaTbN単層構造および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(RHEED)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、磁気特性評価は超伝導量子干渉素子(SQUID)磁力計を、磁気光学特性評価は磁気円二色性(MCD)を用いた。試料はA-Dの4種類作製し、単層構造(sample A)はGaTbN層が160 nm、超格子構造3種(samples B, C, and D)においては、それぞれ22 ML (5.5 nm) GaN/1.4 ML (0.35 nm) TbN、22 ML (5.5 nm) GaN/2 ML (0.5 nm) TbN、22 ML (5.5 nm) GaN/4 ML (1 nm) TbNとなるように設計した。XRD測定において、サンプルBとCについては、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た。XRDの結果とFig. 1に示したSample CのSTEM画像から、 wz -GaN/ wz -TbN系における臨界膜厚は0.25-0.5 nm(1-2 ML)と見積もられる。Fig. 2にSample Cの $M-H$ 曲線を示す。5Kおよび50Kで wz -TbNの強磁性成分に由来すると考えられるヒステリシスが観測された。またMCD測定において、Sample CのGaNのバンド端付近(370-420 nm)にブロードなピークが観測されたが、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。

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。

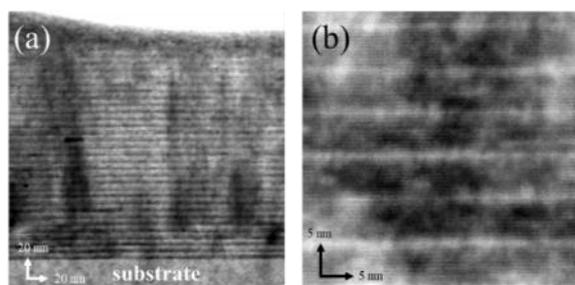


Fig. 1. Cross-sectional STEM (a) bright field (BF) and (b) enlarged dark field (DF) images of sample C.

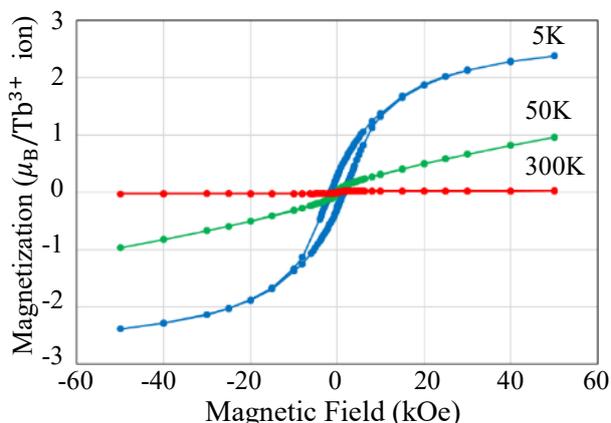


Fig. 2. $M-H$ curves of sample C at 5, 50, and 300K.

[1] 柳谷, 長谷川 : 第64回応用物理学会春季学術講演会, 17p-P3-8 (2017).

[2] 柳谷, 藤森, 長谷川 : 第22回「半導体スピン工学の基礎と応用」研究会, O-11 (2017).

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