GdN モル分率 100%まで増大させた Ga_{1-x}Gd_xN/GaN 超格子構造の 磁気および磁気光学特性 Magnetic and magneto-optical properties of Ga_{1-x}Gd_xN/GaN superlattices with GdN mole fraction enhanced up to 100% 阪大産研 ⁰菅田 好人、長谷川 繁彦 ISIR-SANKEN, Osaka Univ. °Y. Sugeta and S. Hasegawa E-mail: sugeta21@sanken.osaka-u.ac.jp

我々は Gd 添加 GaN を半導体スピントロニクスの材料として研究してきており、GaGdN が室温 でも磁化曲線がヒステリシスを持つことを報告している。Ga_{1-x}Gd_xN ($x \le 8$ %)の強磁性的振る舞い は多くのグループによって報告されているが、その強磁性の起源は未解決である。一方、二次相 として現れる岩塩型構造の GdN はキュリー温度(T_{C}) ~70 K の強磁性を示すことが知られている。 岩塩型構造の GdN において Gd サイトは八面体配置であるが、ウルツ鉱型か閃亜鉛鉱型構造であ る GaGdN の Gd サイトは四面体配置と考えられる。今回、GdN のモル分率 $x \in 8$ % $\le x \le 100$ %の 範囲で変化させた Ga_{1-x}Gd_xN/GaN 超格子構造の成長を行い、その磁化および磁気光学特性につい て調べたので報告する。

50 周期の[Ga_{1-x}Gd_xN(1 nm)/GaN(5.5 nm)]からなる磁性/非磁性半導体超格子構造をプラズマ支援 分子線エピタキシー法(RF-MBE)を用いて厚さ2 μ m のu-GaNテンプレート上に650 °C で成長した。 るドープと変調ドープの手法を用いて、磁性層の GdN モル分率(x = 8, 40, 100%)と非磁性層の Si ドープを変えた6つの超格子サンプルを用意した。Ga と Gd のビーム等価圧力はそれぞれ1.8×10⁻⁷, 8×10⁻⁹ Torr で、活性窒素は流量1.5 sccm の N₂ と 270 W の RF で動作するプラズマセルによって供 給した。超格子構造の形成はX線回折を用いて確認した。磁化および磁気光学特性はそれぞれ SQUID と磁気円二色性(MCD)を用いて測定した。

Fig.1 に Ga_{1-x}Gd_xN/GaN 超格子 (x=100%、Si ドープ無し) における 300 Oe での field-cooled (FC) と zero-field-cooled (ZFC)の磁化の温度依存性(*M*-*T*)を示す。また、対応する 10 K での磁化(*M*-*H*)曲線を挿入図に示す。この図から T_{C} ~70 K の強磁性を確認できる。 T_{C} 以下の温度では FC、ZFC の *M*-*T* 曲線の分離が確認できる。それに加え、10 K 以下の温度で磁化が急激に増加している。これ らの結果から超常磁性と常磁性の振る舞いを示す領域が共に存在していることを示している。x> 40%の超格子は Si ドープの有無にかかわらず同様の特性を示した。Fig.2 に 20 K での 10 kOe の面 直磁場下における MCD スペクトルを示す。Si ドープの有無にかかわらず x > 40%の超格子では 830 nm あたりを中心とするブロードなピークが GaN のバンドギャップ中に現れた。挿入図に x= 100%で Si ドープ無しの超格子を 20, 60, 80 K で測定した 830 nm の MCD 強度の磁場依存を示す。 T_{C} 以下の温度でヒステリシスループが観測された。これはx > 40%の超格子の強磁性を支持する。 GaGdN の結晶構造と電子構造の観点から GaGdN/GaN 超格子の強磁性の起源について議論する。



Fig. 1: FC and ZFC *M*-*T* curves for the Ga_{1-x}Gd_xN/GaN SL sample with x = 100%. The corresponding *M*-*H* curve at 10 K is shown in the inset.



Fig. 2: MCD spectra for the Ga_{1-x}Gd_xN/GaN SL samples taken at 20 K with an out-of-plane magnetic field of 10 kOe. Inset: Magnetic field dependence of 830 nm MCD peak intensity measured at 20, 60, and 80 K