

論文題目要旨

学位申請者：太田 智陽

論文題目：Studies on van der Waals ferromagnetic metal Fe_5GeTe_2 for spintronic devices (スピントロニクスデバイスへ向けた原子層強磁性金属 Fe_5GeTe_2 の研究)

論文要旨：

2010 年代以降、原子層磁性体に関する研究が急進展している。その中でも Fe_nGeTe_2 の組成比を持つ物質群は、比較的高いキュリー温度 ($T_c > 200 \text{ K}$) や垂直磁気異方性、金属的な伝導特性を示し、応用の観点から魅力的な物性を有する。特に、 Fe_5GeTe_2 (FGT) は室温を超える高い T_c ($\sim 310 \text{ K}$) を有することから、磁気デバイスへの応用が期待されている。一方で、結晶内の高い磁性元素の充填率に起因した複雑な磁気特性の詳細や、スピントロニクス材料としての性能は未解明であった。

そこで本研究では、FGT をスピントロニクスデバイスに應用するという観点から、FGT 薄膜デバイスの研究を遂行した。まず着目した点が、FGT 母結晶を合成する方法である。FGT 中には、3 つの異なる Fe サイトが存在し、そのうち 2 つは 310 K 近傍で秩序化するが、Fe1 サイトと呼ばれる Fe 原子のみ 120 K 付近で秩序化する。本研究では、Fe1 サイトの特性に大きな影響を与えることが知られている、①結晶合成法と②他原子置換に着目した。結晶合成後に急冷を行った FGT は、徐冷を行ったものと比べて、Fe1 秩序化温度以下で薄膜デバイスの保磁力に大きな違いが生じた。また、FGT の Fe の一部を Co で置換すると、磁気相の変調や Fe1 サイトの優先的置換の影響が薄膜においても明瞭に表れることが分かった。さらに置換率 46% である反強磁性相では、薄膜デバイスにおいてスピントロニクス転移にヒステリシスを観測した。

次にスピントロニクスデバイスへの展開の観点から、FGT/Cu/Ni-Fe の 3 層構造デバイスを作製し、スピントロニクス強磁性共鳴法を用いて、③ FGT におけるスピンホール効果を測定した。その結果、強磁性転移温度付近でスピンホール効果が急激に増大することを明らかにした。さらに、典型的なスピンホール材料である Pt や W に匹敵するスピンホール伝導度を示し、その値は磁性の発現と共に 1 桁ほど変調できることが分かった。

本研究では、結晶合成法や他元素置換が FGT の薄膜磁性に大きな影響を与えることを示しただけでなく、FGT のスピン伝導特性の評価にも成功した。これらの結果は、FGT 薄膜の磁気特性に関して新たな知見を与えただけでなく、FGT をはじめとする原子層強磁性金属の磁気デバイスへの応用可能性を大きく広げるものである。