

スピントロニクスデバイス用室温ハーフメタルの探索

Search of halfmetals at RT for spintronics devices

物材機構¹, さきがけ², 筑波大³ ○高橋有紀子^{1,2}, A. Rajanikanth¹, B. Varaprasad³, 宝野 和博^{1,3}

NIMS¹, PREST², Tsukuba Univ.³ ○Y.K. Takahashi^{1,2}, A. Rajanikanth¹, B. Varaprasad³ and K. Hono^{1,3}

E-mail: takahashi.yukiko@nims.go.jp

スピントロニクスデバイスのさらなる高性能化には、室温で動作する高スピン偏極源の開発が必要である。高スピン偏極源として Co 基ホイスラー合金などがハーフメタルとして理論的に予測されているが、ホイスラー合金を強磁性電極としたスピントロニクスデバイス(例えば、TMR 素子や CPP-GMR 素子)では室温で高い MR 比が得られていない。それは完全に規則化したホイスラー合金が得られていないために、スピン偏極率が低いためである。ホイスラー合金は完全に規則化した場合 X_2YZ の $L2_1$ 構造を示し、理論的にハーフメタルが予測されている。しかし、 $L2_1$ 構造への規則化傾向が弱い場合完全な $L2_1$ 構造を得るのはバルク合金でさえも困難である。プロセス上の制約で完全な $L2_1$ 規則構造を実現するのが困難であれば、少々不規則状態を導入されても高いスピン偏極率を示す材料を実験的に探索する方が現実的である。そのために、合金元素を変化させたり、第 4 元素を添加させたり、さまざまな不規則状態を導入させた合金のスピン偏極率を系統的に検討する必要がある。そこで本研究では、超伝導・常伝導界面での電子伝導で起こるアンドレーフ反射を応用した点接触アンドレーフ反射(PCAR)法によるスピン偏極率の直接測定により高いスピン偏極率を示す材料の探索を行ってきた。

Co_2MnGe は $L2_1$ 規則化傾向が高くキュリー点が 905 K と高い。また理論計算ではハーフメタルとされている材料である。しかし、 Co_2MnGe の PCAR で評価したスピン偏極率は 0.6 であり、これを使った強磁性トンネル接合でも高い TMR 比は得られていない。一方で、 Co_2MnGa の DOS には E_f 付近に \uparrow スピンの状態の大きな山がある。Ge と Ga は価電子数が 1 つ違うので、 Co_2MnGe の Ge を Ga で置換していくことによる \uparrow スピンの状態を増加させ、高スピン偏極率を得ることを目的とした。

Co_2MnGe の Ge を Ga で置換していくと、 $Co_2MnGe_{0.5}Ga_{0.5}$ までは $L2_1/B2$ の規則・不規則変態点が融点以上の金属間化合物であることがわかり、TEM 観察より $L2_1$ 単相であることがわかった。図 1 に $Co_2MnGe_{1-x}Ga_x$ のコンダクタンス曲線とスピン偏極率の Ga 濃度依存性を示す。 Co_2MnGa と Co_2MnGe ではゼロバイアスでのコンダクタンスが 0.9 程度であるのに対し、 $Co_2MnGe_{0.75}Ga_{0.25}$ では 0.6 まで減少していることがわかる。これは $Co_2MnGe_{0.75}Ga_{0.25}$ ではアンドレーフ反射がより抑制されていることを意味し、他の合金と比較して高いスピン偏極率を持つことを意味する。コンダクタンス曲線を拡張 BTK モデルでフィッティングし得られたスピン偏極率を Ga 濃度に対して示したのが図 2 である。Ga 濃度が 25% のところで最大 0.74 を示し、この値は PCAR 法で評価した強磁性金属の中では最大の値となっている。

Ref. B. Varaprasad *et al.*, APEX3, 023002 (2010)

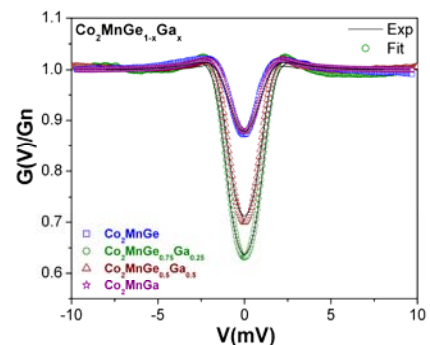


図 1 $Co_2MnGe_{1-x}Ga_x$ 合金のコンダクタンス曲線

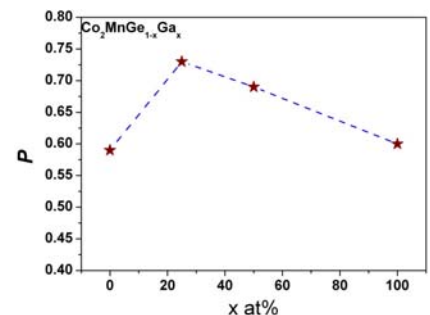


図 2 $Co_2MnGe_{1-x}Ga_x$ 合金のスピン偏極率の Ga 濃度依存性