(In,Fe)As/(Ga,Fe)Sb スピンダイオードにおける巨大磁気抵抗効果のバイアス依存性および温度依存性

Bias and temperature dependence of giant magnetoresistance in (In,Fe)As/(Ga,Fe)Sb spin diodes

東工大工 [1]，東大工 [2]　○大塚 友絢 [1]，荒川 雄斗 [1]，西嶋 健人 [1]，田中雅明 [2]，ファムナムハイ [1,2]

Tokyo Inst. Tech. [1], Univ. Tokyo[2], °T. Otsuka[1], Y. Arakawa[1], K. Nishijima[1], M. Tanaka[2], P. N. Hai[1,2]

E-mail: ootuka.t.aa@m.titech.ac.jp

近年、強磁性半導体は能動的なスピンデバイスの実現の可能性などから大変注目されている。特に、鉄系強磁性半導体は p 型強磁性半導体だけではなく n 型強磁性半導体の実現が確認されており[1,2]、また室温強磁性も実現している[3]。我々は鉄系 p 型強磁性半導体(Ga,Fe)Sb と n 型強磁性半導体(In,Fe)As による p-n 接合スピンダイオードを作製、500%を超える超巨大な磁気抵抗効果を観測した[4]。今回は、p 型 InAs(001)に 100nm InAs:Be / 100nm GaSb:Be / 40 nm $(Ga_{1-x},Fe_x)Sb$ (x=13.6) / 10 nm $(In_{1-x},Fe_x)As$ (x=5.3) / 5nm InAs:Be を成長したスピンダイオードにおける磁気抵抗効果のバイアス依存性と温度依存性を調べた。

図 1(a)に 19 K において様々なバイアス電圧を印加した時の磁気抵抗を示す。印加電圧が 100 ~ 200 mV では最大 600%と非常に超巨大な磁気抵抗効果を観測した。さらに印加電圧を上げた 200 mV 以上の領域でも、概ね 200%の磁気抵抗効果を観測した。この結果は、(Ga,Fe)Sb と(In,Fe)As のバンド位置の関係から説明ができた。すなわち、100 ~ 200 mV のバイアス領域において、(Ga,Fe)Sb の価電子帯上端と(In,Fe)As の伝導帯下端が重なり、スピンバルブ効果により非常に高い磁気抵抗が得られる。また、磁気抵抗曲線（抵抗の磁場依存性）の温度依存性を図 1(b)に示す。温度が(In,Fe)As のキュリー温度(約 50 K)より低い 30 K と 40 K では同様な磁気抵抗効果も観測した。一方、70 K では 4 kG 付近の急激な抵抗の上昇が見られなくなり、正の磁気抵抗だけが確認できた。また、温度を上げた(Ga,Fe)Sb のキュリー温度付近(130 K)のときには磁気抵抗効果もほぼ消えた。以上の現象をスピンバルブ効果およびバンドスピン分裂のモデルを用いて説明できる。

[1] P. N. Hai, L. D. Anh *et al.*, Appl. Phys. Lett. 101, 182403(2012). [2] N. T. Tu, P. N. Hai *et al.* Appl. Phys. Lett. 105, 132402 (2014). [3] N. T. Tu, P. N. Hai *et al.*, Appl. Phys. Lett. 108, 192401 (2016). [4] T. Otsuka, Y. Arakawa *et al.*, 9th International Conference on Physics and Applications of Spin-Related Phenomena in Solids, O-18, Kobe (2016).

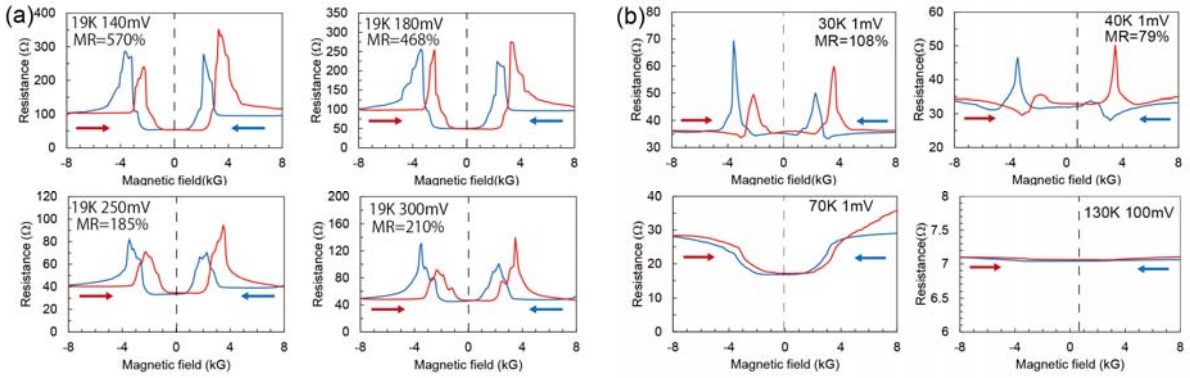

Fig. 1(a) Giant magnetoresistance of 10 nm (In,Fe)As / 40 nm (Ga,Fe)Sb at several bias voltages, measured at 19 K. (b) Temperature dependence of magnetoresistance of the same sample.