(In,Fe)Sb 異常ホール効果磁気センサーの出力改善

Improvement of output in anomalous Hall effect sensors using (In,Fe)Sb

東工大工¹, 東大工², ^O高橋 駿輔¹, ケフィン エカプトラ ヨハル¹, 田中 雅明², ファム ナム ハイ^{1,2}

Tokyo Tech.¹, Univ. Tokyo², ^oShunsuke Takahashi¹, Kevin Ekaputra Yohar¹, Masaaki Tanaka², Pham Nam Hai^{1,2}

E-mail: takahashi.s.bo@m.titech.ac.jp

正常ホール効果を用いた磁気センサーは、電 流計測やモータ制御などで広く利用されてお り、常に磁気感度向上の要求がある。市場の高 感度な磁気センサーとして、高移動度化合物半 導体 InSb や磁性体フェライトなどを組み合わ せたデバイスがある。しかし特にフェライトと InSb を組み合わせたセンサーには、高感度だ が非線形な特性をもつデメリットが存在する。 一方で鉄系強磁性半導体(In,Fe)Sb は、InSb に Fe 原子を添加した材料であり室温強磁性を有 し大きな異常ホール効果を示すことが確認さ れている[1]。特に δ -doping 法を用いた試料で 高い磁気感度と線形性が示されていることで、 磁気センサーの材料として期待されている[2]。 しかし、定電圧駆動時の出力電圧の低さが課題 である。それは試料の抵抗率が高く、バイアス 電流が数µA と小さいことが要因であるが、抵 抗率は異常ホール効果とトレードオフの関係 にあるため、抵抗率を下げることによる解決は 見込めないと考えられる。そこで、本研究では、 (In,Fe)Sb 磁気センサーにおける出力電圧の向 上を目的として、ホールバーの並列化による異 常ホール効果の評価を行った。

試料には13%でFe原子を均一にドープした 10 nmの(In,Fe)Sb 薄膜を用いた。分子線エピタ キシャル法により成膜を行い、磁気円二色性 (MCD)測定によってキュリー温度が230 K で あることを確認した。その後、ホールバーを並 列させた形状に加工し、出力電圧の改善を試み た。

ホールセンサーにおける出力電圧について、 電極の短絡効果によってホールバーのサイズ 比 W/L が 1 を超えると急激に減少することが 知られている。そのため、W/L 比を増やすこと による改善は難しいと考えられている[3]。そ こで、本研究では、Fig. 1(a)に示すように、 W/L=0.1 と小さい微小ホールバーをn個 (n=4、 8、12、16) 並列した形状の素子を作製した。 Fig. 1(b) に各ホールバーにおけるホール電圧 の印加磁場依存性の結果を示す。また、印加磁 場 0.5 T での磁気感度を Fig. 1(c)に示す。これ より n に対して磁気感度が増加傾向であるこ とが確認できた。これは、従来の電極短絡によ るホールバーのサイズ制限を超えたものであ り、形状の最適化による出力電圧の改善ができ ることを示した。

Refs: [1] N. T. Tu, et al., Appl. Phys. Express **11**, 063005 (2018); Appl. Phys. Express **12**, 103004 (2019). [2] K. Nishijima, N. T. Tu, M. Tanaka, P. N. Hai, J. Cryst. Growth. **511**, 127 (2019). [3] I. Isenberg, B. R. Russell, R. F. Greene, Rev. Sci. Instrum. **19**, 685 (1948).



Fig. 1. (a) Schematic structure of our Hall bars with *n* parallel channels and electric measurement circuit. Blue area shows the uniform doped (In,Fe)Sb material. (b) Hall voltage *vs.* external magnetic field of Hall bars with various channel numbers n = 4, 8, 12, 16 at 200 K. (c) Magnetic field sensitivity as a function of the channel number *n* at 0.5 T.