**２０．強磁性体のホール効果**

１．はじめに

現在の、エレクトロニクスにおいて小消費電力化、大容量化といった目的の下、本来同じ起源でありながら別々に使用されてきた電子の持つ二通りのことなる性質、すなわち電荷とスピンを同時に利用しようという試みがなされている。本実験の目的は、その異なる性質を電気的側面から理解することにある。そこで、半導体、磁性体材料中のキャリアの数、ならびに個々のキャリアの動きやすさを表す移動度を求め、電気伝導に関する理解を深める。

２．解説

２－１．理論

電気伝導に関するマクロな現象は、電圧、電流、位相の位置および時間に対する関数で理解される。しかしながら物質科学の側面から見ると、その本質は電荷を運ぶ粒子（キャリア）の振る舞いにあるといえる。キャリアの種類としては、電子、正孔、正負のイオン等があるが、このうち電子と正孔が同数存在し、全体として電気的中性を保っている。このような状態にある半導体を「真性半導体」と称する。一方、特定の不純物を含む半導体は、電子または正孔の濃度が真性半導体と比較して高くなる。このような半導体は「不純物半導体」と呼ばれ、増加したキャリアとイオン化した不純物の数によって電気的中性が維持される。その電気的特性は、キャリア密度（単位体積あたりのキャリアの数）と移動度（単位電界あたりのキャリアの平均的な移動速度）によって特徴づけられる。

抵抗率**、キャリア密度*n*、移動度**の間には、

** = 1/(*e*・*n*・** ) （2-1）

の関係がある。ここでは、*e*は電気素量である。（2-1）式がわかれば、キャリア密度*n*、移動度**、抵抗率**の三つのうち二つを測定することにより、あとの一つも求められる。

本実験においては、半導体Si及び強磁性体(La0.7Ba0.3)MnO3の抵抗率をvan der Pauw法により測定し、次にHall測定によりHall起電力VHを測定しキャリア密度*n*を求めることによって、キャリアの移動度** を算出する。

２－２．Hall効果

電荷や熱エネルギーを運ぶ担体である電子や正孔が磁界によってローレンツ力を受けた結果、電位差や温度差を発生する現象を広義の電流磁気効果と呼ぶ。この電流磁気効果は、電流、磁束密度および発生する電界の方向の相対的な方位関係で、二つの効果に大別される。電流および磁束密度の大きさとそれらのなす角度に依存して、電流ベクトルと磁束密度ベクトルによってつくられる平面の法線方向に電界が発生する現象と、この面内に電界が発生する現象の二つがある。このうちの前者を本実験で取り扱うHall効果といい、後者を磁気抵抗効果という。

３．実験方法

以下に実験の概略を記す。

図. 1 試料結線の例

1. 試料をホルダーごとステージにのせ、電線の結線を行う。ただし、試料ホルダーをのせる前にホルダー裏面に両面テープを貼り付け測定架台にしっかりと貼り付ける。このとき試料架台に過剰な圧力を加えないこと。（取り付けはTAが行います。）
2. 図１の①～④の電極に（①、②）：電流源、（③、④）：電圧計の組み合わせで各電極端子間の電流に対する電圧を測定する。（例：（②、③）：電流源、（④、①）：電圧計→（③、④）：電流源、（①、②）：電圧計→～）なお、測定架台の概略図は、図.2に示す。
3. 得られた端子間の電圧値から（3-1）式と別紙換算表を用いて抵抗率を算出する。

図.2 測定架台の概略図

　　  （3-1）

　　試料の厚みはSiが0.630 mm, (La, Sr )MnO3が1 mである。

1. 対極電圧間に一定の電流を流し、Hall電圧を測定する。（磁石１からはじめる。）

**注意事項**

**測定に使用する永久磁石は非常に強力なものであるので、磁化する可能性のあるもの、磁気情報が破壊される可能性のあるものは磁石に近づけないようにすること。**

1. ついで、磁石の交換を行い。磁場に対するHall起電力の依存性を測定する。それぞれの磁石の磁場強度は、

 １．20、２．334、　3.　700、4.　900　（Gauss）

である。

1. 得られた式より式（3）を用いてキャリア密度を算出する。

 ここで、１Gaussは、1×10-4 Tである。

1. （2-1）式より移動度を求める。

４．データの整理

１）各磁界に対してHall起電圧の値を以下のように表を作成し読み取る。



２）１）で作成した表を元に磁界－Hall起電圧曲線を描く。

５．課題

１．得られた磁界－Hall起電圧曲線において半導体Siと強磁性体(La,Sr)MnO3を比較し、考察せよ。

２．１．の結果から同じである場合その理由、また同じでない場合その理由についてなぜそのような結果になったか考察せよ。

1. 得られた磁界－Hall曲線・移動度から現存する電子デバイスとは異なるロジックで動作する電子デバイスを１つ作製せよ。

６．参考文献

１）電気学会通信教育会 編，「電気学会大学講座　半導体デバイス」，オーム社．

２）ジョン・ウルフ 編，「材料科学入門IV　電子物性」，岩波書店．

３）御子柴宣夫 著，「半導体工学シリーズ２　半導体物理」，培風館．

４）青木　昌治 著，「電子物性工学」，コロナ社．

～その他参考書籍～

５）宮崎　照宣 著，「スピントロニクス―次世代メモリMRAMの基礎」，日刊工業新聞社．

６）菅野暁[ほか]編，「新しい磁気と光の科学：新材料と電場効果」，講談社．