



Title	縮退磁性半導体の研究
Author(s)	立川, 敏明
Citation	大阪大学, 1982, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/164">https://hdl.handle.net/11094/164</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名・(本籍)	立川 敏明
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 5749 号
学位授与の日付	昭和 57 年 7 月 20 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
学位論文題目	縮退磁性半導体の研究
論文審査委員	(主査) 教授 成田 信一郎 (副査) 教授 長谷田泰一郎 教授 藤田 英一 教授 吉森 昭夫 教授 邑瀬 和生

### 論文内容の要旨

よく知られているように、縮退半導体であるTe化物は、電気伝導特性や化学的結合状態に関して、金属と普通のII-VI半導体の中間の物質である。従ってこれらの半導体に磁性物質を固溶した物質—縮退磁性半導体—は、従来の他の物質ではみられないような、特異な種々の興味ある特性を示す。

本研究では、この問題を明らかにするためIV-Te化物に磁性物質のMnTeおよびCrTeを固溶した  $Pb_{1-x}Mn_xTe$ ,  $Sn_{1-x}Mn_xTe$ ,  $Ge_{1-x}Mn_xTe$  および  $Sn_{1-x}Cr_xTe$ について濃度  $x$  が 0.03~20at.%, 温度範囲 1.8~350K で、ESR, 抵抗率, 異常ホール効果および磁化の測定を行い、これより縮退磁性半導体のいくつかの特徴的な点を明らかにすることことができた。すなわちIV-Te化物中の磁気不純物は主に二通りの役割を果たした。その最初は磁気不純物が母体結晶の諸特性を調べるためのプローブとなる場合と、第二は磁性不純物自身がキャリアや他の磁気不純物スピンと相互作用し、種々の磁性を表わす場合とであった。

まず第一の点に関しては、主に添加した磁気不純物のESR測定を行い、その結果よりIV-Te化物の結合状態（共有性）、 $Pb_{1-x}Sn_xTe$ におけるバンド反転、 $SnTe$ における構造相転移および  $Sn_{1-x}Cr_xTe$  の磁気転移に関する情報を得ることができた。これらの結果は大まかに言って、従来多くの研究者による他の測定結果と一致した。

次に第二の点に関する縮退磁性半導体における磁性は、本研究の主テーマであり、種々の測定結果を問題点別に分類すると、1) s-d相互作用、2) スピン配列、3) 直接交換相互作用の3通りとなり各々以下のようにになった。

1) s-d相互作用はIV-Te化物結晶のバンドは大きな $\ell-s$ 結合を持つにもかかわらず、キャリアと磁

気不純物は強い交換相互作用によって、局所的な特異点を持つこと。

- 2) スピン配列は低温で強磁性となるが、そのキューリ温度は種々の測定で異なった値を持つこと。
- 3)  $x$  が2at.%を越えると、無視できなくなった磁気スピン間の直接交換相互作用によって、種々の測定値は  $x = 2\text{at.}\%$  を境に異常な振舞いが観測された。

以上、これらの磁性は一部分については他の物質系でも同様に見られるものもあるが、全般的には IV-Te 磁性半導体の複雑な面が顕著にあらわれたことに対応しているので、最後にこの物質系の磁性に関する今後の問題点を提起した。

### 論文の審査結果の要旨

代表的な半導体、Si, GaAs 等の他に新らしい半導体物質を開拓してゆくことは応用を拡げることを考えても大切なことと考えます。その一つとして磁性半導体があります。立川君はその中の一分野である縮退磁性半導体をとりあげました。これはまだあまり研究が進んでいない物質です。縮退磁性半導体というのは4価のPb, Sn, GeとTe, Seの化合物；PbTe, SnTe 等にMn, Cr 等の磁性物質を入れた半導体です。PbTe, SnTe 等は一般に結晶を作ると一立方cm中に  $10^{19} \sim 10^{21}$  の電子をもち、フェルミ準位は伝導帯の中に入るので物性物理の呼び名として縮退半導体の名があり、これに磁性原子を0.03 ~ 20at.%入れた物質を作り、1.8 ~ 350°K の温度範囲で ESR, 抵抗率, 異常ホール効果, 磁化率等の広い測定を行ったのがこの研究です。

縮退半導体に入った磁性原子は2通りの役割をします。その一つは母体結晶の諸特性をしらべる probe として、第2はキャリヤーや他の磁性原子と相互作用して種々興味深い物性を示します。

第1の点では ESR の測定を主として行いました。 $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$  の化合物合金は Pb と Sn の相対比によってバンド反転を行います。また SnTe, GeTe は温度変化によって NaCl 型から rhombohedral 型への構造相転移を行いますが、この磁性物質の ESR 変化をみるとことにより、これに関連した情報が得られることになります。

第2の点は縮退磁性半導体特有の性質の研究です。SnTe 中の磁性原子はその種類によって著しく異なる性質を示し、Mn は常磁性を示し、Cr は強磁性となります。 $\text{Sn}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  の抵抗率、異常ホール効果、ESR の測定により、この物質は6°K 以上で磁気転移が起ることが分り、その温度は  $x$  値には程んど依存しないことが分りました。

また  $\text{Pb}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  に対しては bottle neck 効果が測定されました。その結果、今まで PbTe や PbSnTe の伝導電子は一般に大きなg-因子をもっていることが知られていますが、PbMnTe では Mn 附近の電子だけは Mn の電子と同程度のg-因子をもつていて s-d 相互作用を容易に起すと結論されました。またこれ等の物質中で Mn が 2at.% 以上では容易にクラスターを作ることも種々の測定で明らかになりました。

このように縮退磁性半導体中の磁性原子のスピンは種々の磁性を示し、Random spin の問題として

新らしい問題を提起していると考えられます。

上に述べたように、この研究は半導体物質の研究の新らしい面を切り開くものと考えられ、博士論文として価値あるものと認めます。