

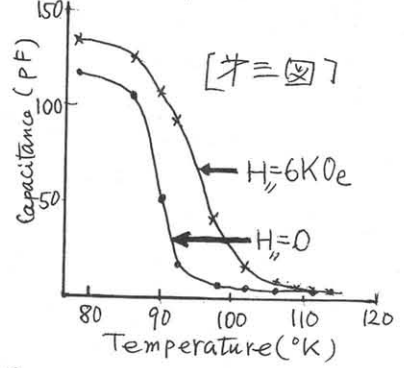
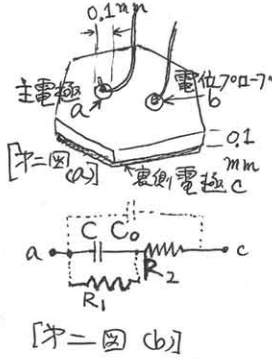
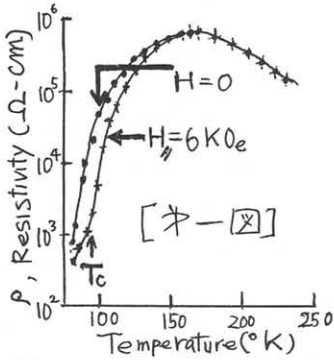
6-1 金属-磁性半導体接合に於ける新しい Magnetocapacitance 効果

RCA 基礎研

戸田 実

金属と CdCr_2Se_4 の p-n 接合が整流性を示すことは Wen 等の実験で示されたが、⁽¹⁾ 我々はキュリー温度以下で接合容量が磁場により増大し、 $C \sim 30V + V_0$ が成り立つことを報告した。⁽²⁾ 今回は CdCr_2Se_4 に金属を蒸着した時、その性質は全く新しい型の接合であることを示唆し、特に接合容量の磁場依存性が大きいことを報告する。この接合の出来る原因に、通常の ionized depletion layer に与る junction theory は適用出来ず、強磁性体特有の表面近くでは spin の ordering が減少していることによる band edge が高エネルギー側にずれて高抵抗層が現れると云う考えを種々な特徴と定性的に説明出来る。⁽³⁾ (Ni の薄膜で厚みの減少と共に T_c が減少することは周知である。⁽³⁾)

実験は In を 5% ドーパした CdCr_2Se_4 の単結晶を用いた。これを真空中で $570 \sim 600^\circ\text{C}$ で 24~40 時間焼くと、常温での比抵抗が下がり n 型になる。温度を下げると比抵抗は 160°K 付近で Maximum になりそれ以下で急激に降下する。 T_c は 89°K であるが T_c での比抵抗が低いので T_c 付近で表面の impedance を調べ易いことかこの結晶を用いた特徴である。(同じ至純の n 型の CdCr_2Se_4 では T_c 付近で比抵抗が高過ぎて Surface の impedance を測定出来ず)。比抵抗-温度の関係を一例に示す。比抵抗が低温で



減少するのは Magnetic Ordering があるためと考えられる。

この結晶を Fig. 2(a) のように薄板状に切り電極 a, b, c は全て In を蒸着した (Ag を用いてもよいは認められなかった)。a-c 間の抵抗を微小電圧で測定するとその値は同じ比抵抗のそのもので 500Ω から $10M\Omega$ までの値を示す。1kΩ 以下の抵抗を示すものは Ohmic Contact のようであり興味ある性質は現れはくが $100k\Omega$ 以上のものでは以下に述べる特徴を再現する。抵抗, I-V curve 等の測定に際しては a-c 間に電圧を印加し、電位プローブ b で bulk の電位を測定し $V_{a-c} \gg V_{b-c}$ と確認してこの時のみ測定を続けた。(裏面の c 電極の接合抵抗が極めて無視出来る)

この試料をマウントに於て 0.5 MHz に於ける複素インピーダンスを測定した。この時のインピーダンスは capacitive であり Fig. 2(b) の等価回路を測定したことに依る。 C_0 はマウント、リード線による容量、 C, R_1 は電極 a 近くの高抵抗層の容量と抵抗、 R_2 は bulk の抵抗である。 R_1 は a-c 間の直流抵抗が大きいので無視出来、 C_0 は別に単

独に測定して、実測インピーダンスから C_0 の効果ととり去った時のインピーダンスを計算し、 C と R_2 の直列回路の仮定より C を求めた。その結果をオ三図に示す。温度が上昇するにつれて C は減少し、表面に平行な磁場をかいた時の C の増大の様子も示されている。92~100°K の範囲で C は 6kOe の磁場により 4倍に増大している。直流バイアス電圧を ±1V 程度までかけた外 C の変化はほとんどなかった。これは従来の depletion layer type の junction には見られぬ特徴がある。

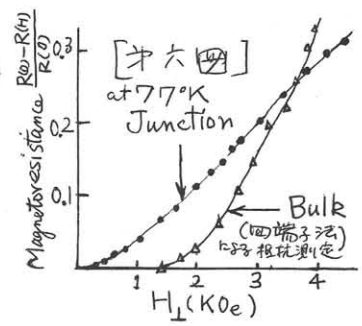
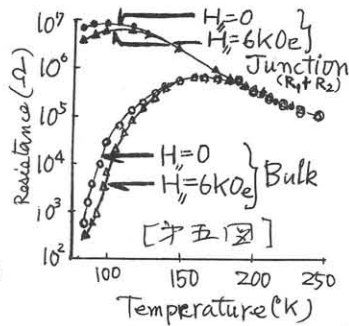
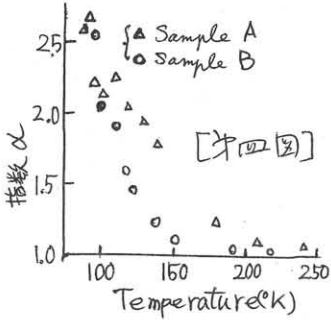


図4の I-V 特性を 0.1~1V の電圧範囲で調べたが $I \propto V^\alpha$ で表わされる非直線性がある。電圧の極性を反転させても I-V 特性はほとんど変らぬ。α の温度依存性をオ四図に示す。0.1V 以下の電圧では I は V に比例しこの時の抵抗 $\frac{V}{I} (=R_1+R_2)$ をオ五図に示す。この図にはオ一図の ρ のデータと電極等の dimension から推測した bulk の抵抗 R_2 を同時に示している。190°K 以上で両者の温度依存性がよく一致している。I-V の非直線性が 200°K 以下で現れること、と結合の抵抗が低温でも低下しないことは高抵抗層がこの温度域で表われることを意味する。非直線性は電場がこの層内で高いためだろう。オ六図は 77°K に於いて表面と垂直に磁場をかいた時の ρ の内層電圧抵抗の磁場による変化 (Magnetoresistance) を測定し印加磁場の函数として示している。同じ結晶に四端子をついて面と平行方向に電流を流して比抵抗を測定し同じ磁場による Magnetoresistance と比較すると、この場合は 1.4kOe までは Magnetoresistance は 0 である。これは結晶が強磁性体であるので磁気飽和を起すまでの印加磁場では H が大きく、誘起した磁極外及磁場を生み内層磁場を打ち消している。それ以上の印加磁場では磁気飽和のために H が小さくなり内層磁場は打ち消されずに増加し Magnetoresistance が現れる。junction の抵抗はこの効果も現れぬのは、高抵抗層内では強磁性が弱い (Spin ordering が乏しい) ことを意味する。

要約すると bulk の抵抗は低温域で Magnetic Ordering のために低下するとすれば表面で低下しないのは Magnetic Ordering が無いことになり、これを覆いつけるように反磁場効果が高抵抗層内では見られぬ。又高抵抗層の厚さは 570 Å (77°K で $\epsilon_s = 20$ と仮定して C の値より計算した) であるが、^{磁場により}厚さが減少し、電場では影響されぬ点はこの層が Magnetic Origin があることを support している。

貴重な Discussion, Suggestion をして戴いた十島氏に感謝し、又結晶を供給して戴いた岡本、岡田、実験を手伝って戴いた岩佐氏に感謝します。1) C.P. Wen et al IEEE Trans MAG-4 1702 (1968) 2) 十島, 物理学会 春, 秋 (1970) 3) M. Prutton "Thin Ferromagnetic Films" pp 232-257 Butterworth Co. London (1964)