

反強磁性合金 Cr-Co における抵抗極小の圧力効果

中山 和雄

◦ Cr は SDW (Spin Density Wave) と呼ばれる磁気秩序構造を持つことで知られている。この磁気構造は Cr の特異な電子構造によるものと理論的に予測され、SDW と電子構造との関係を明らかにすべく、Cr 合金の磁性が研究されて来た。

そのうち、周期律表で Cr に隣接している V, Mn を不純物として含む合金では rigid band model で多くの実験事実が説明された。しかしながら、Cr-Fe, Cr-Co 合金ではもはや rigid band model で期待される性質と全く異った実験結果が得られた。そのひとつは e/a (原子当りの電子数) を増大させているにもかかわらず、Neél 点 (T_N) は下降すると、さらには低温で電気抵抗極小が見出されたことである。これらの異常は Cr 中における Fe や Co が局在磁気モーメントを持つためであると考えられて来たが、Cr におけるこのような不純物効果は未だ充分には解明されていない。

本研究では Cr の SDW 状態における Co の振舞いを明らかにすることを目的とし、CrCo で見出される抵抗極小の精密な測定を常圧下と高圧下で行った。

◦ 実験には、純度 99.999 % の Cr と 99.99 % の Co からアルゴンプラズマジェット炉で溶解して作成した試料を用いた。これを真空中で熟処理し、電気抵抗測定用の棒状試料を切り出した。

常圧下で、濃度の異なる 0.5 %, 2 %, 4 %, 8 % の試料について 1.7 K ~ 320 K まで電気抵抗を測定し、 T_N および極小の変化と、関係について調べた。

高圧下では、SDW が圧力に敏感なことから、18.4 k bar の圧力まで 4.2 K ~ 310 K までの電気抵抗を 4 % の試料について測定し、 T_N と極小の変化と関係について調べた。

◦ 常圧下での測定結果は従来のものと一致した。特に、 T_N は、Co 濃度とともに 2 % 付近で I SDW から C SDW へ転移するという中性子回折の結果⁽¹⁾に対応して、不連続を示した。

また、抵抗極小についても、従来の結果と同様、0.5 % の試料では見出されないが 2 % 以上の 3 つの試料について見出された。本研究において、これら極小をとる温度

($T_{\min}$) の濃度依存性を解析したところ、

$$T_{\min} \propto (C - \alpha)^{1/5},$$

C : C_0 濃度, α : Incommensurable から Commensurable への転移濃度

(今の場合約 2 %)

という関係が見出され, $Cr-Fe$ における,

$$T_{\min} \propto C^{1/3},$$

と異った振舞いをしていることが明らかになった。このことから、抵抗極小は Commensurable SDW 状態の中で生じているものと考えられる。

一方、4 % の試料について、高压下での測定結果は次の通りである。まず、 T_N について、圧力とともに 3.1 k bar までは $dT_N/dp \sim -16$ K/k bar で下降し、3.1 k bar 以上では $dT_N/dp \sim -6$ K/k bar の勾配で下降する振舞いを示した。また、これらに対応して、各々の圧力範囲で T_N 付近の異常抵抗が大きく異っていることが見出された。

また、 $T_{\min}$ について、6.1 k bar までは $dT_{\min}/dp \sim +1.1$ K/k bar で上昇し、6.1 k bar 以上では $dT_{\min}/dp \sim -7.0$ K/k bar で急降下し、18.4 k bar では全く観測されなかった。これは本研究によって初めて見出された。

まず、 T_N の圧力係数、および T_N 付近の異常が 3 ~ 6 k bar 付近を境に大きく異っていることは、 $CrFe$ などの実験結果⁽²⁾ から判断して、圧力下で CSDW から ISDW への転移がおこっているためと推論できる。

この転移を仮定すると、抵抗極小の圧力下での振舞いの大きな変化は、常圧における結果と良く対応している。即ち、 $CrCo$ における抵抗極小は ISDW 状態中では見られず、CSDW 状態中でのみ、強く生じている。

さらにこの異常抵抗の温度依存性は、Kondo 効果による異常抵抗⁽³⁾ と同様であることが、解析によって明らかになった。そこで仮に、 $CrCo$ での抵抗極小を Kondo 効果であると仮定して、Kondo 温度を見積ると、CSDW である低圧側に比べて、ISDW である高压側では T_K が著しく高く、局在モーメントが不安定になっていると考えられる。このことは常圧および高压下の実験結果における SDW と Co 不純物の関係と定性的に

一致する結論を与える。

しかしながら，これについてはさらに定量的な検討を加える必要があると考えられる。

参 考 文 献

- 1) Y. Endoh, Y. Ishikawa, and H. Ohno; J. Phys. Soc. Japan 24 (1968) 263.
- 2) L. R. Edwards, and I. J. Fritz; Proc. 19th An. Conf. on M.M.M. (1973) 401.
- 3) M. D. Daybell; Magnetism V (1973) 121.

マグネタイトの Verwey 転移に伴う異常な電気抵抗と 熱膨張の圧力効果及び 10 K 付近での熱膨張異常

角 舘 洋 三

マグネタイト (Fe_3O_4) は逆スピネル型の結晶構造をもった Curie 温度約 860 K の典型的なフェリ磁性体である。この物質は室温付近で電気伝導度の極大をもち ($T = T_m$)，それ以上の温度では金属的な伝導を示す。一方， T_m 以下の温度では半導体的な振舞が観測されるが，約 120 K ($= T_v$) で，電気伝導度の約 2 桁の急激な減少を伴う一次相転移 (Verwey 転移) を起し， T_v 以下の温度で活性化型の半導体の様相を示す⁽¹⁾ マグネタイトでは室温付近で， Fe^{2+} と Fe^{3+} が，B-site と呼ばれる，酸素イオンによって正八面体的に囲まれた隙間に，同数ずつ無秩序に分布している。この Fe^{2+} と Fe^{3+} の間の電子の移動が約 $250 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ という，他の酸化物に比べ大きな電気伝導度をもつ原因となっており，Verwey 転移は，この電子が秩序的な配列に変わったためであると考えられている。原子 site の数に比べ移動し得る電子の数が少ない系では，単純なバンド理論によると金属になることが期待される。しかしながら，電子間の Coulomb 相互作用が重要な効果をもつ場合には，マグネタイトの様な異常な伝導を示すことが Mott⁽²⁾ によ