

形状記憶効果を持つ合金の物性 - ホイスラー合金 : $\text{Ni}_{2-x}\text{Mn}_{1+x}\text{Ga}$ -

理学部物質地球科学科 物理系 磁性体研究室

暮石 義生

指導教官 : 矢ヶ崎 克馬 仲間 隆男

ホイスラー構造を持つ $\text{Ni}_{2-x}\text{Mn}_{1+x}\text{Ga}$ は、形状記憶合金で、強磁性領域でマルテンサイト変態を起こすことが知られている。マルテンサイト変態とは結晶構造の無拡散相変態のことで、絶えず隣接原子と連携を保ちながら幾何学的な整合を保つ。結晶構造は低温相で正方晶、高温相で立方晶で、それぞれマルテンサイト相、母相と呼ぶ。マルテンサイト相中で形状を変化させる場合、図1に示すように双晶変形という格子の形を変えない変形が起こる。形状記憶効果とは、低温相(マルテンサイト相)でこの合金を変化させた後、マルテンサイト温度(以下 T_m)を経て、高温相(母相)まで加熱すると、この合金は元の形に戻り、元の形状を記憶しているという現象である。

$\text{Ni}_{2-x}\text{Mn}_{1+x}\text{Ga}$ のマルテンサイト変態は、強磁性転移温度であるキュリー温度 (以下 T_c) 以下の強磁性相で起こる。 T_m は、175K~450Kの範囲にある。図2に T_c および T_m の Mn 含有量 x に対する変化を示す。今回、マルテンサイト転移温度が磁場により、どのような変化をするか調べるため、電気抵抗率 r と、熱電能 S の測定を、 $x=0.91$ および $x=1.00$ 試料について、0~15Tの磁場中で測定を行った。

図3に、各磁場における $x=0.91$ の r の温度依存を示す。 r は、温度を下げるに従って徐々に減少し、 T_m で急激な上昇が見られた。温度上昇および、下降過程で異なる温度ヒステリシスが存在し、転移点は、約5Kの差がある。これは、ほとんど磁場依存しない。 r の温度微分の負のピークを、 T_m として磁場に対してプロットすると、 T_m は上昇していることがわかった。これは、 T_m 以下のマルテンサイト相における強磁性相の磁気構造が磁場を加えることにより、安定化する構造であることを示していると、考えられる。

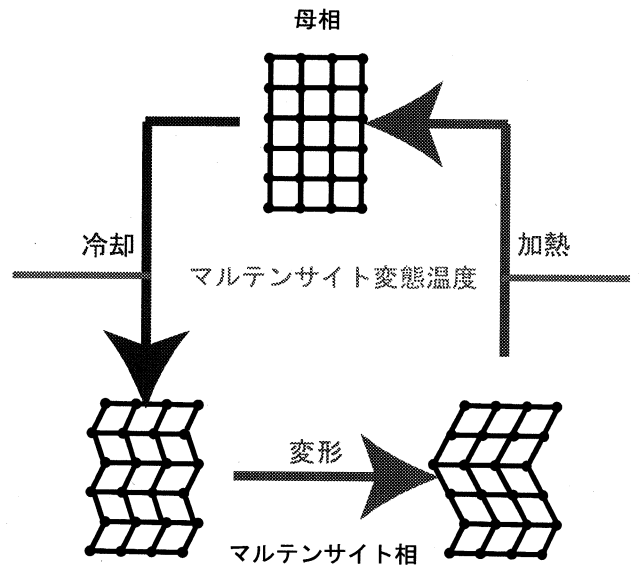


図1: 形状記憶効果の仕組み

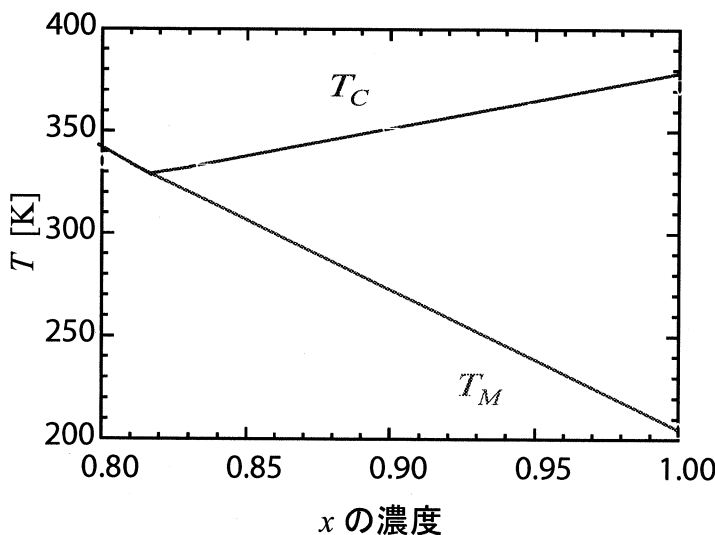


図2: T_m, T_c の x による変化

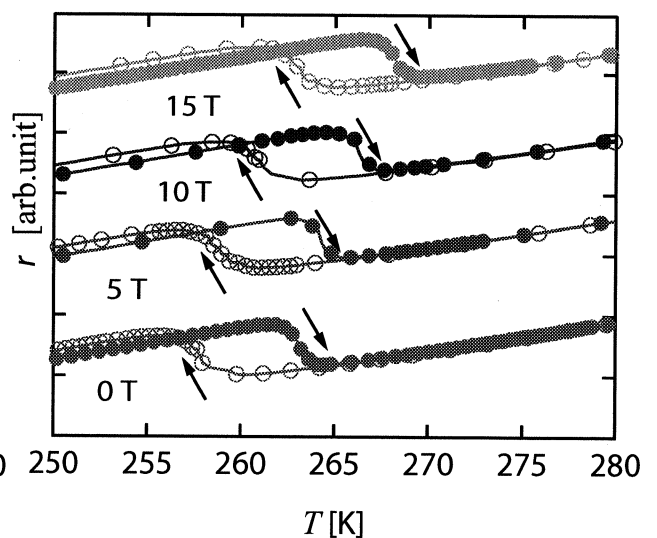


図3: $\text{Ni}_{2.09}\text{Mn}_{0.91}\text{Ga}$ の電気抵抗率