

Au₄Mn 規則合金の高温高压下電気抵抗測定による磁気相転移の研究

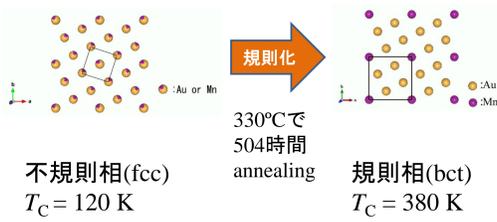
○後藤利典, 石松直樹, 圓山裕 (広島大学大学院理学研究科)

Introduction

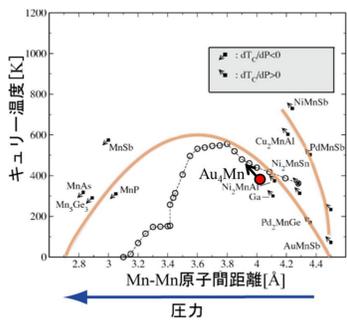
Au₄Mn規則合金

- 空間群: I4/m
- 格子定数: $a = b = 6.44 \text{ \AA}$, $c = 4.07 \text{ \AA}$
- 室温で強磁性: $T_C = 380 \text{ K}$
- 第一近接Mn-Mn原子間距離 $R_{\text{Mn-Mn}} > 4 \text{ \AA}$
- Mn磁気モーメント: $4\mu_B$
- T_C に正の圧力効果

Au₄Mnの規則化



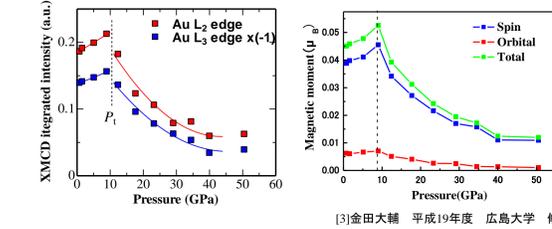
Au₄MnのT_CのR_{Mn-Mn}依存性



- $R_{\text{Mn-Mn}} > 4 \text{ \AA}$ 付近に「正」の圧力効果
- 0.6 GPa以上の T_C の測定はない
- 高压で圧力効果の反転が予想される
- 高温高压でのキュリー温度の測定が必要

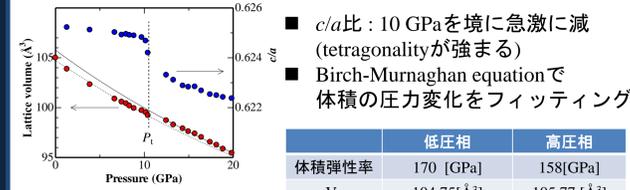
[1] E.Saioğlu, et al., Phys. Rev. B 71 214412 (2005)
[2] T.Kanomata, et al., J. Magn. Magn. Mater. 65 (1987) 76-82

Au L_{2,3}-吸収端XMCDスペクトルの圧力変化とAu5d磁気モーメントの圧力変化



- XMCD積分強度10 GPaまでは増加10 GPa以上で減少
- Au5d磁気モーメントの圧力効果の正から負への反転

Au₄Mnの格子体積とc/a比の圧力変化



- c/a比: 10 GPaを境に急激に減 (tetragonalityが強まる)
- Birch-Murnaghan equationで体積の圧力変化をフィッティング

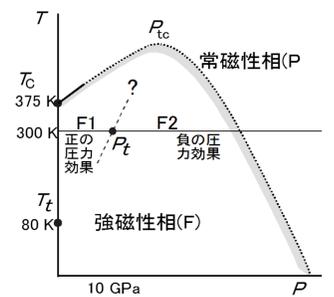
	低圧相	高压相
体積弾性率	170 [GPa]	158[GPa]
V_0	104.75[Å ³]	105.77 [Å ³]

- 10GPaにおける $R_{\text{Mn-Mn}}$ の縮み: 0.08 \AA

これらのことから10GPaにおける異常は Isomorphous Phase Transition であると考えられる

[4] M.Matsumoto, et al., J. Phys. Soc. Jpn. 12 (1968) 953

予想されるAu₄Mnの相図



- 強磁性-常磁性転移 低圧領域にて T_C が正の圧力効果を示す
- Isomorphous Phase Transition $P_t = 10 \text{ GPa}$ におけるAu-5d磁気モーメントの圧力効果の反転
- $T_t = 80 \text{ K}$ における自発磁化の圧力効果の反転[4]

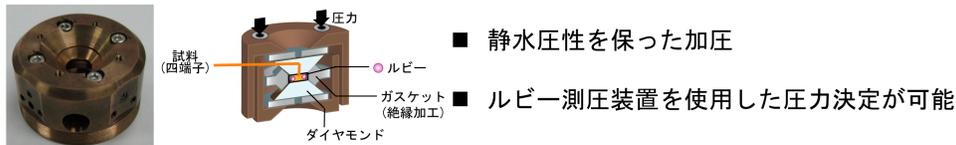
高压領域において T_C の圧力効果の反転が期待される

Purpose

- 高温高压下電気抵抗測定装置の開発
- Au₄Mn規則合金の高压における T_C の決定

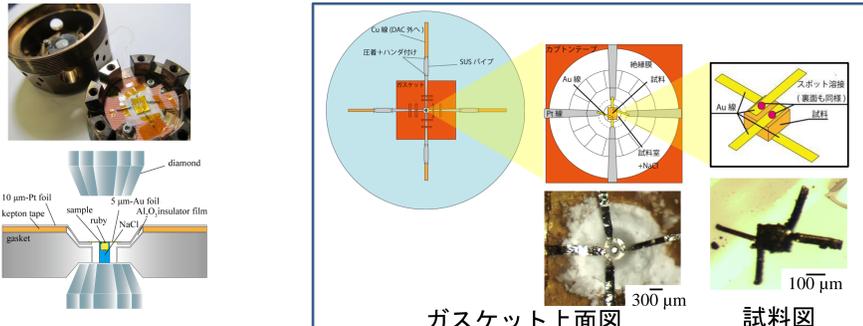
Experiment

高压印加装置Diamond-Anvil-cell



- 静水圧性を保った加圧
- ルビー測圧装置を使用した圧力決定が可能

高温用電気抵抗測定配線とガスケットの開発



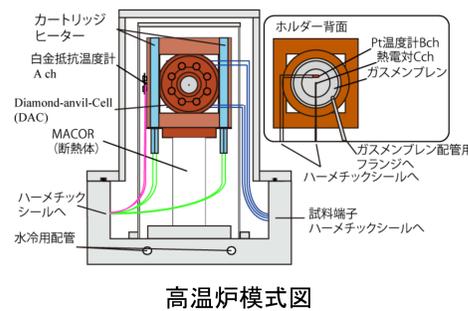
ガスケット断面図

ガスケット上面図

試料図

- 四端子法による測定で接触抵抗・導線抵抗を除いた
- ハンダ・スコッチテープ・被覆導線に頼らない配線を確立, 500 Kまでの耐熱性が確認された

DAC用高温炉の設計と製作



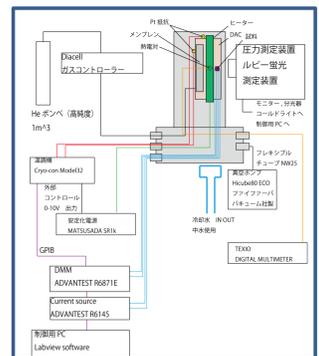
高温炉模式図



高温炉外観

特徴

- ヒーターでDACを直接加熱する方式を採用, 700 Kまでの加熱が可能
- 熱電対温度計を試料用として加圧用Diamondに接触, 試料にできるだけ近い温度での測定
- ガスマンブレンによる圧力の遠隔制御
- ホルダーと本体の間にMACOR(断熱体)と水冷用配管を設置し本体との断熱をとった
- 本体底部に着脱可能なフランジを6port配置, セットアップの変更にも柔軟に対応



高温高压下電気抵抗測定装置全体図

Result and Discussion

T_Cの決定

経験的な強磁性体の低温における電気抵抗率の温度変化

$$\rho(T) \propto T^2 \quad (\text{電子-電子散乱})$$

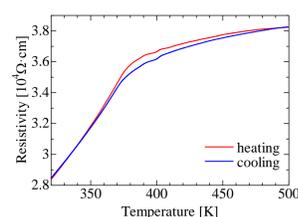
常磁性体の電気抵抗率の温度変化

$$\rho(T) \propto T \quad (\text{フォノン散乱})$$

以上の曲線でフィッティングを行いその交点を T_C と定義した

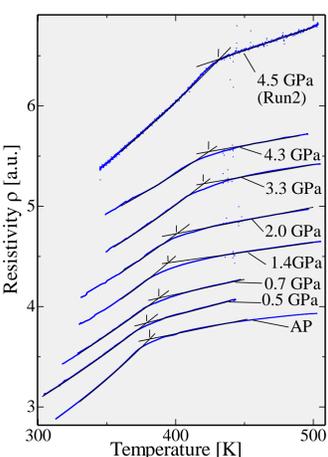
[5] 安達健五著「化合物磁性 遷移電子系」養華房

常圧における電気抵抗率の温度変化



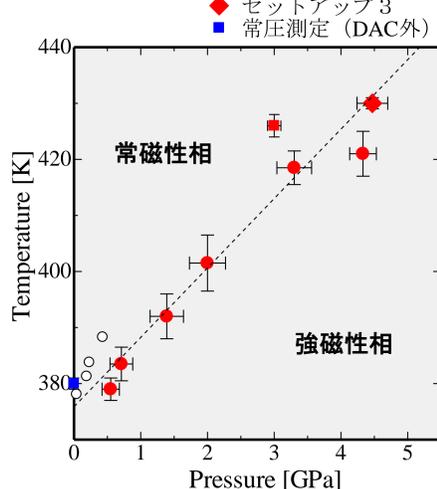
- coolingとheatingに履歴が確認された 温度計付近の温度と試料付近の温度差が原因であると考えられる
- 400 K付近の抵抗値の上昇は標準試料(Cu線)の測定によりCu-Be製ホルダーが原因であることが確かめられた
- 圧力下の実験では熱電対温度計をダイヤモンドのテーブル面に接触させることによってこの効果を除いた

電気抵抗率の温度変化



- 常圧から4.5 GPaまでの電気抵抗率の温度変化を測定
- 圧力は全測定点の平均の値
- 常圧のデータはDAC外での測定結果
- 440 K~450 Kにみられるノイズの原因は不明

T_Cの圧力変化



- 先行研究[6]
- セットアップ1
- セットアップ2
- ◆ セットアップ3
- 常圧測定 (DAC外)

- 4.5 GPa までの圧力下において T_C は加圧により単調増加, 負の圧力効果はみられない
- T_C の圧力変化を直線と仮定した場合, その傾きは $\frac{dT_C}{dP} = +12.4 \text{ K/GPa}$ と求められた. これは先行研究の結果[6]の $\frac{dT_C}{dP} = +24 \text{ K/GPa}$ より低い値
- 5.5 GPaにおける測定も行われたが, 電気抵抗率の温度変化が安定せず 現在原因を調査中

Conclusion

- 高温高压下電気抵抗率測定装置の開発に成功
- 4.5 GPaまでは正の圧力効果を維持

[6] S.Abe, M.Matsumoto, et al., J. Phys. Soc. Jpn. 18(1963)65