

## FePS<sub>3</sub> の電気抵抗率の圧力依存性 Pressure dependence of electric resistivity of FePS<sub>3</sub>

○鶴林雅剛<sup>1</sup>, 児玉邦之<sup>1</sup>, 狩野みか<sup>2</sup>, 石垣賢卯<sup>3</sup>, 上床美也<sup>4</sup>, 渡辺忠孝<sup>5</sup>, 高瀬浩一<sup>5</sup>, 高野良紀<sup>5</sup>  
M. Tsurubayashi<sup>1</sup>, K. Kodama<sup>1</sup>, M. Kano<sup>2</sup>, K. Ishigaki<sup>3</sup>, Y. Uwatoko<sup>4</sup>, T. Watanabe<sup>5</sup>, K. Takase<sup>5</sup>, Y. Takano<sup>5</sup>

FePS<sub>3</sub> is known to be a Mott-Hubbard type insulator. The strength of the electrical correlation can be changed by many physical parameters. We have measured the pressure dependence of the electrical resistivity. FePS<sub>3</sub> shows a metal-insulator transition at about 11 GPa.

### 1. はじめに

遷移金属リントリカルコゲナイド MPX<sub>3</sub>(M:遷移金属元素, X:カルコゲン元素)は二次元層状化合物であり, 遷移金属元素が蜂の巣格子を形成している。

MPX<sub>3</sub> には, Mott-Hubbard 型絶縁体である FePS<sub>3</sub> や MnPS<sub>3</sub>, 電荷移動錯体である NiPS<sub>3</sub> などが存在する[1]. Mott-Hubbard 型は, 絶縁体となる要因が電子相関の強さにあり, キャリアの導入, 圧力操作等により電子相関の強度を変えることができる。

過去にイギリスのケンブリッジのグループにより FePS<sub>3</sub> が圧力約 7 GPa で金属に転移することが国際会議等で報告された。しかし, 詳細は不明である[2].

そこで, 我々は FePS<sub>3</sub> を本研究室にて作製し, その電気抵抗率の圧力依存性を測定した。

### 2. 試料作製および測定

輸送剤としてヨウ素を用いて化学輸送法により単結晶試料を作製した。原材料として Fe, P, S を用いて化学量論比通りに計量し, 空気中にてメノウ乳鉢で 30 分間混合した。混合した原材料とヨウ素(約 0.3 g)を長さ 30 cm, 内径 1.5 cm の石英管に 2.0×10<sup>-3</sup> Pa 以下で真空封入した。原材料を封入した石英管を高温端 730 °C に設定した電気炉で 60 時間熱処理した。これにより, 低温端に薄片上の FePS<sub>3</sub> 単結晶が作製される。

高圧下電気抵抗測定には, キュービックアンビル高圧装置を使用し, 4 端子法にて測定を行った。装置内部は, Figure 1 に示すように 6 方向からアンビルで

Figure 2 に示した立方体型の試料入りガスケットを加圧する仕組みとなっている。

まず FePS<sub>3</sub> 単結晶試料を約 1 mm 平方に切り, それに金線 4 本を銀ペーストを用いて接着し, 端子付けを行った。その試料をガスケットに入れキュービックアンビル高圧装置に設置し, 1 GPa 刻みで圧力をかけ, 寒剤として液体窒素を用いて冷却(約 77 K)しながら電気抵抗を測定した。また, 試料の抵抗値に金属的振る舞いが見られ次第, 0.5 GPa 刻みにし, かつ液体ヘリウムを使用し約 2 K まで測定した。

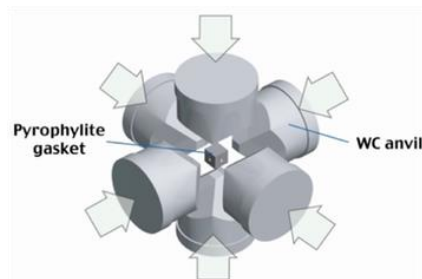


Figure 1. Pressurization by anvil.

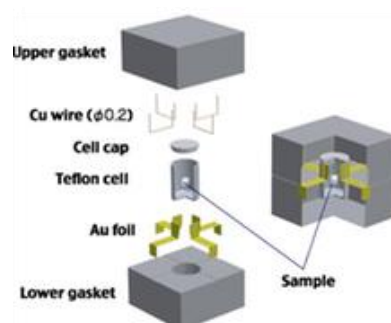


Figure 2. Internal structure of gasket.

### 3. 実験結果

Figure 3 に圧力 6~10 GPa における電気抵抗率の温度依存性を示す。縦軸は抵抗率  $\rho$ 、横軸は温度  $T$  である。また、Figure 4 に 11~12GPa における電気抵抗率の温度依存性を示す。加圧により、電気抵抗率が減少していることが分かる。また、Figure 3 から分かるように、6~10 GPa では絶縁体的な温度依存性を見せる。しかし、Figure 4 を見ると 11 GPa 以上では温度下降とともに電気抵抗も減少しており、金属的振る舞いを見せている。従って、10~11 GPa 間で金属非金属転移が起こっていることが分かる。

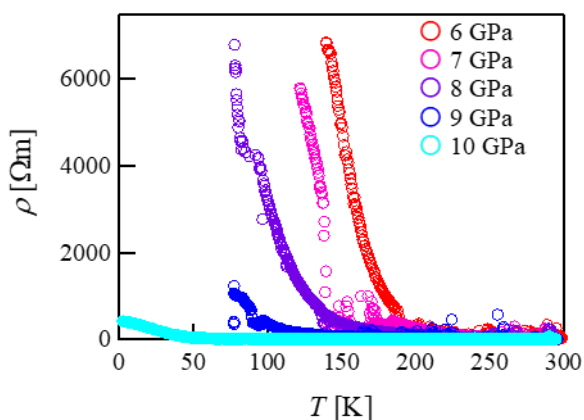


Figure 3. Temperature dependence of resistivity under pressure of 6 to 10 GPa.

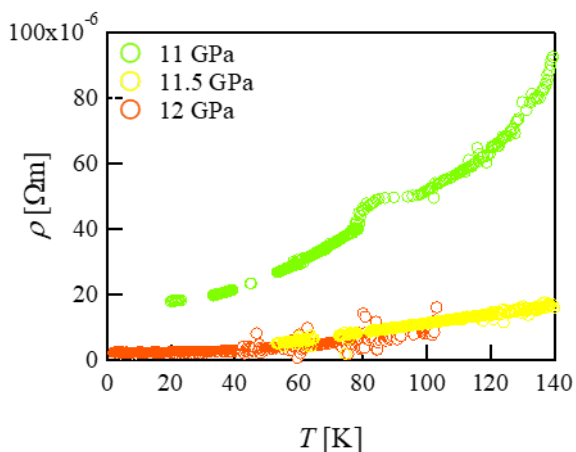


Figure 4. Temperature dependence of resistivity under pressure of 11 to 12 GPa.

次に、絶縁体領域の電気抵抗率の温度依存性が活性化型であると仮定する

$$\rho = \rho_0 \exp ( E/k_B T ) \quad (1)$$

と、活性化エネルギー  $E$  の圧力依存性は Figure 5 のよ

うになる。また、Figure 6 に  $\ln \rho_0$  の圧力依存性を示す。Figure 5, 6 には常圧での  $E, \ln \rho_0$  (□)[3]を表示しているが、6~9 GPa における測定結果からよく外挿される。

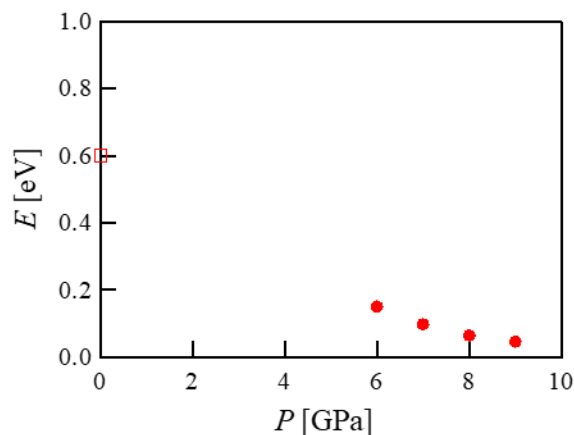


Figure 5. Pressure dependence of activation energy.

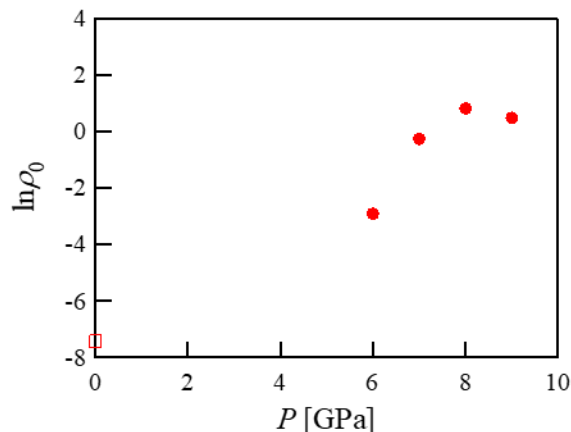


Figure 6. Pressure dependence of  $\ln \rho_0$ .

### 4. 今後の課題

データにばらつきが見られたので、再度より精密な測定を行う。今回の実験では装置の関係上 12GPa までしか測定できなかったため、超伝導の可能性も視野に入れ、より高い圧力下での測定を試みる。また、高圧下における磁化測定を行う。

### 5. 参考文献

- [1] A. Kamata, *et al.*: J. Phys. Soc. Jpn **66**, (1997) 401.
- [2] CRS Haines, *et al.*: *The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems* (July 7-July 11, 2014) 788.
- [3] V. Grasso, *et al.*: Phys. Rev. B **42**, (1990) 1690.