

論文要旨

上野 純

有機 Mott 絶縁体 κ -(BEDT-TTF)₂Cu[N(CN)₂]Cl に対する静電キャリアドーピングと Mott 転移

表題物質 κ -(BEDT-TTF)₂Cu[N(CN)₂]Cl は +0.5 価のカチオンラジカル BEDT-TTF と -1 価のアニオン Cu[N(CN)₂]Cl から成る分子性導体である。この物質は BEDT-TTF 分子が 2 量体構造を持ち、2 量体 1 つに対してホールを 1 つ有するためにバンドフィリングが 0.5 となり、一般的なバンド理論からは金属とされるものの電子同士の強い斥力相互作用によりキャリアがサイト上で局在してしまう Mott 絶縁体となる。本研究ではこの物質の薄膜単結晶を電解成長させ、Au 電極を蒸着した SiO₂/Si ゲート基板に張り付けて FET (Field Effect Transistor) を作製し、100K 以下の温度領域で伝導度特性を測定した。その結果、先行研究である κ -(BEDT-TTF)₂Cu[N(CN)₂]Br に対する静電キャリアドーピングではあまりみることのできなかつた両極性動作を測定することができた。このとき、FET の指標である ON-OFF 比は 20K において n 型領域で 10⁴ 以上、p 型領域で 10² 以上の値が得られ、キャリア移動は最も高いもので 80.7cm²/Vs の値を得た。

両極性を示すこのデバイスでは、ゲート電圧掃引による電気抵抗変化の測定結果から、表題物質が正確に Mott 絶縁体であるところを定めることができる。このときのゲート電圧の値 V_{Mott} はサンプルによる依存性があるものの、-20V から -50V 辺りで現れ、測定温度に対してわずかに変化する。これは、SiO₂ 酸化膜と結晶の界面状態や不純物などによるトラップ準位によるものだと考えられるが、 V_{Mott} 付近での静電キャリアドーピングによる伝導度の変化、つまり Mott 絶縁体のバンドフィリングを 0.5 からわずかにずらしたときの物性の変化は、電子強相関係でのフィリング制御型 Mott 転移 (Mott 絶縁体から Anderson 絶縁体への変化) をみることに等しく非常に興味深い。

絶縁体に対する伝導度の変化は $\sigma = \sigma_0 \exp[-(T_0/T)^2]$ で表されるが、 V_{Mott} 付近でのゲート電圧と温度に依存する伝導度の変化 $\sigma(V_g, T)$ を $Z = 1/2$ の ES scaling にあてはめて考察をすると、 $\sigma(V_g, T)$ が温度によらずに 1 つの形に収まることがわかり、ゲート電圧と $1/T_0$ に対するプロットでは $V_g = V_{\text{Mott}}$ で最小値を持つことがわかった。さらに、考察から得られた式をシュミレーションすると、 $V_g = V_{\text{Mott}}$ 付近で測定結果によく合う結果が得られた。これらの結果はわずかにフィリングを変えたときの表題物質の状態密度の変化がクーロンギャップを伴いながら Anderson 局在状態に変化していくことを表し、Mott 絶縁体から Anderson 絶縁体への変化の描像を得ることができた。