

有機モット FET における電場誘起超伝導

(分子科学研究所¹, 理化学研究所², JST さきがけ³, 東大院・工⁴)
 山本 浩史^{1,2,3}、中野 匡規²、須田 理行²、川崎 雅司^{2,4}、岩佐 義宏^{2,4}、加藤 礼三²

Field-induced superconductivity in an organic Mott-FET

(Institute for Molecular Science¹, RIKEN², JST-PRESTO³, Univ. Tokyo⁴)
 Hiroshi YAMAMOTO^{1,2,3}, Masaki NAKANO², Masayuki SUDA^{1,2}, Masashi KAWASAKI^{2,4},
 Yoshihiro IWASA^{2,4}, Reizo KATO²

【序】

近年様々なプロセス技術の発達によって、従来は実現困難とされてきた固体デバイスが次々と開発されてきているが、その一つに『相転移トランジスタ』が挙げられる。これは固体中の電子状態を静電界によるキャリア注入で転移させ、伝導性や磁性を制御するデバイスであり、実用的な観点のみならず物質科学における電子相の基礎学理追求においてもたいへん注目されるものである。我々は以前よりモット絶縁体である κ -(BEDT-TTF)₂Cu[N(CN)₂]Br を使った相転移トランジスタに注目し、薄膜単結晶に対して基板上で電界をかけることによりモット絶縁体からアンダーソン絶縁体への電子相転移が誘起できることを報告してきた。モット絶縁体中ではキャリア間に強いクーロン反発が生じるために伝導性が失われているが、ここに少量の静電キャリアをドープすると、金属的なバンドが回復し、7桁以上も伝導度が向上することが分かっている。これまでは基板として主にシリコンを用いて実験を行ってきたが、この場合

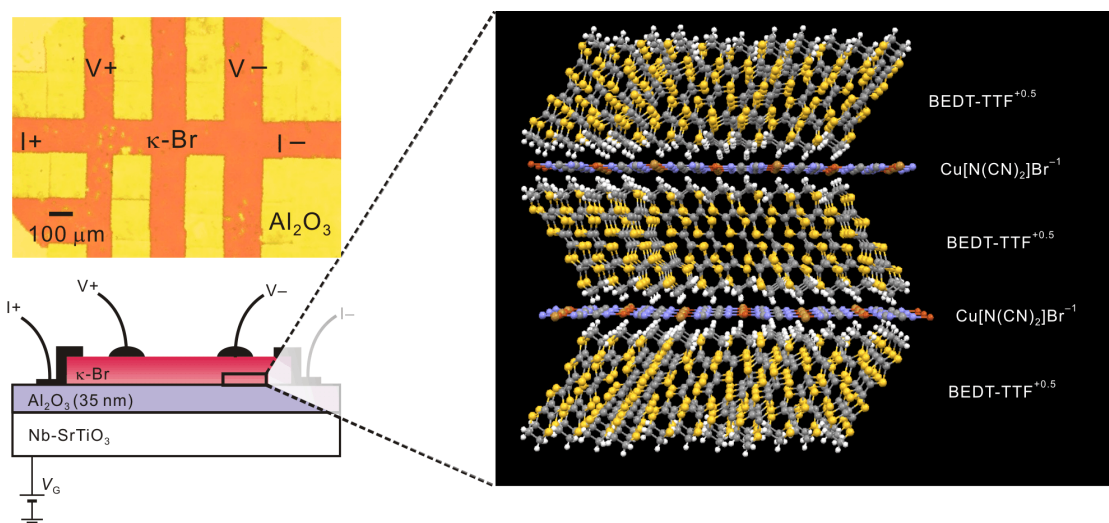


図1：デバイスの顕微鏡写真（左上）と断面構造（左下）および κ -(BEDT-TTF)₂Cu[N(CN)₂]Br の結晶構造（右）

には熱収縮率の関係で有機結晶が低温において引っ張り歪みを強く受けてしまい、結果的に実効的なクーロン反発力（電子相関）が強すぎるということが分かっていた。そのため、バンドの状態密度は金属的になっているにも関わらず、金属や超伝導への転移は起きずにアンダーソン絶縁体への電子相転移が起きていると考えられる。そこで今回は基板をより熱収縮率の高い酸化物に代えることによって、より金属状態に近い状態に κ -(BEDT-TTF)₂Cu[N(CN)₂]Br を誘導し、これに電界効果をかける実験を行ったので報告する。

【実験と考察】

図 1 に示すようなデバイスを作製したところ、抵抗値の温度変化は比較的小さく、系が絶縁相と超伝導相の混ざった相分離状態にあることが示唆された。部分的な超伝導は磁化率の測定結果からも確認され、予想通り有機結晶への引っ張り歪みがシリコン基板を用いた場合に比べて緩和されていると考えられる。この状態において低温でゲート電圧をかけていくと、負のゲート電圧（ホール注入）では3桁以上の抵抗上昇が、正のゲート電圧（電子注入）では抵抗の減少と弱い金属的な振る舞いが観測された（図 2）。さらにゲート電圧を上げて行くと、 $V_G > 7$ V の領域で抵抗が急に落ちる現象が観測されたが、これは超伝導領域がつながることによって生じるパーコレーション転移が起きたことによるものと考えられる。実際このゼロ抵抗領域では、図 2 挿入図にみられるような、ジョセフソン接合特有の IV 曲線が観測され、デバイス中で不均一な超伝導転移が起きていることが示唆される。パーコレーション転移の転移温度はドーピングが進むにつれて上昇し、伝導バンドの 10% 程度のドーピングを行ったところで飽和する傾向をみせた。このサンプルは n 型の極性を示したため、電子ドーピング側の振る舞いが見られたが、別のサンプルでは p 型の電場誘起超伝導も観測された。詳細については当日議論する。

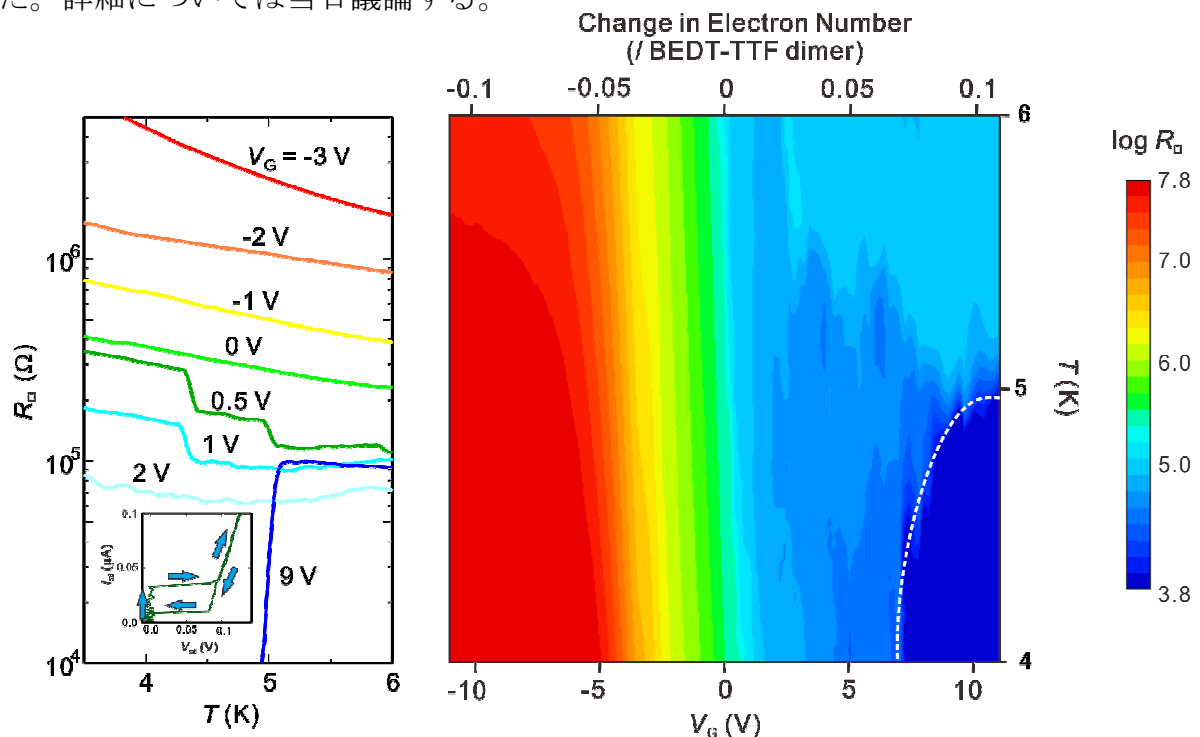


図 2：各ゲート電圧における抵抗の温度変化（左）と、抵抗値の等高線プロット（右）。