

光応答性単分子膜を利用した光ゲート型超伝導トランジスタの開発

Fabrication of Photo-gated Superconducting Transistor

utilizing a Photo-responsive Monolayer

分子研¹, 理研² ○須田 理行^{1,2}, 加藤 礼三², 山本 浩史^{1,2}Institute for Molecular Science.¹, RIKEN² ○Masayuki Suda¹, Reizo Kato², Hiroshi Yamamoto^{1,2}

E-mail: msuda@ims.ac.jp

分子性導体 κ -(BEDT-TTF)₂[N(CN)₂]Br (κ -Br)は強相関系に属し、低温で超伝導相とモット絶縁相の境界付近に位置する。これまでに、我々は FET 構造を用いた κ -Br へのキャリア注入により電界誘起超伝導を見出した。本研究では、新たなエネルギー源として“光”を用いた光ゲート型超伝導トランジスタの開発を目的とし、フォトクロミック分子であるスピロピラン誘導体の単分子膜上に κ -Br の薄片単結晶を貼り付けたデバイスを作製することで、実際に可逆的な光誘起絶縁体/超伝導転移を観測したので報告する。

基板には、HfO₂ 絶縁膜をコーティングした Nb:STO を用いた。この酸化膜を利用してスピロピラン誘導体(Figure 1)の単分子膜を作製したのち、 κ -Br の薄片単結晶(~500 nm)を貼り付けた。得られたデバイスの評価は 4 端子抵抗測定、SQUID による磁化測定などにより行い、紫外光および可視光の照射はクライオスタット中に光ファイバーを導入することで極低温下にて行った。

通常、バルクの κ -Br は低温で超伝導体となるが、本デバイス上の κ -Br は基板からの実効的負圧により、極低温まで絶縁体であった。このデバイスに対し、2 K において紫外光を照射したところ、抵抗値は次第に減少し、最終的に転移温度 12 K の超伝導体へと転移した。続く可視光の照射によりデバイスはほぼ初期状態(絶縁体)へと回復した。また、これらの抵抗値変化は光照射を止めた後も持続され、紫外光/可視光の照射による絶縁体/超伝導体間の可逆的スイッチが可能であることが示された。スピロピランは通常、中性の開環体として存在するが、紫外光によるインドリン環 π - π^* 励起により双性イオンを持つ開環体へと異性化し、可視光による開環体 π - π^* 励起により再び閉環体へと異性化する。本デバイスでは、規則的に配列された単分子膜上の開環体双性イオンが κ -Br 表面にお

ける電気二重層として働くことで、電界効果と類似のキャリア注入に成功したものと考えられる。講演では、注入キャリア密度の評価などについて詳細を報告する。

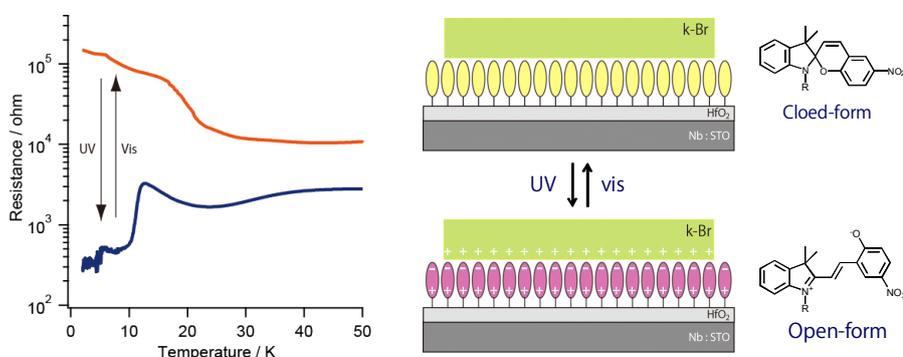


Fig.1 Changes in the resistance by photo-irradiation (left) and schematic illustrations for the device structure (right)