

4D03

有機電荷移動錯体の電流双安定性 - 光ヒステリシスと電場制御 -

(北大電子研¹, 北大院理², 北大創成³) 飯森俊文¹, 内藤俊雄^{2,3}, 太田信廣¹

1. はじめに

有機電荷移動錯体に代表される低次元導体では、強い電子・格子相互作用や電子相関のために物質の構造と電子状態が密接に関係している場合が多い。そのため、光励起によって生じる分子の電子状態変化、および光励起状態から準安定状態への緩和が起こることによって、新しい物性・機能の発現に結びつくことが期待される。例えば、電気伝導性・磁性など固体物性の光によるスイッチング現象に関して、有機電荷移動錯体や金属酸化物などの強相関係物質群を中心に、近年盛んな研究が行われている¹⁻³。また、光スイッチング素子や光メモリー素子にむけた材料の開発といった、応用的観点からの重要性も有している。光スイッチング現象を示すような物質は、光だけでなく圧力や電磁場などの外場に対しても敏感な応答を示す場合が多く、電磁場に対する物質の応答の例として、巨大磁気抵抗効果や巨大非線形電気伝導現象⁴が観測されることになる。また、ある温度や圧力などで相転移を示すような物質を、相転移点の近傍におくと、微弱な光刺激がトリガーとなり、巨大な光応答が観測される例が知られている。

α -(BEDT-TTF)₂I₃は、室温では金属相であるが、 $T_{M-I} = 135$ Kで金属 - 絶縁体(M-I)相転移を起こし、温度の低下とともに抵抗率が上昇する。最近、4 Kにおいて、レーザー光照射による光誘起M-I相転移がおきることが報告されている³。我々のグループでは、 T_{M-I} 近傍の温度領域において、電気伝導度への光照射効果の研究を進めてきている⁵。本講演においては、 T_{M-I} 近傍において、電場印加と光照射を用いることにより、低伝導(LC)状態から高伝導(HC)状態への電気伝導度スイッチングが誘起されることを示す。また、LC-HC状態間のスイッチングが電圧パルスで制御可能であり、新しい方法で制御可能な光スイッチング材料としての可能性について報告する。

2. 実験

α -(BEDT-TTF)₂I₃単結晶は電気分解法により合成した。パルスNd:YAGレーザー(パルス時間幅 10 ns)の第2高調波(532 nm)を光源として用い、結晶表面の電極間に照射した。結晶に流れる電流値は、図1に示す回路を用いて計測した。結晶と負荷抵抗器(R_L)と矩形パルス電圧発生器を直列に接続し、回路全体に対して一定の電圧を印加(定電圧モード)し、それと同期させてレーザー光照射を行った。 R_L は、スイッチングが起きた際に試料に流れる電流値を抑制して試料が焼けるのを防ぐ目的で使用した。流れる電流の時間変化はデジタルオシロスコープの入力インピーダンス(50 Ω)に対する電圧降下として計測した。

3. 結果と考察

図2は、図1に示した回路で測定された、8Vの電圧パルスをもちいたときの電流の時間プロファイルを示す。光照射を行わない暗黒下においては、図中においてLC状態と記したような、低い電流しか流れなかった。これは、 T_{M-I} 温度以下で測定を行っているために、結晶が絶縁相にあることに由来している。暗黒下における電圧依存性測定では、電流値は若干非オーミックな挙動を示すものの単調な変化を示し、LC状態のみが出現した。一方、8Vの電圧パルスを用いて 3×10^{-5} J/パルスの強度で光照射を行った場合は電気伝導度のスイッチングが起こり、HC状態と記したような電流プロファイルが観測された。観測された電流値から試料の抵抗値を計算したところ、元の絶縁体状態の値に比べて1/10以下に減少しており、金属相の値と近いことが分かった。このことは、以前に報告されている光誘起M-I相転移と同様な現象が、4Kよりもずっと高い温度においても起こっている可能性を示している。

一定の強度で光照射を行いながら印加電圧を0Vから増加させ、スイッチングの電場強度依存性を調べた。 3×10^{-5} J/パルスの光強度のとき、およそ7V(約 3×10^2 Vcm⁻¹に相当)においてLC状態からHC状態へのスイッチングが観測された。このようにして観測された回路の電流 - 電圧特性から、結晶自身に加わる電場強度と電流値の関係を求めることによって、結晶が負性抵抗現象を示すことが明らかになった。発表では、光照射強度、パルス電圧、試料温度に対する依存性の詳細な測定結果について報告し、光と電場をもちいたLC-HC状態間のスイッチングの制御に関して議論する。

4. 参考文献

1. Chollet, M. et al. *Science* **307**, 86 (2005).
2. Miyano, K. et al. *Phys. Rev. Lett.* **78**, 4275 (1997).
3. Tajima, N. et al. *J. Phys. Soc. Jpn.* **74**, 511 (2005).
4. Sawano, F. et al. *Nature* **437**, 522 (2005).
5. 飯森ら, 日本化学会第86春季年会, 4E1-25, 東京 (2006).

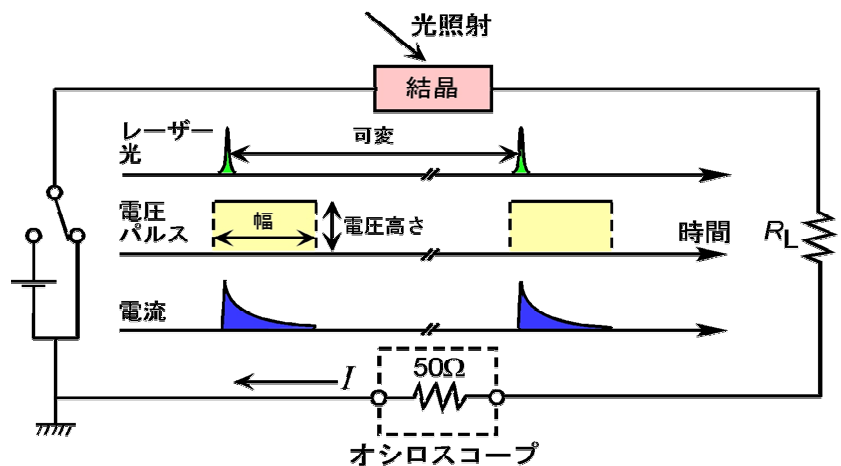


FIG. 1 A circuit diagram and a pulse scheme.

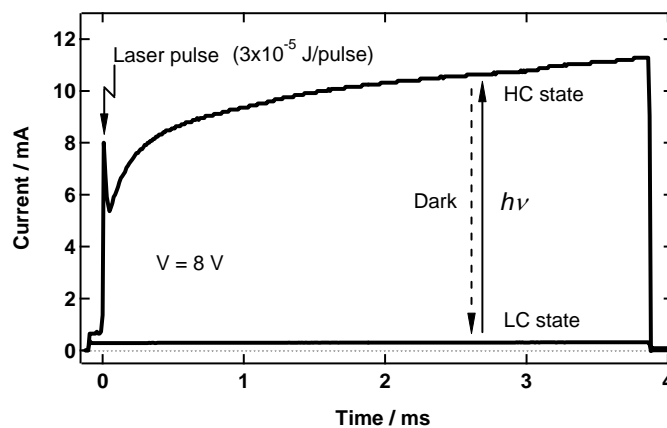


FIG. 2 Temporal profiles of the current. Under the dark condition, an LC state appeared, while the conductivity switching to an HC state took place with irradiation.