

電界誘起アルカリ金属イオン拡散駆動型不揮発性 C_{60} 分子メモリ

Nonvolatile C_{60} memory driven by electric-field-induced migration of alkali metal ions

名大院工 ○(M1)鳥山 裕矢, 中谷 真人, 渡邊 真太, 尾上 順

Graduate School of Engineering, Nagoya Univ. ○Y. Toriyama, M. Nakaya, S. Watanabe, J. Onoe

E-mail: j-onoe@nucl.nagoya-u.ac.jp

デジタル情報を安定かつ高密度に記録するための次世代ストレージ素子の開発が世界中で進められている。アルカリ金属 (A) 原子を C_{60} 薄膜内へ熱拡散させると, A 原子から C_{60} 分子への電荷供与を介してイオン性化合物 A_xC_{60} ($x=1-6$) が形成される (Fig. 1a)。 A_xC_{60} は室温で優れた安定性と C_{60} 薄膜に比べ 6 桁以上低い電気抵抗率 ($x=3$) を有するため, A_xC_{60} の形成・解離 ($x=0$) を外部電界により制御できれば, 高い ON/OFF 比を有するメモリ素子への応用が期待できる。本研究では, チタン (Ti) 電極/極薄カリウム (K) 層/ C_{60} 薄膜/Ti 電極からなるヘテロ接合型素子を作製し, 電気特性を評価したところ, K イオンが C_{60} 膜内を電界誘起拡散することで駆動する不揮発メモリ素子としての機能を見出したので報告する。

素子作製と電気特性評価を超高真空中 (10^{-6} Pa 以下) で一貫して行った。真空蒸着法によって, 大気中で劈開した雲母基板上に, Ti 下部電極, 極薄 K 層, 厚さ 140 nm の C_{60} 薄膜, Ti 上部電極を順次積層した (Fig. 1b)。このとき, 金属メッシュをシャドウマスクとして用い, 一度に 1000 個以上のヘテロ接合を形成し, その後, マイクロプローバを用いて各ヘテロ接合素子の電流-電圧 (I - V) 特性を室温にて評価した。

Fig. 1c に下部電極へ印可した電圧 V に対する素子の電気抵抗 (R) をプロットした結果を示す。素子には電気抵抗が高い状態 (OFF 状態) と低い状態 (ON 状態) が存在し, 正電圧 (1 V) を印加することで OFF 状態から ON 状態へ不連続的に変化し, 負電圧 (-1 V) を印加すると OFF 状態へ戻る。このような抵抗スイッチングが数 10 回以上安定に連続動作することも確認した。さらに, 電圧印可しない場合でも ON/OFF 状態が 1 時間以上安定に保持された。このスイッチング現象は, K 層を有さないヘテロ接合素子 (Ti 電極/ C_{60} 薄膜/Ti 電極) では観測されなかったことから, 電圧印加によって K 層と C_{60} 薄膜間で K 原子の拡散が誘起され, それが抵抗変化に寄与していると考えられる。たとえば, OFF→ON 遷移が正電圧印加で誘起されることについては, C_{60}/K 層界面の $K^+C_{60}^-$ が酸化されることで発生した K^+ イオンが C_{60} 薄膜内を電界誘起拡散し, その結果, C_{60} 薄膜内に導電経路 (K_xC_{60}) が形成されたと考えれば理解できる。これは, ON-OFF 遷移の起きる電圧値 (± 1 V) が K_xC_{60} ($x=0.25$) の理論的な酸化還元電位 (1.09 V) に近いことから支持される。

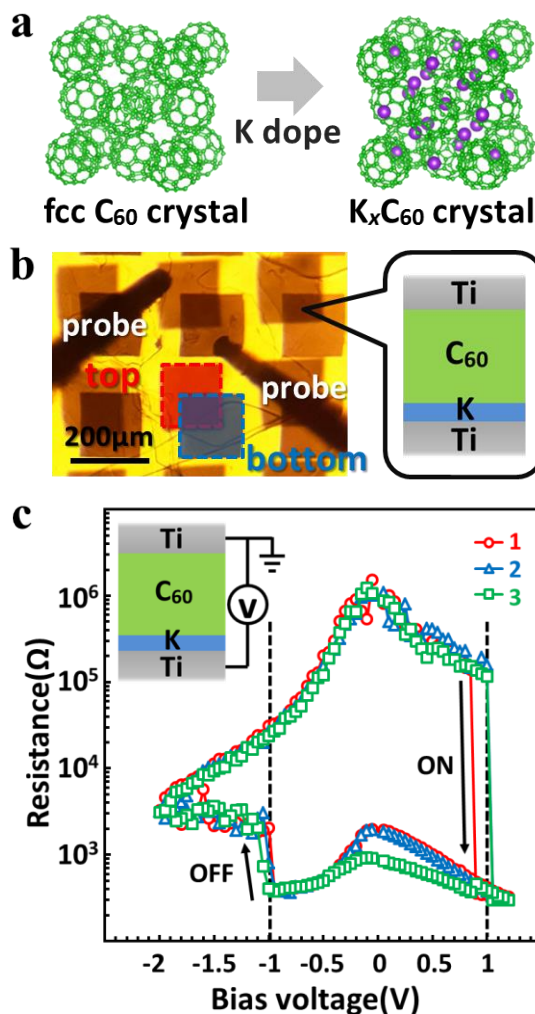


Fig. 1. (a) Schematic illustration of pristine and K-doped C_{60} crystals, (b) optical microscope image of Ti/K/ C_{60} /Ti heterojunction devices, and (c) R - V characteristics of the device when voltage was applied to the bottom Ti electrode.