

銀ナノ粒子の電解析出を利用した マルチカラーエレクトロクロミック素子の開発

SATテクノロジー・ショーケース2023

■ はじめに

物質はその電子状態により特有の発色を示す。その電子状態を電気化学的な酸化還元を用いて制御する素子はエレクトロクロミック (Electrochromic; EC) デバイスと呼ばれ、電子ペーパー (e-paper) やデジタルサイネージ等の調光素子や防眩ミラー等への展開が期待される。本研究では、ITO電極等の透明電極上における銀の電気化学的還元析出をEC反応として利用する、銀析出型EC素子 (Ag deposition-based EC device) を構築し、電圧印加によって作用極上に生じる銀薄膜や、銀の多孔質な構造は、それぞれ鏡面や黒色を呈した。また、銀ナノ粒子は、局在表面プラズモン共鳴 (Localized Surface Plasmon Resonance; LSPR) により、粒子形態に応じた波長帯の光を吸収する。この現象を利用することで、このEC素子は、印加電圧の制御により様々な有彩色を呈することが可能となった。我々は、可逆に生成、溶解する銀の析出形態の制御による、革新的マルチカラーECデバイスの開発を目指した。

■ 銀析出型EC素子の構築と、黒・鏡状態の発現

銀析出型EC素子は、硝酸銀等の Ag^+ イオン源を含むEC電解液を一对のITO電極で挟み込みことで構成される (図1)。

EC素子の電気化学および光学特性の検討より-2.1 V以上の負電圧を印加すると、カソード電極上で銀イオンの還元反応に起因する金属銀が析出し、+0.5 Vの印加で溶解することが分かった。例えば、透明状態の素子に対して、-2.5 Vを20秒印加してITO電極上に銀を析出させると、反射率が大幅に上昇し鏡状態を発現した (図1左)。また、一方の電極表面を粒径数百ナノメートル程度のITOナノ粒子で修飾した電極を採用した。この凹凸電極面に銀を析出させることで、入射光を多重散乱させる多孔質な析出銀が得られ、素子は反射のない黒色を発現した (図1右)。

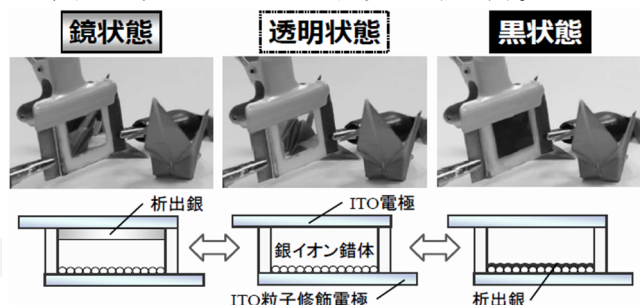


図1 透明・鏡・黒状態を示す銀析出型EC素子

■ 銀ナノ粒子のLSPR帯誘起と有彩色の発現

銀析出型EC素子から有彩色を得るためには、銀ナノ粒子ごとのLSPR帯を揃えて誘起することが重要である。そのためには、粒径・形状の揃った銀ナノ粒子が必要となる。本研究では、EC素子への印加電圧を二段階にステップさせる (ステップ電圧法、図2) ことで、核生成過程と粒子成長過程を分離し、粒径・形状の揃った銀ナノ粒子をEC素子中で生成した。

LSPR波長は、粒子の粒径や形態異方性、粒子同士の近接効果であるプラズモンカップリング等の要因でダイナミックに変化する。ステップ電圧法の採用やパラメータを変化させることで、銀ナノ粒子の析出形態やの面密度の制御が可能であることを明らかにした。その結果、LSPRにより発現するシアン、マゼンタ、イエローなどの鮮やかな有彩色を、単一素子中で発現させることに成功した (図3)。

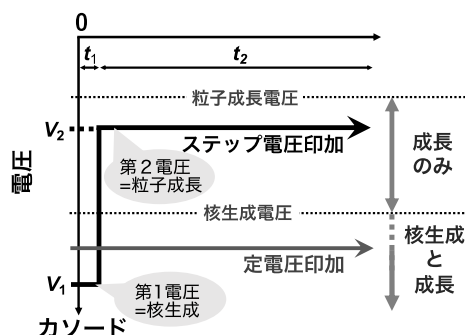


図2. ステップ電圧法の模式図

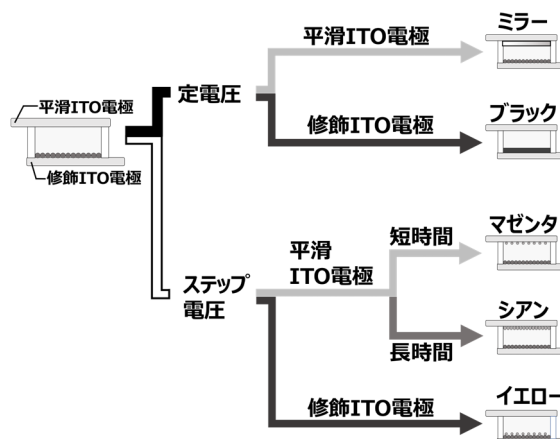


図3. 単一素子中における5つの光学状態の発現

代表発表者 宇治 駿 (うじ しゅん)
所 属 千葉大学大学院 融合理工学府
小林 範久・中村 一希研究室
問合せ先 rsk24453@chiba-u.jp
〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33
千葉大学工学部 8号棟 3階東
TEL:043-290-3457 FAX:043-290-3457

■キーワード: (1)エレクトロクロミズム
(2)銀
(3)局在表面プラズモン共鳴
■共同研究者: 小林 範久・中村 一希 (千葉大学)