

電解析出銀ナノ粒子を利用した エレクトロクロミック素子

SATテクノロジー・ショーケース2022

■ はじめに

エレクトロクロミズムとは、エレクトロクロミック (Electrochromic; EC) 物質の電気化学的な酸化還元反応による可逆的な色変化現象であり、電子ペーパー (e-paper) やデジタルサイネージ等のディスプレイデバイス、調光窓ガラス (スマートウィンドウ) や防眩ミラー等への展開も進展している。本研究では、透明電極上における銀の還元析出をEC反応として利用する、銀析出型EC素子 (Ag deposition-based EC cell) を構築した。銀薄膜や、銀の多孔質な構造は、それぞれ鏡面や黒色を呈する。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、粒径や形状に応じた特異な有彩色を呈することが知られている。我々は、可逆に生成、溶解する銀の析出形態を制御することによって、新規マルチカラーECを目指した。

■ 透明・黒・鏡を発現する銀析出型EC素子の構造

EC素子は、一対のITO電極と、 Ag^+ イオン源としての硝酸銀を含むECゲル電解液で構成されている (図1)。

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が還元して金属銀が析出し、 $+0.5$ Vの印加で析出銀が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 s印加してITO電極上に銀を析出させると、反射率が大きく上昇しミラー状態を発現した (図1左下)。また、一方の電極表面をITOナノ粒子で凹凸に修飾し、この面に銀を析出させると、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右下)。

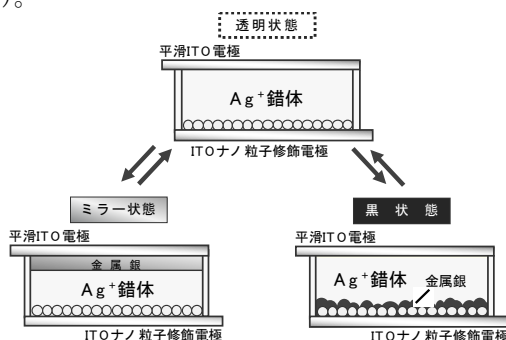


図1. 銀析出型EC素子の構造と、透明・ミラー・黒状態発現の模式図。

■ 銀ナノ粒子の電解析出とLSPR帯の誘起

特定のLSPR帯のみを誘起して有彩色を得るためには、粒径・形状の揃った銀ナノ粒子が必要である。本研究では、EC素子への電圧印加を2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、粒子の粒径や異方性、粒子同士の近接の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。本研究では、電圧印加のパラメータを変化させることで、銀ナノ粒子の粒径や形状、析出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、シアン、マゼンタ、イエロー、グリーンなどの鮮やかな色を、単一素子中で発現させることに成功した (図3)。

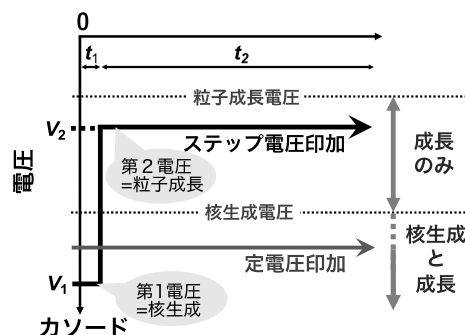


図2. ステップ電圧法の模式図。

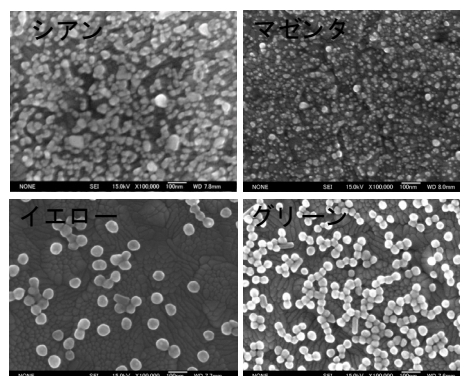


図3. シアン、マゼンタ、イエロー、グリーンを発現したEC素子の電極表面のSEM画像。

代表発表者 木村 俊輔 (きむら しゅんすけ)
所 属 千葉大学大学院 融合理工学府
日本学術振興会特別研究員 DC
問合せ先 s.kimura12548@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
小林範久・中村一希研究室
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) 局在表面プラズモン共鳴 (LSPR)
(3) スマートウィンドウ
■ 共同研究者: 小林範久、中村一希 (千葉大学)