

銀粒子を用いた透明 EC 素子の PWM 制御のパルス電圧駆動

Transparent Electrochromic Devices with Silver Particle Driven by Pulse Width Modulation

東京工芸大¹, 日本写真学会フェロー² 市川正人¹, 平泉桃子¹, 岩田優一¹, 小林天明¹, 手嶋里帆¹, 谷忠昭², 内田孝幸¹Tokyo Polytech. Univ.¹, Soc. Photogr. Imag. Jpn.², Masato Ichikawa¹, Momoko Hiraizumi¹, Yuichi Iwata¹, Tenmei Kobayashi¹, Riho Tejima¹, Tadaaki Tani², Takayuki Uchida¹,

E-mail: m1466001@st.t-kougei.ac.jp

1. 緒言

昨今のエネルギー問題から、スマートウインドウや電子ペーパー等に应用が期待されるエレクトロクロミック(EC)素子の一つとして、透明な状態から鏡と黒の状態に可逆的に変化できる、銀粒子を用いた透明 EC 素子が報告された[1]。さらに最近では、ダブルパルス電圧を印加すると赤や青などの色表示が可能である報告があった[2-3]。これは、ダブルパルス電圧により銀の核発生と核成長の段階に分け、銀粒子によるプラズモン吸収を制御するものである。本研究では、パルス幅変調 (PWM)制御のダブルパルス電圧を上記素子に印加し、この EC 素子のスペクトルと銀粒子の成長について調べた。

2. 実験

銀粒子を用いた透明 EC 素子は、Fig. 1 の様に、ITO 付きガラス基板と、数十 nm の粗面を有する各種修飾透明導電膜付き基板でシリコンゴムスペーサーを挟み、その間に以前の報告に準じた Ag を含む EC 溶液を充填した[1-3]。なお、素子の動作領域は約 13mm 角とした。この素子に印加する電圧は、小型マイコンの Arduino の疑似アナログ出力を用いて、PC 側のプログラムにより制御した。パルス電圧は以前の報告[2-3]から Fig. 2 の波形を基本とした。 V_1 , t_1 を銀の核発生、 V_2 , t_2 を銀の核発生ならびに、粒子成長と分け、 $V_1 = -4V$, $t_1 = 0.02s$, $V_2 = -1.6V$, $t_2 = 12s$ とした。なお、ITO 電極を陰極、各種修飾電極を陽極として、ITO 電極に銀を析出、電着した。比較として直流安定化電源により定常電圧(-2.5V)を印加した素子 Sample1 を観察した。また、パルス電圧を印加した素子を Sample2 とした。更に、FE-SEM によって銀粒子の表面形状観察を行った。

3. 結果

Sample1 は、-2.5V を印加し ITO 側に銀を析出させると、時間経過によって透過率が減少した。電圧を印加し始めてからの時間 $t=2s$ では青紫色を示し、 $t=10s$ では透過率がほぼ無く、鏡に近い状態を示した。一方、パルス電圧を印加した Sample2 では電圧印加後、 $t=2s$ で赤に、 $t=10s$ で青に近いそれぞれの透過スペクトルを示した。これらそれぞれの $t=2s$, $t=10s$ の銀粒子の状態を Fig. 3 および、Fig. 4 に示した。2s で粒子の数、大きさに相違がみられ、10s ではその違いが明らかに分かる。これは、粒子の成長過程が異なることに起因して、それぞれ、鏡と青紫色にな

ったものと考えられる。また、バイアス電圧を逆にして、粗面側に銀を析出させることで、さらに銀の粒子成長過程が変化し、黄色等を示すことが可能と分かった。

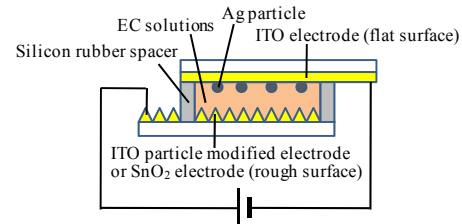


Fig. 1 Cross sectional diagram of the transparent EC devices with silver particle

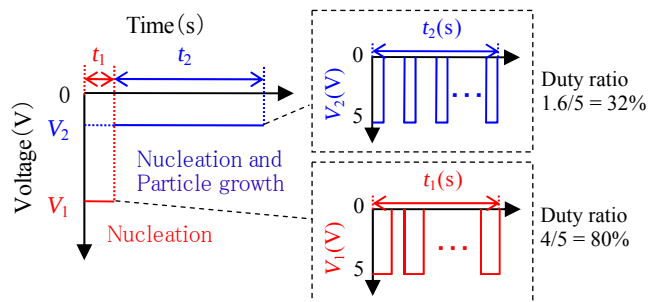


Fig. 2 pulse voltage with PWM control for nucleation and growth of silver particle

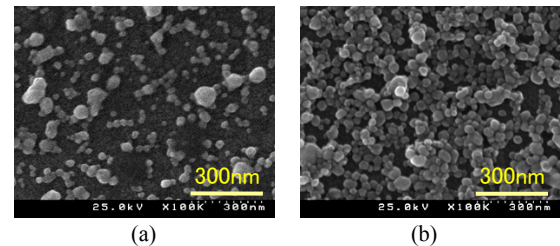
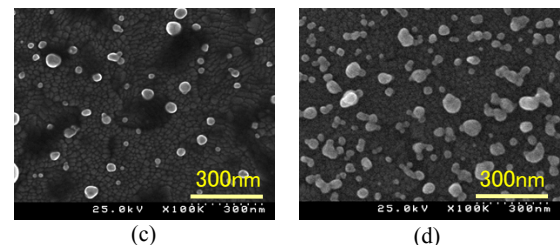


Fig. 3 FE-SEM image of (a) 2 seconds, (b) 10 seconds after applying constant voltage (-2.5V) to Sample1.

Fig. 4 FE-SEM image of (c) 2 seconds, (d) 10 seconds after applying pulse voltage ($V_1 = -4.0V$, $t_1 = 0.02s$, $V_2 = -1.6V$, $t_2 = 12s$) to Sample2.

4. 参考文献

- [1] K. Kobayashi, S. Araki, K. Nakamura. And N. Kobayashi, IDW'11, (2011) p.395
- [2] A. Tsuboi, K. Nakamura, N. Kobayashi, IDW'13, (2013) p.361
- [3] 内田孝幸, 齋藤和貴, 市川正人, 櫻井圭介, 日本写真学会誌, 76, 5 (2013) p.412