

解説

J. Jpn. Soc. Colour Mater., 92 [6], 171-176 (2019)

一小特集 インクジェットの市場展開を支える材料技術の進化—

サイズ・形態精密制御液相法に基づく透明導電性ナノ粒子合成とその塗布膜特性

蟹江澄志*†

*東北大学多元物質科学研究所 宮城県仙台市青葉区片平2-1-1素材工学研究棟1号館 (〒980-8577)

† Corresponding Author, E-mail: kanie@tohoku.ac.jp

(2019年3月31日受付, 2019年5月13日受理)

要 旨

本研究では、透明導電性金属酸化物 (TCO) 薄膜法として、高品位TCOナノ粒子からなるナノインクを用いたインク塗布法に着目した。ここで用いる高品位低抵抗TCOナノ粒子の調製法としては、液相からの粒子の均一核生成・粒子成長を鍵とする液相法を用いた。液相法を用いれば、従来のTCOナノ粒子に比べ、数桁程度の抵抗値の低減が期待できる。具体的なTCOとしては、スズドープ酸化インジウム (ITO)、ガリウムドープ酸化亜鉛 (GZO)、およびアンチモンドープ酸化スズ (ATO) とした。その結果、得られたTCOナノ粒子は、期待したとおり、従来法により得られるナノ粒子に比べ、きわめて低い抵抗値を示した。これらをインク化、熱処理後に、得られたTCO薄膜の光学特性を調べたところ、きわめて高い可視光透明性の付与が可能であることが明らかとなった。

キーワード：ナノ粒子、透明導電膜、インク塗布法、液相法

1. 緒 言

透明電極は、薄型テレビ、パソコン、モバイル機器、ウェアラブルデバイスや太陽電池に欠かすことのできない材料である。とくに近年、急速に進歩しつつあるフレキシブルデバイス分野への適用を視野に、銀ナノワイヤー、グラフェン、および導電性高分子などを用いた透明電極の開発に拍車がかかっている。一方で、低抵抗性・光透過率や化学的安定性の観点からは、スパッタ製膜法によるスズドープ酸化インジウム (ITO) 薄膜が依然広く使用されている。スパッタ製膜法は高透明かつ低抵抗のITO薄膜を得る優れた手法であるものの、製膜時のスパッタ装置内への付着ロス、配線形成時のエッチングロス等、インジウム利用効率が低い手法である。また、スパッタ製膜法では、大型薄型テレビの急速な普及に合わせて、そのつどITOターゲット、真空チャンバー等の大型化・更新など、膨大な設備投資を必要とすることが問題である。さらには、フィルムの耐熱性の問題ゆえに、フレキシブルフィルムへの直接の適用は困難である。すなわち、いずれ、Roll-to-Rollプロセスの普及や銀ナノワイヤーおよびグラフェン等の透明導電膜としての技術向上にともない、ITO電極の代替が進むことが考えられる。しかしながらITOの可視光透明性は捨てがたいものである。こ

れらのことから、ITOなどの透明導電性金属酸化物 (TCO) 薄膜を製造する現行法に置き換わる根本的な技術革新が強く求められている。その革新的な技術の一つとして、近年、ITOナノインクをインクジェット法により直接基板に描画・配線するフルアディティブ法が注目されている。この方法では、配線を基板に直接描画できるため、大型真空装置を必須とするスパッタ法に比較して、製造工程が大幅に簡略化できる。また、エッチング工程も不要となることから、材料やエネルギー使用量が大幅に削減でき、Roll-to-Rollプロセスへの適用も容易であることからグリーンイノベーションに貢献できる。さらには、インジウムの使用効率をほぼ100%に高められ、インジウムの流通コストも大幅に削減可能となる。このように、ナノインク配線技術は、数多くの利点を有する。しかしながら、とくにITO使用量の多い液晶パネルの共通電極、画素電極用途においては、焼成温度が略々200℃程度との制約がある。これに対して従来のITOナノインクを使用した膜では、焼成温度200℃ではほぼ絶縁膜であり、高温焼成が必要不可欠である。また、たとえ焼成温度を250~350℃に上昇したとしても、抵抗値はせいぜい $100\sim 10^{-1}\ \Omega\ \text{cm}$ 程度と、スパッタ製膜に比較してかなり劣っている。その主要因としては、i) 用いるITOナノ粒子の抵抗値が高いこと、ii) ナノ粒子表面での界面抵抗が高いこと等が挙げられる。とくに従来のITOナノ粒子は、乾式プロセスにより調製されており、単に抵抗値が高いのみならず、インクとする際の分散もきわめて困難である。この現実に対して著者らは、独自技術である「液相からのサイズ・形態制御単分散ナノ粒子合成技術」を低抵抗TCOナノ粒子の液相合成に適用することに着目している。液相からのナノ粒子合成法は、液相でのナノ粒子の均一核生成・粒子成長を特長としたものであり、生成した核の凝集を防止することにより、粒度分布の狭いナノ粒子、



〔氏名〕 かにえ きよし
〔現職〕 東北大学多元物質科学研究所 教授
〔趣味〕 休日の料理
〔経歴〕 1998年5月東京工業大学博士課程中退、同年6月より東京大学大学院工学系研究科助手、2000年7月京都大学博士(工学)取得。2002年東北大学多元物質科学研究所助手、2007年同助教、2008年同准教授、2019年同教授、現在に至る。