



機能性ナノ多孔質セラミックス薄膜の成膜技術

京都工芸繊維大学 材料化学系
菅原 徹

電子デバイスを印刷法によって製造する (PE: Printed Electronics) 技術は、次世代の電子デバイス製造技術として、近年、精力的に研究されている。中でも、溶液プロセスによるセラミックスコーティング技術は、機能性材料の薄膜として利用する次世代の省エネ・省資源・低コストプロセスとして非常に注目を集めている。本稿では、太陽電池の緩衝層やガスセンサなどの応用に向けた有機金属分解 (MOD) 法によるナノ薄膜およびナノ構造薄膜のコーティング技術を解説する。

1. はじめに

機能性金属酸化物は、その誘電性 (絶縁性) や磁気的特性から、古くからコンデンサやキャパシタ、インダクタといった電子部品に多く用いられてきた。近年、酸化物薄膜 (Thin Film Oxide: TFO) が、その多様な光学および電気的性質を示すことから、タッチパネルディスプレイ、トランジスタ、太陽電池、レーザー、発光ダイオード、光増幅器のような、様々な電子デバイスに用いられている。しかしながら、これらの酸化物薄膜を積層する技術は、超真空プロセスが主要であり、なおかつ 300-500 °C を超える高温での熱処理も不可欠である。これらのプロセスは、持続可能な人類社会を構築する上で、省資源、省エネルギーの観点から大きな障害となっている。

一方、近年、電子デバイスを印刷法によって製造する (PE: Printed Electronics) 技術は、プロセスの簡略化、原材料の省資源化、大面積での製造が可能であることから、次世代の電子デバイス製造技術として、世界中で研究開発されている¹⁾。特に、過去 10 数年程の有機物半導体の電子移動度の向上や光吸収率の増大、光励起強度の増大 (バンド制御) など性能向上により、研究開発が躍進的に発展してきた。これらの背景を受けて、電界効果薄膜トランジスタや太陽電池、有機エレクトロスミネッセンスなどを応用した電子デバイスを印刷法で作製し、評価の研究開発が加速し、学協会や論文、特許などで発表され続けられている。しかしながら、そのほとんどが部分的に印刷法へ移行した限定的な研究開発にとどまっているのが事実である¹⁾。これは、有機半導体の性能だけでは、越えられない複合的な壁が存在する。つまり、印刷法で作製する電子デバイスでも、必ず無機材料が必要となる。

著者らのグループでは、無機材料をインク化し、印刷法で塗布することで、その性能をバルク材料と同等まで、引き出す研究開発を世界で先駆的に進めてきた²⁻⁹⁾。なかでも、著者らのグループは、金属塩を原料とした前駆体インクを熱分解し、金属酸化物を機能性材料として電子部品に利用することに挑戦している⁶⁻⁹⁾。

一方、ナノ材料は、物質のナノサイズ効果が提唱されて以来、半世紀以上に渡って研究・開発されてきた。巨大比表面積による融点や焼結温度の低減、量子サイズ効果による新機能の発現など、今や材料科学分野にとってナノ材料は欠かせない存在となっている。例えば、著者らが近年取り組んでいるガスセンサデバイスにおいても感度や応答性の観点からナノ材料の利用が期待されている^{6,9)}。しかしながら、これらナノ材料の有効な機能性がありながら、これまで、その性質