

スプレー法および蒸発乾燥法により形成された 酸化亜鉛ナノ粒子層の電気伝導特性評価

Electrical characterization of sprayed and evaporation dried ZnO nanoparticle layers

島根大院総理工, ○賀須井 渉, 吉田 俊幸, 藤田 恭久

Graduate school of Science and Engineering, Shimane Univ.

○Shou Kasui, Toshiyuki Yoshida, Yasuhisa Fujita,

E-mail: s169604@matsu.shimane-u.ac.jp

【はじめに】

半導体ナノ粒子を用いた薄膜（粒子層）の形成は、従来の単結晶や多結晶薄膜と比べ性能は劣るとしても、基板材料や表面形状の影響を受けにくいため基板選択の幅が大きく広がり、さらに大幅な低コスト化が可能なため近年注目されている[1, 2]。本研究で扱う酸化亜鉛(ZnO)は比較的安価で資源も豊富であり、大気中や水中で粒子表面が絶縁膜で覆われることがなく扱いやすい。当研究室では、窒素ドーパ量を調整したZnO ナノ粒子の作製とpn接合型近紫外LEDの実現[3]、さらにn型のみならずp型伝導を示す粒子層とそれらのTFT応用[4]に成功している。しかし、シート抵抗が非常に高いことや($M\Omega \sim G\Omega$ 台)、移動度の粒子径依存性が通常のバルク伝導特性とは異なることなど[5]問題点も多い。今回はAFMにより表面構造を観察すると共に、電気伝導特性への影響を含め詳細に評価したので報告する。

【実験と結果】

ZnO ナノ粒子はガス中蒸発法（高窒素ドーパ(p型) : 150 Torr, 50 A, 低窒素ドーパ(n型) : 610 Torr, 20 A)により作製した。分散液は、ZnO ナノ粒子 0.4 g を超純水 20 ml に超音波ホモジナイザー(150 W, 3 min)で分散させ、その後の遠心分離機によりメジアン径約 240 nm の分散液を作製した。粒子層はスプレー法及び蒸発乾燥法により石英基板上に形成した。スプレー法(図1(a))では、エアブラシを用いてホットプレートで加熱した石英基板上に塗布することで粒子層を形成した。塗布は全量 37.5 ml を 5 秒間隔で 500 回に分けて行った。塗布時のホットプレート温度は、n 型粒子層では 500 °C, p 型粒子層では 250 °C とした。蒸発乾燥法(図1(b))では、成膜中の不純物混入を防ぐため、真空デシケータ中で行った。用いた分散液は 150 ml, ビーカー底面積は約 28.3 cm², 乾燥時間は約 48 h であった。成膜後、熱処理（大気中, 200 °C, 15 min）を行った。それぞれの方法で用いた分散液の量は、層の厚さが約 10 μ m となる条件である。

図2(a) (b) (c) (d)に、スプレー法および蒸発乾燥法により作製したn型粒子層の、AFMによる表面観察結果を示す。図2(a) (b)より、広範囲 (30 $\times$ 30 μ m 四方) のrms値はスプレー法では約210 nm, 蒸発乾燥法では約230 nm となり、スプレー法の方が平坦である。しかし、大きな凹凸を除いた局所的な箇所ではrms値を比べると、スプレー法では120~180 nmとなる一方、蒸発乾燥法では100 nm以下となる場所を多く見つけることができるため、条件の最適化により蒸発乾燥法の方がより平坦な表面を持つ粒子層を形成可能と思われる。また、図2(c) (d)より最表面付近の粒子径は、蒸発乾燥法の方がスプレー法と比べて小さくなっている。これは瞬間的に蒸発・固着するスプレー法と比べ、蒸発乾燥法では長い時間をかけるため大きく重たい粒子が下層に、小さく軽い粒子が上層に堆積したものと思われる。現段階では得られる粒子層の抵抗値は高く、電流は最短距離である粒子層表面付近を流れるため、こうした粒径分布の違いが電気伝導特性に与える影響を調べる必要がある。今後はこうした構造的評価と併せ、伝導特性の温度依存性等の調査を進め、粒子層における伝導モデルを検討していく。(尚、本研究は基盤研究(C)16K06263の助成を受けたものである。)

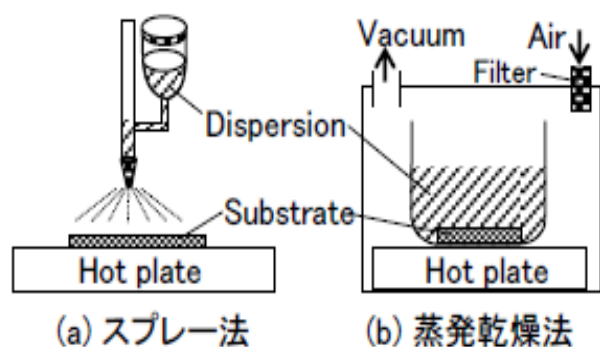


図1 粒子層形成法

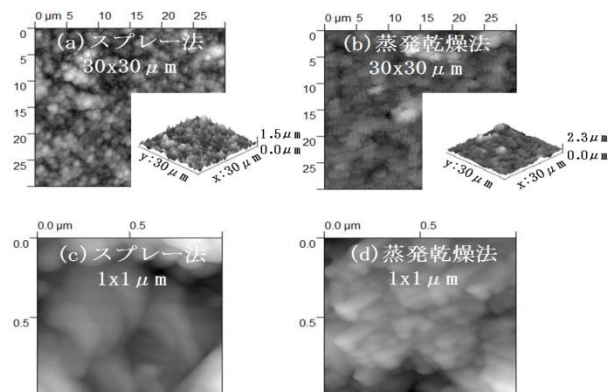


図2 粒子層の表面観察

[1] A. K. Diallo et al., Mater. Sci. Eng. B **214** 11 (2016), [2] F. F. Vidor et al., Nanomaterials **2016** 6090154 (2016), [3] Y. Fujita et al., Phys. Status Solide C **11** 1260 (2014), [4] D. Itohara et al., J. Nanomaterials **2016** 8219326 (2016), [5] S. Kasui et al., ICDS2017 @Matsue, ThP-43.