

ZnO ナノ粒子層の低抵抗化のための熱拡散型 Ga ドープにおける 熱処理雰囲気の影響

Effect of annealing gas in Ga thermal diffusion for reduced resistive ZnO nanoparticle layers

島根大院自然科学¹, 島根大院総理工² ○吉田 俊幸¹, Islam Md Maruf², 藤田 恭久¹

Shimane Univ. Nat. Sci&Technol¹, Shimane Univ. Sci&Eng.²

Toshiyuki Yoshida¹, Islam Md Maruf², Yasuhisa Fujita¹

E-mail: yosisi@riko.shimane-u.ac.jp

【はじめに】

本研究は、当研究室で得られた n 型/p 型 ZnO ナノ粒子^[1]により粒子層を形成し、薄膜トランジスタ(TFT)へ応用することを目的としており、すでに n-TFT/p-TFT の動作を実現してきた^[2,3]。しかし、粒子層の横方向の抵抗が $M\Omega/\text{sq} \sim G\Omega/\text{sq}$ 台と非常に高いことが問題であり、これに対して n 型 ZnO 粒子層へは Ga_2O_3 粒子を用いた熱拡散による Ga ドープを試み、抵抗が大幅に低減する効果を確認した^[4]。今回は、Ga ドープ時の熱処理雰囲気の影響について検討したので報告する。

【実験方法】

ZnO ナノ粒子はガス中蒸発法 (dry-Air, 610 Torr, 20 A, 3 分) により形成した。 Ga_2O_3 粒子は市販品 (Sigma-Aldrich 製) である。両者を $\text{ZnO}:\text{Ga}_2\text{O}_3 = 0.2 \text{ g}:0.06 \text{ g}$ の割合で混ぜ、 N_2 , Air 各雰囲気中で $800^\circ\text{C}/60$ 分間熱処理した。これを、超純水 10 g へ超音波ホジナイザー (150W, 3 分) で分散、さらに遠心分離 (3000 G, 1 分) により分散液を得た。これをホットプレート上 (500°C 設定) の石英基板へ Fig. 1 のスプレー法により塗布・焼結して約 $10 \mu\text{m}$ の粒子層を得た。

【結果と考察】

今回用いた ZnO 粒子と Ga_2O_3 粒子の粒径分布 (いずれも遠心分離前) と、これら ZnO 粒子と Ga_2O_3 粒子を混合/熱処理/遠心分離した粒径分布を Fig. 2 に示す。最終的な ZnO 粒子のメディアン径は約 150 nm であり、また Ga ドープ後に残った Ga_2O_3 粒子は遠心分離によって完全に除去できることが分かる。このことは、XRD および XPS 測定でも確認している。

粒子層のシート抵抗の変化を Fig. 3 に示す。グラフの点は 5~10 の測定の平均値である。何もしない ZnO 粒子層の $G\Omega/\text{sq}$ 台と比べ、 Ga_2O_3 と混ぜて熱処理した ZnO 粒子層の抵抗値は劇的に減少した。XPS 測定より Ga の拡散が生じたことを、ホール効果測定より拡散した Ga の一部が活性化してドナーとなったことを確認している。熱処理雰囲気は pure N_2 より Air の方がシート抵抗は減少し、伝導特性が向上していることが分かる。今後、pure O_2 を含む雰囲気の違いによる Ga 拡散量や活性化の傾向、欠陥の振る舞いなどについて検証し、TFT チャネル層への応用を進める。

【謝辞】

本研究は JSPS 科研費 16K06263 の助成を受けたものである。

【References】

[1] Y. Fujita *et al.*, Phys. Status Solid C **11**, (2014) 1260. [2] D. Itohara *et al.*, J. Nanomaterials **2016** (2016) 8219326. [3] T. Yoshida *et al.*, e-J. Surf. Sci. Nanotech. **14** (2016) 175. [4] 吉田俊幸 他 第 79 回 (2018 年) 応用物理学会秋季学術講演会「19p-PB8-3.

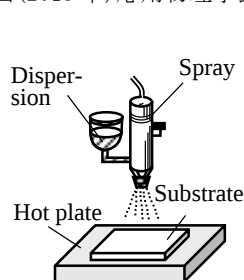


Fig. 1

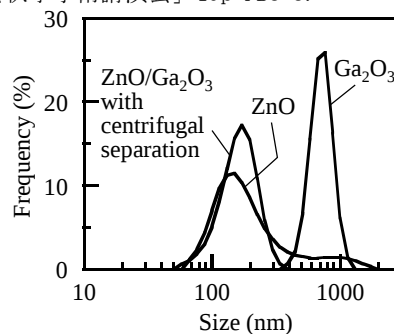


Fig. 2

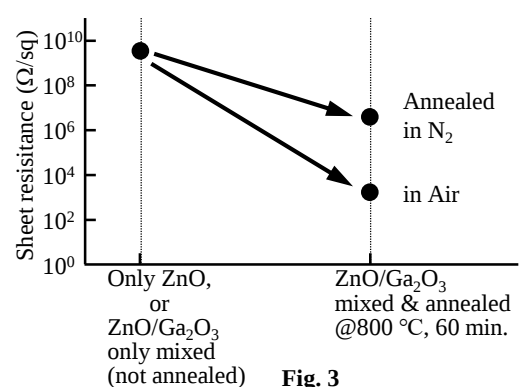


Fig. 3