

17p-B4-2

V ドープ ZnO 薄膜の熱処理に対する安定性

Thermal Stability of Annealing V-Doped ZnO Thin Films

東北大院工¹, 東北大工²○千葉 博¹, 森 達哉¹, 奥田 修平¹, 照井 健太², 川島 知之¹, 鷲尾 勝由^{1,2}

Tohoku Univ., Hiroshi Chiba, Tatsuya Mori, Shuhei Okuda, Kenta Terui, Tomoyuki Kawashima and Katsuyoshi Washio

E-mail : chiba-h@ecei.tohoku.ac.jp

【はじめに】ZnO にバナジウムを添加した VZO 薄膜は、圧電特性を向上でき^[1]、超音波センサへの応用が期待できる。また、透明導電膜としても $0.5 \text{ m}\Omega\text{cm}$ 程度の低抵抗性が得られている^[2]。さらに VZO 薄膜は ZnO に比べて熱的に安定である^[3]。そこで、低抵抗導電膜への応用観点から熱的安定性の V ドープ量依存性を検討した

【実験方法】ZnO と VZO 薄膜は、Ar ガスを用いた RF マグネトロンスパッタ法により、石英基板上に基板温度 200°C 、RF 電力 150W で堆積した。膜厚は約 500nm である。アニール雰囲気は N_2 と O_2 とし、熱処理温度 (T_A) と V ドープ量をパラメータとした。V ドープ量は XRF により測定した。熱処理による膜の安定性の評価には抵抗率を用いた。

【結果・考察】ZnO と VZO の抵抗率の N_2 アニール温度依存性を図 1 に示した。成膜後の ZnO の抵抗率は約 $0.1 \Omega\text{cm}$ であるのに対し、VZO の抵抗率は約 $0.5 \text{ m}\Omega\text{cm}$ である。ZnO 薄膜の場合、 $350 \sim 400^\circ\text{C}$ の熱処理で抵抗率が微減し極小となるが、 $T_A > 450^\circ\text{C}$ で増大する。この抵抗率の増加は、キャリア生成に寄与していた格子間 Zn (Zn^i) が脱離したためと考える。これに対して、VZO は $T_A \leq 450^\circ\text{C}$ で抵抗率がほぼ一定値で、 $T_A = 500^\circ\text{C}$ で抵抗値は約 2 桁増大し、ZnO とほぼ等しくなった。この変化は、VZO の低抵抗に寄与していた V イオン (V^i) が格子位置に入り、キャリア生成に寄与しなくなったためと考えることができる。

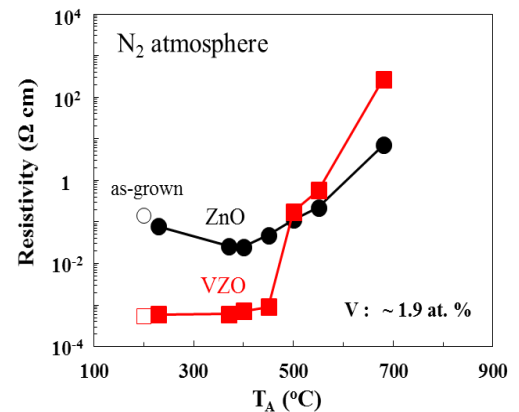
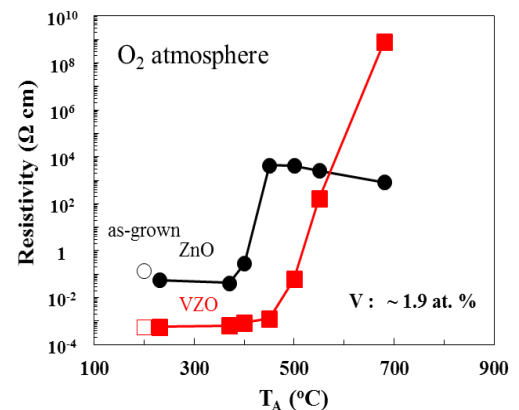
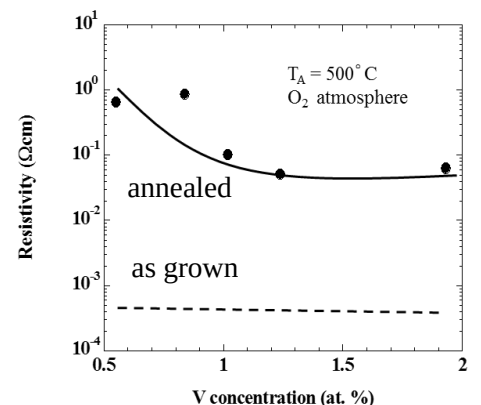
ZnO と VZO の抵抗率の O_2 アニール温度依存性を図 2 に示した。ZnO は $T_A = 450^\circ\text{C}$ で抵抗率が約 5 桁増大し、 $T_A \geq 500^\circ\text{C}$ でほぼ一定となった。この変化は、 N_2 アニールとの比較から、酸素欠損 (V°) を埋めたことによる高抵抗化と考える。この結果は、 O_2 雰囲気中での熱処理では約 400°C で Zn^i 脱離とともに酸化されることを示している。これに対し VZO は、 O_2 雰囲気中においても N_2 雰囲気中での熱処理と同様に $T_A = 500^\circ\text{C}$ で抵抗率が増加した。これは、VZO では V^i の格子点移動が酸化による V° 補償に比べて熱的に優先であることを示している。 $T_A = 500^\circ\text{C}$ での O_2 アニールによる抵抗率変化の V ドープ量依存性を図 3 に示した。V ドープ量が $1 \text{ at. \%}$ 以上では、抵抗率の増大を 2 桁程度に抑制し前述と同様の効果が得られた。しかしドープ量が $1 \text{ at. \%}$ 未満では効果が低下した。このことから V ドープによる抵抗率の熱的安定性の向上は、 $1 \text{ at. \%}$ 程度とすることで有効になるといえる。

【謝辞】本研究の一部は(独)科学技術振興機構の産学共創基礎基盤研究プログラムの助成を受けたものです。

[1] P. Feng, L. J. Ting, Y. Y. Chao, W. X. Bo, Z. Fei, Science China Technol. Sci. Vol. 55, pp. 408, (2008)

[2] S. Okuda, et al., 第 60 回応用物理学会春季学術講演会, G28a-G19-8, (2013)

[3] H. Chiba, et al., ISCSI-VI, P2-28 (2013)

図 1 抵抗率の N_2 アニールによる変化図 2 抵抗率の O_2 アニールによる変化図 3 O_2 アニールによる抵抗率増大の V ドープ量依存性