

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	水溶液プロセスで作製した高い透明性および導電性を持つ酸化亜鉛膜
Title(English)	Solution-Processed Zinc Oxide Films Having High Transparency and Conductivity
著者(和文)	HongJeongSoo
Author(English)	Jeongsoo Hong
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9641号, 授与年月日:2014年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:松下 伸広,大坂 武男,川路 均,尾笹 一成,脇 慶子
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9641号, Conferred date:2014/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	洪 正洙	
論文審査 審査員		氏名	職名		
	主査	松下伸広	准教授	脇 慶子	准教授
	審査員	大坂武男	教授		
		川路 均	教授		
尾笹一成		連携准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は "Solution-Processed Zinc Oxide Films Having High Transparency and Conductivity"(水溶液プロセスで作製した高い透明性および導電性を持つ酸化亜鉛膜)というタイトルで英文にて記述され、Chapter 1~8 の 8 章から構成されている。

Chapter 1 "Introduction and Objective"では、酸化亜鉛(ZnO)の材料特性と本論文で用いたスピンスプレー法を含む ZnO 膜の形成プロセスを紹介した上で、本論文の目的と概要について述べている。

Chapter 2 "Solution-Processed ZnO Films with Various Structures"では、スピンスプレー法によりガラス基板上に堆積温度 90°C、シード層無しの場合でも結晶化 ZnO 膜が形成できること、pH や修飾剤添加など溶液条件を変えることにより、ロッド状、フラワー状、ち密連続膜などの膜構造制御が可能であることを示した上で、その結晶性や形成メカニズムについて概説している。

Chapter 3 "Effects of UV Irradiation on Conductivity of Transparent ZnO Films"では、クエン酸 3 ナトリウムを加えた反応液を用いた場合に、透過率 85%以上の透明 ZnO 膜が堆積可能になること、堆積後の膜中にカルボキシル基を含む有機物が残存して高抵抗であるが、紫外線照射による光触媒作用で有機物を分解し、炭素(C)や水素(H)のドーピングによりキャリアが生成されて、透明導電性 ZnO 膜になることを示すとともに、紫外線処理の波長、強度、時間の電気伝導性への影響を述べている。

Chapter 4 "High-Conductivity Solution-Processed ZnO Films Realized via UV Irradiation and Hydrogen Treatment"では、スピンスプレー法で堆積された ZnO 膜に紫外線照射と水素雰囲気中 100°Cでの還元熱処理を行うことにより、高い透明性、高いキャリア密度、高い移動度を持つ膜が得られることを明らかにしている。紫外線照射はドーピングによるキャリア密度の増加、還元熱処理は粒界に存在する負の酸素種を減少させて移動度の向上にそれぞれ寄与することを示すとともに、最適化された紫外線照射条件と還元熱処理条件において高キャリア密度 $1.5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ と高移動度 $11.2 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ が得られ、 $1.8 \times 10^{-3} \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ と透明導電膜として十分に応用可能な低抵抗率の膜の作製に成功している。

Chapter 5 "Solution-Processed ZnO Films on Flexible Substrate"では、柔軟で透明なポリエーテルサルホン(PES)シートを基板とした場合でも、クエン酸 3 ナトリウムを加えた反応液を用いることで、85%と高い透明性を持つ緻密な ZnO 膜が堆積可能であること、紫外線照射により抵抗率が $9.1 \times 10^{-3} \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ (キャリア密度 $2.1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$, 移動度 $1.5 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$)と高い導電性も得られることを明らかにしている。また、屈曲試験では折曲回数 500 回までは $10^{-2} \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ 以下の低抵抗率が維持されることも示している。

Chapter 6 "Fabrication of Heterostructured Ferrite / ZnO film by Aqueous Solution Process"では、スピンスプレー法で $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3 / \text{ZnO}$ 二層膜ならびに $\text{Fe}_3\text{O}_4 / \text{ZnO}$ 二層膜を作製し、100°C以下の低温堆積であるにも拘わらず ZnO 層上の $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 層と Fe_3O_4 層はそれぞれ優れた結晶性を示しており、溶液プロセスでも結晶化した機能性セラミックス積層膜が形成することに成功している。

Chapter 7 "Future Prospects"では、溶液プロセスで作製した ZnO 膜による p-n 接合透明電子デバイスの形成やウェアラブル透明デバイスへの応用が考えられること、スピンスプレー法は TiO_2 膜他の機能性セラミックス膜の作製への適用も期待できることなどの本研究の将来展望を述べている。

Chapter 8 "Conclusion"では、本研究で得られた結果と議論を総括している。

以上を要するに本論文は、低環境負荷の溶液プロセスによって $10^{-3} \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ オーダーの低抵抗率と 80%以上の高い透明性を持つ ZnO 膜の作製に成功し、それらの透明導電膜他への応用が期待されるなど、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)として十分な価値があるものと認められる。