

サファイア基板上のZnO透明導電膜の特性

Transparent conductive properties of ZnO films on sapphire C-plane substrates

NTT デバイスイノベーションセンタ, [○]赤沢方省

NTT Device Innovation Center, [○]Housei Akazawa

E-mail: akazawa.housei@lab.ntt.co.jp

【はじめに】 ガラス基板上のZnO系透明導電膜の抵抗率は、成長初期からの結晶性の変化を反映して、膜厚とともに急速に減少する。しかしその様子は基板に依存するはずである。本研究においては、サファイア、SiN_x基板上とガラス基板との特性の違いを明らかにしたので報告する。

【抵抗率の膜厚依存曲線】 シリコン基板にプラズマCVDで形成したSiN_x膜の上に成長した場合、ガラス基板と比較して膜厚依存特性はほとんど変わらなかった。則ち、基板がアモルファスであることが特性を左右していると言える。左下図はサファイアC面上での各成膜温度におけるアンドープZnO膜の抵抗率である。室温成膜ではエピタキシャル基板を使う意味がなく、ガラス基板と同様な抵抗率曲線が得られている。ZnOのキャリアは酸素空孔や格子間Znなどから生じるが、高温で結晶性が良くなりそれらの欠陥が消失すると、抵抗率は桁も高くなる。ここで300°Cおよび400°C膜厚依存性には、特徴的な振るまいが見られている。膜厚に対してシート抵抗の下がり方が急峻でなく、20-150 nmの範囲で停留している。これは多少膜厚が増えてもその分に見合った抵抗変化が少なく、界面付近の電気伝導が主要な寄与をしていることを示している。

【結晶性の変化】 X線回折によりサファイア基板上の膜厚の変化に対応する結晶性をモニターした。150°Cから300°Cにかけて、ZnO(002)ピークの膨らみが高角側に発生した。基板の原子配列にZnOが格子整合した結果、c軸方向の格子間隔が界面付近で縮んでいる。また右下図のGIXRDパターンには、200°C以下で多結晶状態を示すピークが多数見えているが、300°C以上ではZnO(103)ピークだけになっている。このように多結晶状態が解消してエピ成長になると、一気に抵抗率が増大することから、粒界における欠陥がキャリア生成の場となっていることを示唆している。

【伝導モデル】 ZnOの方がサファイアよりもバンド幅が狭く、両者を接合すると界面付近に2次元電子ガスが蓄積されることが指摘されている[1]。もしもこの電子が上方のZnO膜中のキャリア以上に寄与していると仮定すれば、上記の特性が説明できる。結晶性が向上すると、急速にキャリア生成しなくなるが、移動度は増大するため、膜厚の増加に伴って次第に抵抗も減少する。

[1] L. Hong-Wen et al. Chin, Phys. Lett. **30** (2013) 118201.

