

RF マグネトロンスパッタ法を用いた GaN 薄膜の 作製と評価に関する研究

Study on Fabrication and Evaluation of GaN thin films by RF Magnetron Sputtering

○仲嶋 徹, 黒田 寛, 佐藤 祐喜, 大鉢 忠, 吉門 進三 (同志社大院理工), 竹本 菊郎,
宇野 裕行, 木村 直人, 高崎 正規 (ヤマカヒューテック(株))

○Toru Nakajima, Hiroshi Kuroda, Yuuki Sato, Tadashi Ohachi, Shinzo Yoshikado (Doshisha Univ.), Kikuro Takemoto, Hiroyuki Uno, Naoto Kimura, Masanori Takasaki (Yamanaka Hutech Corporation) E-mail: syoshika@mail.doshisha.ac.jp

【はじめに】環境およびエネルギー問題が地球規模で議論されている昨今, 民生及び産業機器の各種電力変換部分において, 幅広く用いられるパワーデバイスの省エネルギー化が強く求められるに至っている。しかしながらデバイスに用いられる Si は性能限界に近付いており, 近年は直接遷移型半導体であり, ワイドバンドギャップ半導体である窒化ガリウム (GaN) に注目が集まっている。また, GaN は適切なドーピング元素を加えることで, バンドギャップを制御することが可能なので, 太陽電池への応用も期待されている。そこで我々は, 最終的な目標を, 多結晶 GaN の単接合薄膜太陽電池の作製として, まずは高特性な GaN 薄膜の作製を目指した。一般的に GaN 薄膜は 800°C 以上の高温で MOCVD 法や MBE 法で作製されている。一方で安全性や製膜速度が遅いという課題がある。そこで我々は, 粉末ターゲットが使用可能で, 製膜速度が比較的速く, 大面積に製膜可能な薄膜作製方法である RF マグネトロンスパッタを用いた。特にスパッタターゲットに高純度な GaN 粉末を用い, 製膜条件を種々変化させて製膜し評価した。

【実験方法】Ga₂O₃ 含有量が極めて少ない高純度な GaN 粉末(純度 99.999%以上)を用いた。単結晶サファイア基板 (c 面) 上に, N₂ ガスを用いて, 製膜時の圧力: 0.6Pa として, 放電周波数 13.56 MHz, 印加電力: 200 W, 基板温度: 室温~700°C, 製膜時間: 2, 6 時間として製膜した。また GaN 粉末に Si を 1mol% 添加した製膜も行った。なお, いずれの薄膜も基板加熱前の圧力を 2×10^{-4} Pa 以下とした。試料の膜厚測定, AFM による表面観察, X 線結晶構造解析 (2θ - ω , 極点図), 抵抗率の温度依存性の測定を行った。

【実験結果・考察】結晶構造は基本的には六方晶であった。基板温度が 700°C のとき急激に(002)面が成長することが分かった。また理想的な GaN の格子定数よりも大きくなっていることが分かった。これは GaN とサファイア基板の格子不整合は 16%あり, 製膜した GaN 薄膜はサファイア基板の引張り応力の影響を受けたためであると考えられる。極点図より, 基板温度が 200°C のとき, {010}, {002}, {011}面に配向した結晶が支配的であり, 基板温度を 700°C のとき, {002}面と{011}面に配向した結晶が支配的であることが分かった。またいずれの製膜条件の薄膜でも, {002}面の半値幅は 1°程度であり, c 面以外の面では半値幅がブロードで測定出来ず, 面方向の揺らぎが大きいことが分かった。

Fig.1 に Si ノンドープで基板温度を 200°C で製膜時間を 6 時間とした薄膜と基板温度を 700°C で製膜時間を 2 時間および 6 時間とした薄膜および, Si を 1mol% ドープして基板温度を 200°C および 700°C で製膜時間を 6 時間とした薄膜の抵抗率の温度特性を示す。Si を添加しないとき, 基板温度が 700°C では 200°C と比較して抵抗率が大幅に減少した。またプロットの傾きが変化した。また, Si の添加の有無に依らず抵抗率は大きな変化しなかった。これより, 製膜チャンバー内に残存している酸素が GaN 薄膜に取り込まれやすくなり, 酸素がドーピングされている状態になったことを示唆する結果が得られた。

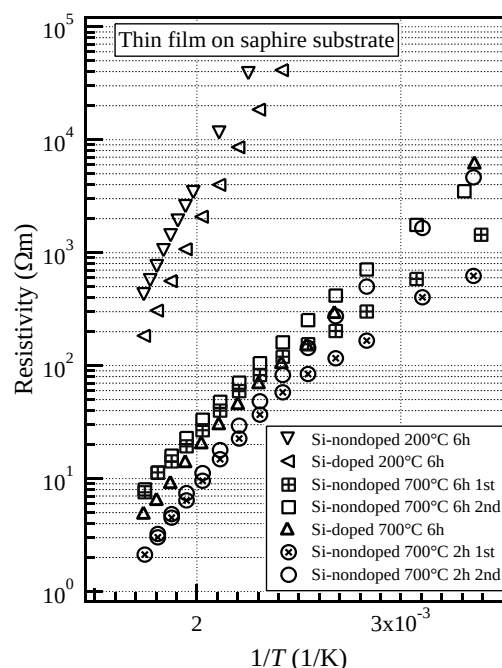


Fig.1 Substrate temperature dependence of the resistivity of GaN thin films.