

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

○桑原翔太, 宮本卓哉, 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 (ヤマハヒューテック(株))

○Shota Kuwahara, Takuya Miyamoto, 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】近年, 直接遷移型ワイドバンドギャップ半導体である窒化ガリウム (GaN) が使用されるようになった。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であり, 伝導型の異なる不純物半導体になるので太陽電池への応用も期待されている。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。そこで本研究では, 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て成膜を行ってきた。前回までの研究により, スパッタガスに N_2 ガスのみを用いて製膜した場合結晶構造は六方晶と立方晶の混晶であり, 抵抗率が極めて高いことが分かっている。またターゲットに Si を添加した場合も, 抵抗率の低下が見られず, 伝導型の制御が困難である。一方市販されている GaN 単結晶は不純物を添加しない内因性半導体にしては比抵抗が著しく小さく, 外因性半導体と大きな差が無いのが極めて奇異である。そこで, 本研究では, Si を添加した単結晶ウェハをターゲットとして, 成膜を試みたので報告する。

【実験方法】ターゲットを 2 種類用意した。一つは, 従来のように Ga_2O_3 および残留酸素の含有量が極めて少ない高純度な GaN 粉末(純度 99.999%以上)を圧縮のみを行ってスパッタターゲットとしたもの。もう一つは, Si を添加した N 型 (0001) 方位の GaN 単結晶ウェハである。GaN 単結晶はスパッタ時の温度上昇によりクラックが入る可能性があるため, 放電電力を 50~100W 程度とした。単結晶サファイア基板 (光学研磨された c 面, 並木精密宝石製,) 上に, N_2 ガスを用いて, 製膜時の圧力を 0.2-2.0 Pa, 放電周波数を 13.56 MHz, 印加電力を 50~200 W, 基板温度を 200~700°C, 製膜時間を 0.5~2 時間として製膜した。また成膜開始まで 1 時間放電を行ってターゲットの純化, プラズマの安定化, 基板温度の安定化を図った。スパッタ装置として, 残留酸素ガスの取り込み量を相対的に小さくする為に, 従来使用していた装置よりも成膜速度が大きいアネルバ製の SPF-210H を用いた。なお, いずれの薄膜も基板加熱前の圧力を 1×10^{-3} Pa 程度とした。段差計による膜厚測定, AFM による表面観察, X 線結晶構造解析 (XRD), 抵抗率の温度依存性の測定を行った。

【実験結果・考察】

以下に高純度粉末ターゲットを用いた結果について述べる。単結晶ウェハの成膜・評価結果については講演時に発表する予定である。製膜時の圧力を変化させても薄膜の配向面に影響は現れなかった。また, 製膜時の圧力を変化させるとターゲットに突入するイオンの入射頻度とスパッタ粒子の平均自由工程の関係が変化することにより, 0.4 Pa が最適な圧力値で膜厚の増大と優れた結晶性を得ることができると示唆された。基板温度が 500°C までは (002) 面が優先配向し, さらに高くなると (002) 面以外の (011) 面や (010) 面の成長も観察された。高温では低温に比べ, 配向面が複数現れるので表面構造が歪になり表面粗さが増加した。短時間製膜ではサファイア基板に則ってエピタキシャル成長をするが, 長時間製膜では GaN の自然に配向する結晶面に薄膜が成長し, 配向性が変化した。また, 基板温度によって GaN の自然に配向する結晶面が変化した。これより製膜時間による膜厚で配向性を制御することにより低温で単結晶 GaN 薄膜が作製できることが示唆された。

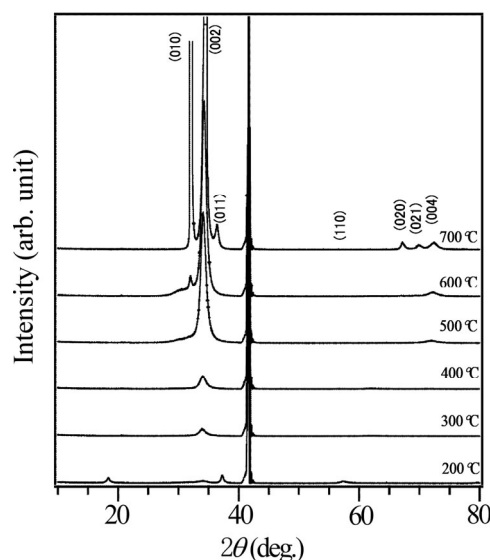


Fig.1 XRD patterns for thin films deposited at various temperatures.