

RF マグネトロンスパッタ法を用いた GaN 薄膜の作製とその電気抵抗の圧力依存性の評価

Fabrication of GaN Thin Films by RF Magnetron Sputtering and The Pressure Dependence of Electrical Resistance

○齋藤 佑樹, 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 (ヤマカヒューテック(株))

○Yuki Saito, Takuya Miyamoto, Yuki 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】窒化ガリウム (GaN) 薄膜は一般的には MOCVD 法によって作製されるが、この方法では良質な単結晶薄膜が作製可能な一方で安全性の問題や高コストであり、量産に不向きである。そこで、我々は高純度 GaN 粉末を合成し、安全かつ製膜速度が速く低コストで GaN 薄膜の作製が可能な RF マグネトロンスパッタにより粉末ターゲットを用いて GaN 薄膜の作製を行ってきた。薄膜の表面状態はデバイスに用いる際、その特性に大きく影響を与える。そのため、あらゆる条件下で界面状態を調べることが重要であると考えられる。そこで本研究では先ず薄膜の電気特性の内、最も重要である電気抵抗について、異なる条件で作製した薄膜を用いて、その測定雰囲気気体の種類及び圧力を変化させてそれらの依存性について評価を行うことを目的とした。

【実験方法】不純物や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)をターゲット容器に圧入してスパッタターゲットとした。RF マグネトロンスパッタにより単結晶サファイア基板(並木精密宝石製)の光学研磨された c 面上に Ar と N₂ の混合ガスを用いて、製膜時の圧力を 0.6 Pa、放電周波数を 13.56 MHz、印加電力を 200 W、基板温度を 200~700°C、製膜時間を 2 時間として製膜した。Keithley237 ソースメータを用いて 2 端子法により抵抗の測定を行った。測定時の気体をそれぞれ He, Ne, Ar, N₂ とし測定圧力範囲を 10⁻² ~ 10⁴ Pa、測定時の温度を室温から 200°C まで変化させた。気体の圧力測定には測定レンジの異なる 2 台の Baratron 絶対圧力計を用いた。

【実験結果・考察】 Fig.1 に抵抗測定時の試料温度を 50°C とし、測定器内の気体の圧力を変化させた場合の抵抗値を示す。測定にはスパッタ時の Ar と N₂ の流量比を 7.8 : 2.2 として製膜した基板を用いた。基板温度、基板及び気体の種類に関わらず圧力がある値を越えたところで抵抗値は突然減少し、その後ある圧力以上で再び値は一定になることが分かった。電気抵抗が減少した要因としては、基板が一定温度であることを考慮すれば薄膜の圧電性による抵抗値の変化、あるいは圧力の上昇に従って薄膜表面に気体が吸着し、キャリアが生成されたために抵抗率が低下したと推測される。後者の場合、キャリアの生成には気体の種類に依存すると考えられる。また、基板温度が 50°C と比較的低い場合、圧力の増加とともに抵抗値が突然減少する前に特に He において顕著な増加が見られた。すなわち、この同じ圧力において抵抗値が気体の種類に依存することが分かった。この要因として気体のイオン化エネルギーの違いが考えられる。測定に用いた気体は全て電離を起こしにくい気体ではあるが、中でも He は第一イオン化エネルギーが大きい。気体の電離の原因としては放射線による直接電離や気体中の残留電子の高電界による衝突電離が考えられるが、測定時の薄膜近傍には電離に至る高電界は生じていない。したがって、薄膜が電離の触媒作用を行っている可能性がある。薄膜の伝導型はホール効果の測定が不可能であるために現在不明であるが、He に対する抵抗値の特異な圧力依存性から、気体の吸着電離により薄膜表面の伝導型が変化している可能性が考えられる。例えば、圧力が低く、表面での吸着電離が少ない場合には、薄膜本来の伝導型が電気抵抗を決定しているが、吸着電離が多くなるとキャリアの補償により補償型真性半導体になり抵抗が増加し、さらに吸着電離が多くなると伝導型が反転し抵抗値が減少し、最後に吸着面積が飽和状態になると抵抗値が一定になることが推測される。この場合、抵抗の変化がほぼ同じ圧力で起こる理由として、圧力変化の速さが考えられる。電離しやすい気体は補償が短時間で終わるために真性領域があらわに現れず、圧力変化速さが大きい場合には He と同様の特異な抵抗変化が現れると考えられる。

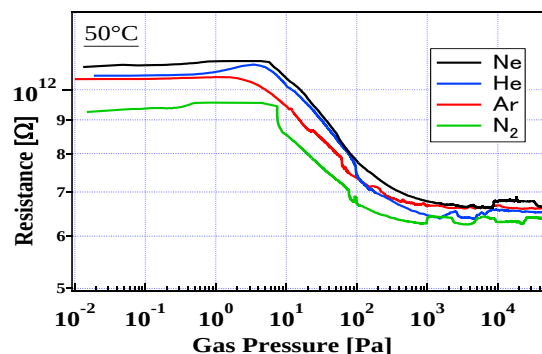


Fig.1 Pressure dependence of resistance at 50°C