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（ﾔﾏﾅｶﾋｭｰﾃｯｸ(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。薄膜は膜厚が薄くなるほどその内部と同様に表面状態がデバイスの性質に大きな影響を与える。表面の状態により接合する相手との界面状態を調べることは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，最も重要であると考えられる電気抵抗について，その測定雰囲気気体の種類，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 N_2 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，N_2 とし測定圧力範囲を 10^{-2} ～10^{4} 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 100ºC 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。基板温度，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始め，さらに圧力を高くするとある圧力以上で一定値を示し，抵抗に関して 2 つの安定した状態があることが分かった。この圧力依存性は薄膜の圧電性による電気抵抗の変化あるいは気体の吸着により薄膜表面にキャリアが生成され薄膜表面伝導により抵抗率が低下したものと推測される。しかし，後者の場合には抵抗値が急激に変化する圧力は気体の種類により大きく異なることが推測される。また，基板温度が 100°C と比較的低い場合の場合，圧力の増加とともに抵抗値が突然減少する前に特に He と Ne において顕著な増加が見られた。すなわち，この同じ圧力おいて抵抗値が気体の種類に依存することが分かった。He と Ne は第一イオン化エネルギーが他の気体と比較して高く，試料表面において電子が電離しにくい。気体の電離の原因として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，測定時に薄膜近傍には電界が存在しているが電離に至る高電界ではない。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。しかし，気体の種類が変化すれば電離される電子の数は変化すると考えられる。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いったん増加し，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，抵抗の圧力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，圧力変化速さが小さい場合には補償が短時間で行われ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。

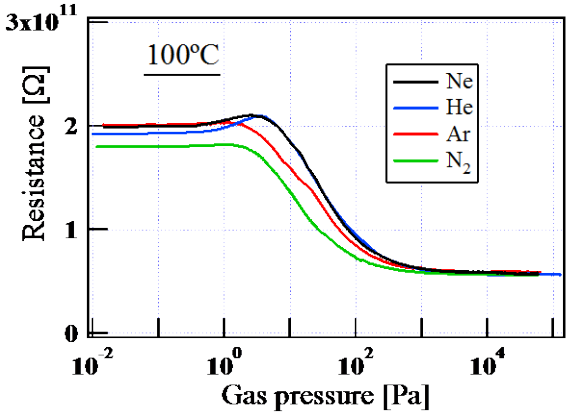

Fig.1 Pressure dependence of resistance at 100 ºC