# 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，齋藤　佑樹，宮本　卓哉，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（ﾔﾏﾅｶﾋｭｰﾃｯｸ(株)）
○**Toru Nakajima, Yuuki Saito, Takuya Miyamoto, 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が，民生およ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ている。しかしながらデバイスに用いられる Si はその性能が限界に近付いており，近年は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)が注目されている。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。そこで本研究では，多結晶 GaN の単接合薄膜太陽電池の作製を最終的な目標として，まず，高純度な GaN 薄膜の作製を試みた。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た。本研究の特徴はスパッタターゲットに極めて高純度な GaN 粉末を用いていることである。前回までの研究で以下のことが分かった。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った。また製膜速度が遅く，所定の膜厚を得るために成膜時間が長くなりその結果 GaN 結晶の成長中に酸素が取り込まれ，結晶性が劣化する傾向が見られた。一方スパッタガスに Ar のみを用いた場合には結晶の膜を得ることができなかった。そこで本研究では，Ar と $N_2$ ガスの混合ガスを用いて製膜し，製膜速度と結晶性の向上を目指した。

**【実験方法】**$Ga_2O_3$ 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。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，Ar，$N_2$，Ar＋$N_2$ 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 2–6 時間として製膜した。なお，いずれの薄膜も基板加熱前の圧力を $2\times10^{-4}$ Pa 以下とした。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，$2\theta$-$\omega$，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】**Fig.1 に Ar，$N_2$ ガスの流量比を変化させて製膜した XRD 結果を示す。Ar ガスの割合を多くするほど製膜速度が向上したが，Ar : $N_2$ ガスの流量比を 8:2，9:1 にすると非晶質な結晶構造となった。これは， $N_2$ ガスの流量が不足し，製膜中に起こる窒素イオンや窒素ラジカルの反応が少なくなることで，GaN の結晶として成長しなかったためであると考えられる。そこで $N_2$ ガスの流量比を増加させると，流量比が 7.0 : 3.0 の時，結晶性が急激に向上した。また 6 方晶のみが成長した。流量比が 7.3 : 2.7 の時，回折ピークの半値幅が最も小さくなり結晶性が良好となった。$N_2$ ガスを多く導入して製膜すると半値幅が小さくなり，結晶性が高くなるが，回折強度は，$N_2$ ガスを多く導入せずとも大きくなることが分かった。スパッタガスに $N_2$ ガスのみを用いて製膜すると(002)面が基板に平行になるように配向した立方晶 GaN を多く含む膜が作製されるが，Ar ガス流量を増加させて製膜すると立方晶 GaN が消滅し，六方晶のみ作製されることから，窒素イオンや窒素ラジカルを現状より増加させるとにより立方晶 GaN のみの作製の可能性が示唆された。

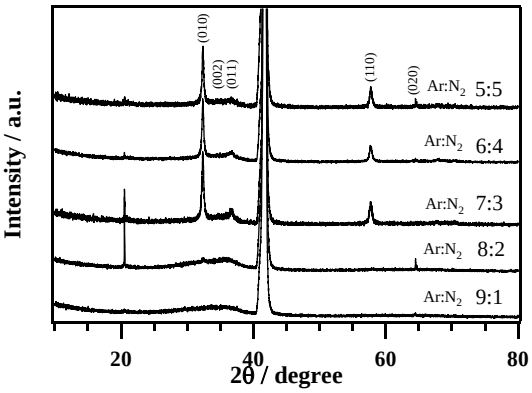


Fig.1 XRD patterns of thin films deposited at 200°C using gas mixture of Ar and $N_2$.