

炭化珪素(SiC)単結晶エピタキシャル基板 Silicon Carbide Epitaxial Wafers

1. はじめに

近年、地球温暖化問題への対応として、CO₂の排出削減が強く求められており、種々の分野で省エネルギー化が取り上げられています。その中で、電気エネルギーの高効率利用は重要な課題になってきており、情報通信、電力、自動車、家電機器など幅広い分野で使用されているパワーエレクトロニクス素子においても一層の高性能化が要求されています。そのため、従来のシリコン(Si)を用いたパワーエレクトロニクス素子では、物性的限界から対応が難しい技術分野が現れており、代替材料として炭化珪素(SiC)が注目されています。SiCパワーデバイスが実現されれば、Siに比べ動作周波数は10倍、電力損失は1/100倍、動作可能温度は3倍になるものと期待されています。

新日本製鐵では、高性能SiCパワーデバイス製造のキーテクノロジーとして、自社製造のSiC単結晶基板上にSiC薄膜を成長(エピタキシャル成長)したSiC単結晶エピタキシャル基板の開発を実施しています。

2. SiC単結晶エピタキシャル基板

エピタキシャル成長とは、基板結晶の積層構造や方位関係を引き継ぎながら結晶成長を行うことです。その方法にはいくつかありますが、基板を入れた反応炉の中に結晶を構成する元素を含むガス(材料ガス)を導入し、そのガスを熱分解して基板上に薄膜(エピタキシャル膜)として堆積する方法が一般的です。特長としては以下の点があります。

成長速度を低くできる(1時間当たり数ミクロン程度)ため、膜厚の制御性に優れる。

材料ガスとともにドーピングガスを流すことで、成長膜の電気伝導度(ドーピング密度)を任意かつ高精度に制御することができる。

ガスのオン/オフのみでドーピングの有無を決定できるため、ドーピング層とノンドーピング層の界面の急峻性に優れる。

基板結晶よりも質の高い結晶層が得られる。

デバイス製造には、膜厚とドーピング密度が高度に制御された薄膜を用いる必要があるため、上のような特長をもつエピタキシャル成長技術が必須となります。

現在開発中のSiC単結晶エピタキシャル基板の一例を図1に示します。2インチのSiC単結晶基板(Si面)の上に、厚さ8ミクロンのエピタキシャル膜が成長されており、膜のドーピング密度は $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ (ドーパントは窒素)、伝導型はN型です。また結晶多形(ポリタイプ)は4H形です。

3. SiC単結晶エピタキシャル基板の特性

高性能なデバイスを製造するためには、エピタキシャル膜が高品質であることは勿論ですが、1枚の基板から多く

のデバイスを得るために、膜厚やドーピング密度の基板面内均一性が高いことも重要であり、デバイスの微細化に対応して、エピタキシャル膜表面の粗さが小さいことも求められます。品質に関しては、ノンドーピング膜の残留不純物密度が $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以下と高純度の膜が得られており、面内均一性については面内5点を測定し、標準偏差/平均値で表した時のばらつきが、膜厚では5%以下、ドーピング密度では10%以下という良好な値が得られています。

エピタキシャル膜表面の粗さについては、図2に示す原子間力顕微鏡(AFM)像から分かるように、原子レベルで平坦な表面が得られており、表面粗さを表すRa値も0.22ナノメートルと良好な値になっています。さらに現在、実際にデバイスを作製することによる新日本製鐵のSiC単結晶エピタキシャル基板の評価を、デバイスメーカーを中心に行っていただいております。実用化に向けての開発を加速しております。

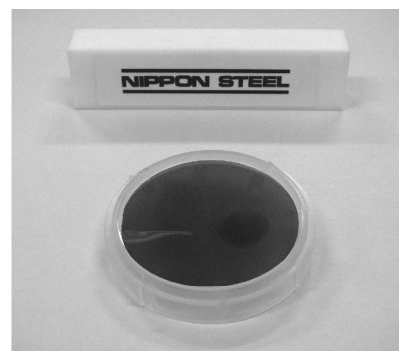


図1 2インチSiC単結晶エピタキシャル基板
2-inch silicon carbide epitaxial wafer

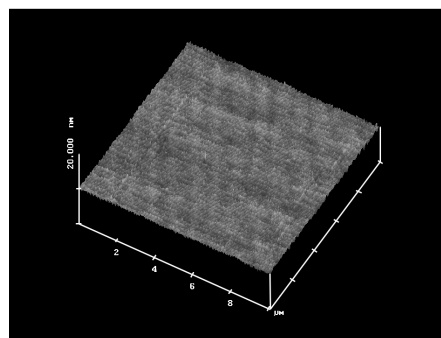


図2 エピタキシャル膜表面の原子間力顕微鏡(AFM)像
AFM image of the epitaxially grown surface

お問い合わせ先

先端技術研究所 新材料研究部

TEL(0439)80-2803