

研究分野のキーワード：ワイドギャップ半導体，薄膜，SiC，ZnO，分析電子顕微鏡

研究紹介

ワイドギャップ半導体薄膜の合成とその評価に関する研究を行っています。半導体は呼び方では導体の仲間ようですが、電気伝導論的には絶縁体の仲間です。導体は電流を流す電荷担体が電子ですが、半導体は電子と電子の抜け殻の正の電荷をもった正孔の2種類です。半導体は電子の密度と正孔の密度が同じであるものを真性半導体、電子の濃度が正孔濃度より多いものをN形半導体、その逆である正孔濃度が電子の濃度より多いものをP形半導体と呼んでいます。現在人工的に合成できる最大の半導体単結晶はシリコン(Si)です。単結晶 Si によって我々はエレクトロニクス時代を謳歌していると言ってもいいでしょう。この Si は、エネルギーバンドギャップ(E_g)が約 1.1 (eV)です。エネルギーバンドギャップの値は半導体にとって重要な特性値です。現在私たちが利用している IC は Si でできています。IC の集積度を上げていくと IC に流れる電流密度が増加し、IC 自身の発熱により IC の温度がどんどん上昇し、半導体素子としての機能を発揮するための熱的限界にきています。この熱的限界は、Si の E_g に強く依存します。殆どの半導体素子はP形半導体とN形半導体を接合したP/N接合面を活性層としたものです。温度が上昇するとN形もP形も真性半導体になります。この真性半導体になる温度が E_g に依存し、 E_g が大きくなると高温側にシフトしていきます。よって、 E_g が大きいほど高温まで半導体素子としての機能を維持できるのです。最近のエレクトロニクスは大電流・高電圧・大電力を扱う分野でもパワーエレクトロニクスと呼ばれ、大変過酷な環境で半導体素子が用いられていますが、Si では熱的限界がきており、それを克服するために、Si より大きな E_g を持つワイドギャップ半導体材料が期待を集めています。しかしながら、殆どのワイドギャップ半導体材料は化合物半導体で、Si とは異なり、単結晶を得ることは難しいです。

私は、ワイドバンドギャップ半導体でシリコンと匹敵する電気的特性を持っている炭化ケイ素 (SiC) を、Si 単結晶を基板としてその上に結晶成長をさせています。Si 結晶上に Si とは異なる SiC の結晶を成長させること (ヘテロエピタキシャル成長) は大変難しいです。しかしながら、Si という現存する単結晶では最大面積を持つ結晶の上に旨く良質の単結晶が成長できれば、Si と同じ大面積の単結晶 SiC を得ることができ、今まで人々が培ってきたシリコンテクノロジーの手法が全て SiC に継承できます。そして、Si では成し得ない高温下の過酷な条件下でも動作する半導体素子が実現できます。今までならば、空冷・水冷など併用しなければ利用出来なかったものが全くその心配もなく動作可能になるのです。

炭化ケイ素 (SiC) をはじめとして透明導電性を示す酸化亜鉛 (ZnO) 薄膜、カーボン薄膜などのワイドバンドギャップ半導体薄膜をいろいろな方法を用いて合成し、分析電子顕微鏡などを用いてその評価を行っています。人類に役立つ電気材料をこの手で合成するというゾクゾクする楽しい研究です。皆さんも一緒に楽しい研究をやってみませんか！