

炭化珪素結晶性薄膜の多形制御技術を開発

炭化珪素(SiC)はエネルギーバンドギャップが広く熱的にも安定であることから、省エネルギーや低環境負荷に資する自動車用などの高温・高出力半導体素子の材料として有望視されている。しかしその結晶性薄膜を作製するには高い基板温度(～1500℃)を必要とし、また特定の多形を作り分けことが困難であるなどの問題がある。図(上)に示すようにSiCは珪素(Si)と炭素(C)からなる2重層が積層した結晶構造を持つ。この2重層の積層の仕方の違いで100種類以上の多形と呼ばれる結晶構造が存在するが、素子への応用にはこの多形の生成を制御することが極めて重要となる。

代表的な多形には3C-、2H-、4H-SiCがある。2H-SiCは多形の中でも最大のバンドギャップ(3.33 eV)を持つ。他方、3C-SiCはバンドギャップが最も小さく(2.39 eV)、2H-SiCとの差は約1eVある。また4H-SiCは、2H-より少し小さい値(3.27 eV)を持つが、大きな単結晶を作製できることから素子化に向けてもっとも研究が進んでいる。いずれの多形も同じ格子定数を持つSi-Cの2重層から構成されているので、それらの間に格子不整合はほとんど生じない。したがって異なる多形を積層した素子をつくることのできるはずであり、そのためにはSiCの多形を生成制御することが必要となる。

我々はパルスレーザー蒸着法がSiC薄膜の合成に有効であることを見出し、1100℃の低い基板温度で結晶性薄膜の多形を作り分けことに初めて成功した。レーザー蒸着は原料のSiCを高出力の紫外線パルスレーザー光で蒸発させて基板上に堆積させる方法である。蒸発した物質は高い運動エネルギーを持ち、基板表面に堆積する際その運動エネルギーは熱エネルギーに変換される。そのため、基板全体の温度を低く保ったまま表面近傍の実効温度を上げることでSiCの結晶性薄膜を作製することができる。またレーザーパルスの周波数を変えれば表面実効温度を大きく変化させることが可能になる。作製したSiC薄膜の断面の高分解能電子顕微鏡写真を図(下)に示す。1Hz、2Hz、5Hzの各レーザーパルス周波数で作製したときに、膜の多形がそれぞれ、3C-、2H-、4H-SiCになっていることがわかる。基板温度を高温に上げるには技術的な限界があるが、レーザーのパルス周波数は広い範囲に渡って容易に変化させることができる。

このようにパルスレーザー蒸着法は多形を制御して結晶性SiC薄膜を作製することを可能にする重要な成膜技術である。今後は膜の結晶性を向上させるために成膜条件を最適化するとともに、SiCヘテロ構造を作製するための技術開発へと展開を図る予定である。

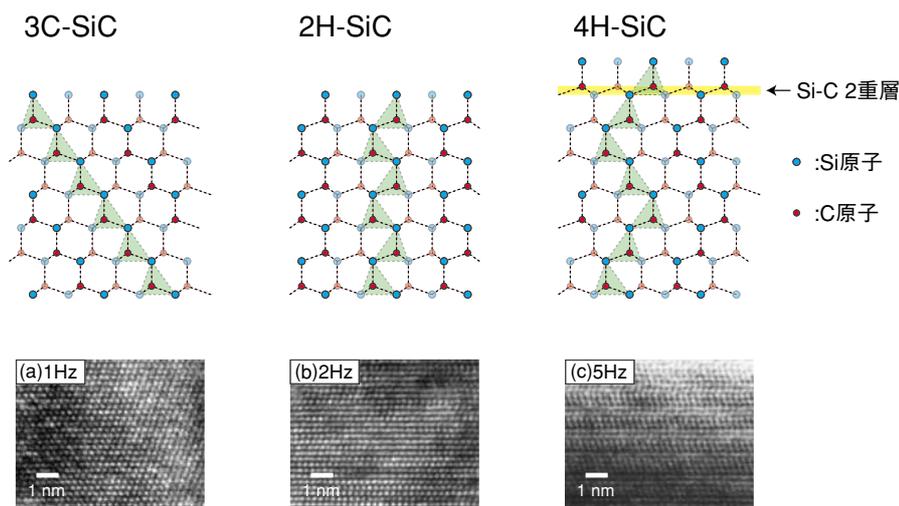


図 3C-、2H-、4H-SiCの結晶構造(上)と、各レーザーパルス周波数でサファイア基板上に作製した結晶性SiC薄膜の高分解能電子顕微鏡写真(下)

関連情報

- 共同研究者: 武藤八三(サステナブルマテリアル研究部門), Manuel E. Brito(電力エネルギー研究部門) .
- T. Kusumori, H. Muto, M. E. Brito: Appl. Phys. Lett., Vol. 84, 1272-1274 (2004).
- EDITORS' CHOICE, Science, Vol. 303, 1731 (2004).
- 特願2003-44966「SiCエピタキシャル薄膜の多形制御の方法及び同方法で作製したSiCエピタキシャル薄膜」(楠森毅, 武藤八三) .
- 本研究の一部は新エネルギー・産業技術総合開発機構の産業技術研究助成事業により実施。



くすもり たけし
楠森 毅
t.kusumori@aist.go.jp
サステナブルマテリアル研究部門