

準安定溶媒液相成長法を用いた 4H-SiC 結晶成長機構の解明

関西学院大学大学院理工学研究科

物理学専攻 金子研究室 東 剛

半導体デバイス材料の主流はシリコン(Si)であるが、バンドギャップの小ささから 200 を超える高温環境下での利用は困難である。そこで、次世代ワイドバンドギャップ半導体材料として炭化珪素(SiC)が注目されている。SiC 単結晶には Si-C 対の積層順序により、3C、4H、6H 等の 200 種類以上の結晶多形をもつことが知られている。これらの中で大きなバンドギャップ、高移動度をもつ 4H 多形がデバイス展開の主流である。結晶成長において、液相法は気相法と比べ低過飽和条件下の成長法であるため、高品質な結晶を得ることが可能と考えられる。しかし、SiC の液相成長では Si 溶液中への C 溶解度が非常に小さいため成長速度が遅い。成長速度を大きくするには C 溶解度を大きくすることが必要不可欠であり、Si 溶液へ Ti など金属元素の添加が行われている。このような成長環境では成長層へ金属元素が取り込まれるため、不純物低減化は困難である。また Si 溶液の蒸発や対流といった成長不安定要因を除去することができていない。さらに、液相環境中の SiC 多形安定性として、低温領域(1500 以下)では 3C のみが、高温領域(2000 以上)では 6H のみが安定に存在し、それらの中間領域で 3C、4H、6H が混在することが報告されている。すなわち、現在までの知見では応用上、もっとも重要な 4H 多形の単独安定相は得られていない。

本研究では、準安定溶媒液相成長法(MSE)法という独自の液相成長法を用いて、SiC 単結晶成長時の 4H 多形制御と結晶領域の拡大化を行った。この手法とは、50 μm 程度の極薄 Si 溶液層を介した 2 枚の SiC 基板からなるサンドイッチ配置での等温成長プロセスである。成長機構には、Si 溶液を介して両端の化学ポテンシャル差に起因したわずかな C 溶解度の差だけを C 拡散の駆動力に用いている。その結果、対峙基板間における C の高速輸送(高速成長)が可能。SiC の構成原子以外の材料が不要であることから不純物低減化が可能。

自然対流の影響がない、等の特徴をもつ安定した結晶成長環境が得られる。本成長機構の制御において重要な役割を担うのが、原料・成長用の基板材料として用いた、様々な粒径の 3C-SiC から構成される多結晶 SiC 板である。多結晶 SiC 板は粒径分布が不均一であるため、対峙基板間だけでなく、同一多結晶 SiC 板表面においても化学ポテンシャルに差があり、分解と成長が同時に進行する。そして、粒径が大きい分解し難い多結晶 SiC 板の粒界上のみ、4H-SiC 微結晶(SiC の小さな単結晶)が形成される。ところが、一定の温度条件で MSE 成長を行い、SiC 微結晶が{1-100}面で囲まれた安定構造まで到達すると、成長速度の低下傾向が観測される。そこで、成長速度をこの段階で加速するため、MSE 成長中に積極的な過冷却過程を導入し、持続成長の可能性に注目した。