

専攻	システム情報工学	学籍番号	893338	指導教官氏名	石田 誠
申請者氏名		和戸 弘幸			米津 宏雄

論文要旨

論文題目	混成ソース分子線エピタキシー法によるSiGe成長とSOI構造への応用に関する研究
------	--

集積回路の高速化や高集積化を実現するためには、SOI構造の研究は必要不可欠である。これまで絶縁膜として γ -Al₂O₃を提案し、Si基板上に多層SOI構造(Si/ γ -Al₂O₃/Si)を形成させることで、高温用圧力センサなどを実現してきた。今後さらに高性能なSOIデバイスを目指すためにも、新しい材料を開発することは重要である。本研究ではSi系においてバンドエンジニアリングが可能なSiGe混晶をSOI構造における1つの要素として導入を試みた。

Si₂H₆ガスソースと固体Geソースを組み合わせた混成ソース(Si₂H₆-Ge)MBE法によりSiGe成長を実現させ、この方法によるSiGe膜の特徴を初めて明らかにした。反応律速状態では、成長速度の増加や水素サーファクタント効果によるGeの表面偏析の抑制が観察され、供給律速領域ではGeの表面偏析が生じていた。そして、SiGe膜のGe濃度はSi₂H₆成長圧力とGeソース源のクセル温度により制御できた。また、Geの固体ソースを用いているにもかかわらず選択成長が可能であった。これらの結果から、Si₂H₆-Ge MBE法は、成長速度の増加や水素サーファクタント効果による偏析の抑制や選択成長が可能であるなどのガスソースMBE法の利点を持ち、また高い毒性を持つ危険なGeH₄ガスを用いないために固体ソース法の利点である安全性も兼ね備えた成長法であると言えた。

Si₂H₆-Ge MBE法によりSiO₂マスクによるSiGe選択成長が実現されたので、その特徴とメカニズムについて詳細に検討した。SiGe選択成長の孵化時間と臨界膜厚を575℃から630℃までの温度領域においてSi選択成長と比較して測定

した。そして、SiGe選択成長が可能であるのは、SiO₂上のGe原子は600℃程度の温度では脱離するため、SiGeの核形成がSi₂H₆ガスからのSi原子の堆積に起因するためであった。SiO₂上でのSi₂H₆ガスの分解には2つのメカニズムがあり、成長温度が600℃以上では熱分解により、600℃以下ではSi₂H₆ガスとGe原子の反応解離による分解が優勢であると推察した。また、SiO₂上での多結晶SiGe膜の堆積においてSiGe-SiO₂界面においてGe濃度の増加が観測された。

混成ソースMBE法をSi基板上の γ -Al₂O₃成長にも適用させ、TMAガスの代わりにAlの固体ソースとN₂Oガスソースを用いた混成ソース(Al-N₂O)MBE法により γ -Al₂O₃成長に成功した。Si(111)基板には γ -Al₂O₃(111)が成長温度750℃以上でエピタキシャル成長可能であり、薄膜(~数10Å)で平坦な γ -Al₂O₃成長が初めて達成された。そして、 γ -Al₂O₃膜中やヘテロ界面に炭素は観測されず、TMAガスを用いて成長させた γ -Al₂O₃膜に見られるような炭素汚染は検出されなかった。一方、Al-N₂O MBE法により成長した γ -Al₂O₃膜とSi基板との間の成長方位関係には γ -Al₂O₃(111)の優勢成長が確認された。

以上の結果を基に、Al₂O₃上へのSiGe成長についてSi成長と比較することにより特徴を調べた。Al₂O₃基板はサファイアとAl-N₂O MBE法により作製した γ -Al₂O₃(111)/Si(111)を用いた。そのSiGe成長膜とAl₂O₃基板との間の結晶方位関係の成長温度依存性について調べた結果、SiGe成長はSi成長に比べて低温で成長が可能であり、SiGe膜の核形成密度はSi成長と比較して高かった。また、SiGe膜とAl₂O₃基板とのヘテロ界面においてGe濃度の増加が観測された。

本研究で得られた混成ソースMBE法によるSiGeや γ -Al₂O₃膜は、量子効果を利用するような新しいSOIデバイス開発に対して有効であると期待される。