

専攻	システム情報 工学	学籍番号	873340	指導教官氏名	朴 康司 助教授
申請者氏名	丸山裕之				米津 宏雄 教授
					並木 章 助教授

論 文 要 旨

論文題目	分子線エピタキシー法によるInP系化合物半導体のヘテロエピタキシャル成長初期過程および界面制御に関する研究
------	---

(要旨 1,200字以内)

ヘテロエピタキシーは次世代デバイスの実現のために非常に重要な成長技術である。特に、 $1\mu\text{m}$ 帯波長用光デバイスとして用いられているInP系化合物半導体では、Si基板上のInP(InP/Si)やGaAs基板上のInP(InP/GaAs)ヘテロ成長が注目されている。応用例としては光電子集積回路や高効率太陽電池等が挙げられる。

しかし、これらの系では大きな格子不整合を有し、さらにInP/Siではアンチフェーズドメイン(APD)やSi基板上のP安定化面などの問題も存在する。そのため、成長初期に3次元成長を生じ、エピタキシャル層内に高密度の貫通転位が導入される。したがって、高品質のInP層を得るためには成長初期から2次元成長を実現しなければならない。そこで、本研究では分子線エピタキシー(MBE)法を用いInP系ヘテロ成長の成長初期過程を明らかにし、ヘテロ界面制御の手法を見い出すことを目的とした。

最初に、APDのないSi/InPヘテロ成長の初期過程を調べた。その結果、2原子層(ML)成長までSiは2次元成長していることが確認された。また、Si表面へのIn原子の偏析が観察された。これはヘテロ界面でのSi原子とIn原子との入れ替わりを示唆し、その理由としてSi-Pの結合力がIn-Pのそれより強いと考えられる。以上の結果から、成長初期過程のモデルを提案した。

次に、格子不整合とAPDがないInP/Si/InPヘテロエピタキシーを行った。高温MBE成長(450℃)ではSi層の膜厚(t_{Si})の増加に伴い、InP成長モードは3次元成長へ移行した。また、 $t_{Si} \geq 0.7$ MLでは表面に多数のInドロップレットが発生した。これはSi上に形成されたP安定化面が核形成を妨げることによるものと考えられる。Inドロップレットの発生を抑えるため、マイグレーション・エンハンスド・エピタキシー(MEE)法を行い、低温(300℃)において表面平坦性の比較的良好なInP層をSi膜厚2MLまで成長することができた。

P安定化面による3次元成長を抑えるため、結合力の強いAlP層をSi基板上に成長した。MBE成長では成長開始直後に3次元成長が観察され、双晶も発生した。一方、低温MEE成長(400℃)では安定なRHEED振動が観察され成長初期から擬2次元成長した。また、オージェ測定からもほぼ層状に成長していることが確認された。

次に、格子不整合の成長初期過程に対する影響を調べるため、InP/GaAsヘテロ成長を行った。直接成長ではストランスキー・クラスタノフ型成長モードが観察された。次に、InP層の3次元化を抑えるため、アモルファスInP層の固相エピタキシャル成長(SPE)を試みた。その結果、SPE層はMBE成長層に比べ、より平坦な表面を有していることが確認された。以上の結果を用いて、SPE層を用いた2段階成長を行い、直接成長で観察された3次元成長を回避することができた。