

平成 10年 2月 23日

電子・情報工学専攻	学籍番号	913345
申請者氏名	横関 弥樹博	

指導教官氏名	米津宏雄 教授 吉田 明 教授 朴 康司 助教授
--------	--------------------------------

論文要旨 (博士)

論文題目	原子状水素を用いたIII-V族化合物半導体における 結晶欠陥の低減及び不活性化に関する研究
------	--

高品質なヘテロエピタキシャル層を成長することは、新しい機能を有する光電子デバイスの実現のために必要不可欠である。しかし、格子不整合ヘテロエピタキシーにおいては、材料間の物性定数及び結晶構造等の違いにより、成長層に高密度の結晶欠陥が発生する。

そこで本研究では、原子状水素を用いたIII-V族化合物半導体の成長における結晶欠陥の発生及び不活性化機構を解明し、原子状水素照射により効果的に結晶欠陥を低減及び不活性化することを目的とした。

最初に、原子状水素照射による三次元成長の抑制と貫通転位密度の低減について調べた。原子状水素照射下における低温成長では、三次元成長が抑制され、貫通転位密度を低減できると考えられる。そこで、通常の成長では三次元成長する(InAs)₁(GaAs)₄歪短周期超格子(SSPS)を原子状水素照射下で低温成長した。その結果、原子状水素照射下における低温成長では、三次元成長が効果的に抑制され、さらに成長層内に伝搬する貫通転位密度が大幅に低減することが明らかになった。

結晶欠陥密度を、高品質・長寿命のヘテロデバイスを実現できるレベルまで低減することは非常に困難である。そこで、原子状水素照射により、成長層内に発生する結晶欠陥を不活性化することを試みた。GaAs(001)基板上に(InAs)₁(GaAs)₄SSPSを臨界膜厚以上成長し、意図的にミスフィット転位を発生させた。このとき、原子状水素は成長中及び成長後に照射した。その後、そのミスフィット転位の性質及び原子状水素照射による不活性化状態を調べた。ヘテロ界面には、 $\langle 110 \rangle$ 方向に伝搬するミスフィット転位が発生した。そして、それらは成長中及び成長後の原子状水素照射によって、効果的に不活性化された。また、このとき $[110]$ 方向に伝搬するミスフィット転位の方が、 $[\bar{1}10]$ 方向に伝搬するミスフィット転位より効果的に不活性化されることがわかった。

以上の結果から、結晶欠陥の低減及び不活性化には、低温成長が有効であることがわかった。しかし、低温成長では、成長層内に多数の点欠陥が発生し、結晶品質が低下する。そこで、低温成長における主な点欠陥の発生原因の一つである過剰V族原子を、原子状水素照射によって除去することを試みた。その結果、原子状水素を照射することによって、基板温度350℃という低温においても、ほぼ完全に過剰As及び過剰P原子を除去できることが明らかになった。この結果に基づいて、基板温度350℃での原子状水素照射下において、GaAsホモエピタキシャル層を成長し、その発光特性と点欠陥の発生状態を調べた。原子状水素照射下で低温成長したGaAs成長層の発光特性は、原子状水素を照射しない場合と比較して、大幅に改善した。さらに、原子状水素照射下で低温成長したGaAs層では、過剰As原子が原因で発生すると考えられるAs_{Ga}アンチサイトに起因した点欠陥の密度が大幅に低減することがわかった。また、この過剰As及び過剰P原子の除去効果を利用して、急峻なGaAs/GaPヘテロ界面を形成することを試みた。その結果、成長中に原子状水素を照射することによって、低温成長においても急峻なGaAs/GaPヘテロ界面をできることが明らかになった。