

氏 名(本 籍)	熊 <sup>くま</sup> 谷 <sup>がい</sup> 義 <sup>よし</sup> 直 <sup>なお</sup> (長野県)
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 1,530 号
学位授与年月日	平成 8 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審 査 研 究 科	工 学 研 究 科
学 位 論 文 題 目	Si 基板上への Si, Ge, PtSi の分子線エピタキシャル成長に関する研究
主 査	筑波大学教授 工学博士 長谷川 文 夫
副 査	筑波大学教授 工学博士 南 日 康 夫
副 査	筑波大学教授 工学博士 川 辺 光 央
副 査	筑波大学教授 Ph.D. 山 本 恵 彦
副 査	筑波大学助教授 理学博士 秋 本 克 洋

## 論 文 の 要 旨

Si 集積回路 (IC, LSI) は高度情報化社会を支えるキーデバイスであり、微細化による高速化、高機能化が図られてきた。しかしながら近年、デバイスの微細化の限界が見え始め、それに伴い今までは問題とならなかった様々な要素の影響が問題となってきた。そこで一層の高集積化を進めるためにプロセスの低温化、原子レベルでの薄膜成長制御、界面平坦性及び急峻性の制御等に大きな関心が寄せられている。本論文では、原子層レベルでの結晶成長制御に秀でた分子線エピタキシー (molecular beam epitaxy: MBE) 法を用い、近年注目されている下記の 3 テーマ、すなわち、1) HF 溶液処理による Si 基板表面の清浄化、2)  $\text{HBO}_2$  照射による Si (111) 表面への B (ホウ素) の吸着量制御と Si, Ge の MBE 成長に与える影響、3) Si 表面への PtSi (白金シリサイド) 層の形成と Si/PtSi/Si 構造の作製、について研究を行っている。

Si 基板表面に薄膜成長を行う前には、清浄な Si 表面を得ておくことが不可欠である。Si-MBE では、通常 800℃ 以上の高温熱処理により酸化膜除去を行っているが、表面が原子レベルでは平坦でない、B が成長層界面に蓄積する、等の問題がある。本論文では 800℃ 以上の高温熱処理を行わなくても、pH を調節した HF 処理だけで充分平坦な表面が得られることを、Si の MBE 成長を行い RHEED 強度振動から明らかにしている。

Si 基板上への MBE 成長の分野では、新しいデバイスの作製を目的として、Si/Ge/Si 歪超格子や原子層ドーピング (あるいは  $\delta$  ドーピング) 構造の作製が注目されている。しかし Si と Ge の格子定数の違いから Si 上では Ge が数原子層以上になると、3 次元島状成長になり、超格子を作製した場合も Ge が Si 中に染みだして、界面が急峻でなくなることが問題になっている。これを防ぐために、表面に異種物質を吸着させて成長を行うサーファクタント・エピタキシーが注目されている。吸着物質としては、今までほとんどが n 形ドーパント不純物についてのみ検討されていたが、本論文では Si プロセスで最も一般的な p 形ドーパントである B について、その Si 表面への吸着と Si, Ge の成長に与える影響、その際の B の表面偏析挙動について明らかにしている。

また集積回路においてオーミック接触、ショットキー接合等の電極材料として多用されている PtSi についてその形成法、PtSi 層の Si キャップ層成長による埋め込みとその際の PtSi の安定性、について検討を行っている。その結果、Pt と Si を化学量論組成比 ( $\text{Pt/Si}=1/1$ ) で同時蒸着することにより、Si (001), Si (111) 清浄表面上に、従来の熱反応法で形成する場合に比べはるかに低温で、高配向の PtSi 層を形成出来ることを明らかにした。

また、PtSi/Si 構造上に比較的低温（～400℃未満）で Si を成長した場合には PtSi 層が Si 中に埋め込まれるが、基板温度～500℃以上で Si を成長すると、Si の成長過程で PtSi 層が柱状に変形し、Si がその間をエピタキシャルに充填したコラムナー構造が形成されることを明らかにしている。

## 審 査 の 要 旨

Si MBE 成長で問題になっていた、低温での表面洗浄化、p 形ドーパントのサーファクタントについて、また、同時蒸着法による Si 上への PtSi のエピタキシャル成長について、緻密なデータを積み上げ、新しい現象を見つけ、それを合理的に解釈している。更に、申請者自身がこれらの研究テーマを見出し、それを解明し、その結果が英文専門誌に多数掲載されている事は、課程博士コースの学生の博士（工学）学位論文として出色の出来である。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。