



Title	In-situドーピングSi選択エピタキシャル成長に関する研究
Author(s)	生田, 哲也
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/48618">https://hdl.handle.net/11094/48618</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"&gt;https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> >大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">&lt;/a&gt;</a> をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 いく た てつ や  
生 田 哲 也

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 2 2 0 0 4 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 20 年 3 月 25 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 1 項該当

工学研究科精密科学・応用物理学専攻

学 位 論 文 名 In-situ ドープ Si 選択エピタキシャル成長に関する研究

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 安 武 潔

(副査)

教 授 遠 藤 勝 義

教 授 片 岡 俊 彦

教 授 桑 原 裕 司

教 授 森 田 瑞 穂

教 授 山 内 和 人

教 授 渡 部 平 司

准教授 志 村 考 功

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、ULSI の素子寸法の微細化にともなって特に重要性を増してきた In-situ ドープ Si 選択エピタキシャル成長の研究開発を行った結果をまとめたものである。第 2 章から第 5 章では As、P、B、Ge、C 原子を In-situ ドープした Si 選択エピタキシャル成長の成膜メカニズムについて、第 6 章では本技術をデバイス適用した結果について述べた。

第 2 章では、大気圧下で In-situ As ドープ Si 選択エピタキシャル成長を行うことで As の表面偏析を抑制することを試みた。その結果、成膜圧力の大気圧化、成膜レート的高速化、成膜温度の高温化、Ge 添加により As の表面偏析を抑制することができ、As 濃度の高濃度化を実現した。HCl は Si 原子よりも As 原子を優先的にエッチングし、大気圧プロセスでは従来の減圧プロセスよりもそのエッチング効果が大きい。そのため、大気圧プロセスにより表面偏析した As 原子をエッチングすることができ、As の表面偏析を抑制することができたと考えられる。

第 3 章では、大気圧 In-situ P ドープ Si 選択エピタキシャル成長を評価し、P 濃度の高濃度化を試みた。その結果、In-situ P ドープ Si 選択エピタキシャル成長の成長様式は In-situ As ドープ Si 選択エピタキシャル成長の成長様式と類似しているが、P の表面偏析率は As の表面偏析率より小さいことがわかった。

第 4 章では、In-situ B ドープ Si 選択エピタキシャル成長を評価し、B 濃度の高濃度化を試みた。その結果、In-situ As ドープ Si 選択エピタキシャル成長とは異なり、減圧プロセスで B 濃度の高濃度化および成膜レート的高速化が実現できた。この成長様式の相違は As が表面偏析するのに対し、B は表面偏析しないことに起因することがわかった。

第 5 章では、大気圧プロセスで As を In-situ ドープした場合の In-situ C ドープ Si 選択エピタキシャル成長を検討し、As 濃度および C 濃度の高濃度化を試みた。その結果、As 原子と C 原子がお互いの表面偏析を抑制することにより、低抵抗で高い歪みを有するエピタキシャル膜が成長できた。

第 6 章では、これまで検討してきた In-situ ドープ Si 選択エピタキシャル成長を Raised Source Drain Extension (RSDE) 構造と Thyristor Random Access Memory (TRAM) 構造に適用した結果を述べた。RSDE 構造によって、ショートチャネル効果を抑制し、オン電流を増加することができた。また、TRAM 構造は、SRAM や DRAM に代わる揮発性メモリとして有望であることがわかった。

最後に、素子寸法の微細化によるショートチャネル効果を抑制するための RSDE 構造、さらなる微細化による物理的限界を打破するソース・ドレイン領域からの歪印加構造、微細化が困難になってきた SRAM や DRAM に代わる揮発性メモリである TRAM 構造を作製することができる In-situ ドープ Si 選択エピタキシャル成長は、デバイスの特性を向上させる技術として有望であることがわかった。

## 論文審査の結果の要旨

大規模集積回路の微細化に伴って問題となるショートチャネル効果の解決や、チャネル領域への弾性歪導入による高移動度化技術の実現、さらに、素子寸法が微細化限界に達している現行素子に替わる新構造素子の製造においては、イオン注入ではなく、急峻な不純物プロファイルを実現する Si 選択エピタキシャル成長技術の開発が必要となっている。しかし、従来の化学気相成長技術では、不純物の表面偏析現象等のため、高濃度ドープした Si 層の成長が困難である。本論文は、高濃度ドーピングと高い成膜速度を実現する In-situ ドープ Si 選択エピタキシャル成長技術の開発と新しい素子構造作製への応用に関する研究をまとめたものであり、主な成果は以下のとおりである。

- (1) In-situ As ドープ Si 選択エピタキシャル成長において、成膜圧力の大気圧化によって As の表面偏析が抑制される現象を見出している。これは、成膜雰囲気中の HCl が、Si よりも As 原子を優先的にエッチングし、大気圧では従来の減圧プロセスよりもその効果が大きいことによる。さらに、成膜温度、成膜速度の増加および Ge 添加によって As の表面偏析が抑制されることを明らかにし、成膜条件の最適化により高濃度 As ドープ Si 選択エピタキシャル成長に成功している。
- (2) In-situ P ドープ Si 選択エピタキシャル成長において、その成長様式は As ドープの場合と類似しているが、P の表面偏析率は As より小さいことを明らかにし、得られた結果に基づいて成膜条件を最適化することにより、高濃度 P ドープ Si 選択エピタキシャル成長を実現している。
- (3) In-situ B ドープの場合、B は表面偏析しないことに起因して、B 濃度の高濃度化および成膜レート的高速化は、減圧プロセスにおいて可能になることを明らかにしている。
- (4) As および C を同時に用いた大気圧下での In-situ ドープ Si 選択エピタキシャル成長において、As 原子と C 原子がお互いの表面偏析を抑制する現象を見出している。この現象を利用して高濃度 As による低抵抗化と、高濃度 C に伴う歪みによる高いキャリア移動度を両立する Si 膜の成長に成功している。
- (5) 上記で開発した In-situ ドープ Si 選択エピタキシャル成長法を応用し、2 種類の新構造素子 (Raised Source Drain Extension および Thyristor Random Access Memory) を作製し、それらの電気特性が従来の素子の特性を凌駕することを実証している。

以上のように、本論文は、In-situ ドープ Si 選択エピタキシャル成長における不純物の表面偏析とエピタキシャル成長機構に関する多くの知見を得るとともに、新しい素子構造の作製に応用できる成長技術の開発と、そのデバイス作製による実証に成功しており、半導体工学・精密科学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。