

炭化シリコン超薄膜を正孔障壁層に用いる新しいエミッタ構造の研究

著者	佐々木 公洋
著者別表示	Sasaki Kimihiro
雑誌名	平成8(1996)年度 科学研究費補助金 基盤研究(C) 研究成果報告書
巻	1995-1996
ページ	7p.
発行年	1997-03
URL	http://doi.org/10.24517/00053759

KAKEN

1996

58

研究課題

炭化シリコン超薄膜を正孔障壁層に用いる
新しいエミッタ構造の研究

(課題番号 07650394)

平成7年度～平成8年度科学研究補助金（基板研究(C)(2)）
研究成果報告書

平成9年3月

研究代表者 佐々木 公洋

金沢大学工学部 助教授

(別紙様式12)

研究課題

炭化シリコン超薄膜を正孔障壁層に用いる
新しいエミッタ構造の研究

(課題番号 07650394)

平成7年度～平成8年度科学研究補助金(基板研究(C)(2))
研究成果報告書



8000-55258-2

金沢大学附属図書館

平成9年3月

研究代表者 佐々木 公洋

金沢大学工学部 助教授

はじめに

シリコン集積回路技術は、 $0.1\mu\text{m}$ の加工寸法と10億素子/チップの時代に入ることになり、新たな発展を遂げつつある。本研究はこうしたトレンドに加え、シリコンデバイスへヘテロ接合構造を導入することにより単体デバイスの高性能化を図り、シリコン集積回路のさらなる発展をめざして行われたものである。本研究は3つのパートから成る。

Part I

まず、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ実現のための新しいエミッタ構造の研究である。エミッタ材料として、非晶質SiCと微結晶Siを提案し、実際にこれらを組み合わせてトランジスタを試作した。その結果、微結晶Siのみを用いると結晶成長が生じ、バンドギャップ差を作り出すことができず、低い電流増幅率しか得られなかった。そこで、まずSiC超薄膜を形成し、その上に微結晶Siを堆積するというエミッタ形成法を考案した。その結果、従来の20~30倍も大きい電流増幅率を持つ素子を実現できた。しかし、エミッタ抵抗が大きく、高周波測定をしたところ、それによる遅延が比較的大きいことが判明した。今後このトランジスタの本質的な性能を発揮させるには、エミッタ抵抗を削減しなければならず、新しい材料の研究開発が必要である。

また、ヘテロ接合効果による電流増幅率の増大一方で、この種（非晶質構造）のエミッタを用いるとpn接合の立ち上がり電圧が低下するというこれまでに知られていない現象が観られた。十分な実験及び検討は行っていないが、これは非晶質材料の伝導体の電子構造が、結晶Siのそれと異なることに起因すると予想している。この結果は、各種トランジスタの低消費電力に応用できよう。

Part II

次に、ベースのバンドギャップをエミッタのそれより狭くして、バンドギャップ差を作ることを検討した。Siよりバンドギャップの狭い材料としてSiGeを選択し、SiとGeをイオンビームでスパッタすることによりそれを作製

した。SiにGeが加わるとエピタキシャル温度が低下し、 $\text{Si}_{0.75}\text{Ge}_{0.25}$ では400°C程度の低温でもエピタキシャル成長が可能であることが分かった。

SiGe/Si構造の問題点は、SiGe層に格子不整合による歪みが生じることである。これを解決する一手法として、原子半径の小さいB（ボロン原子）を大量にドーピングすることを考案している。このBの大量ドーピングはスパッタ法を用いれば容易に行うことができる。その効果として、SiGe層の格子歪みが緩和されるとともに、B自身の電気的活性化率が向上し、例えばp形の低抵抗オーミック電極に応用可能となる。

Part III

さらにECR（電子サイクロトロン共鳴）法を用いて水素プラズマを励起し、それに SiH_4 ガスを接触分解させ、Siのエピタキシャル成長を行った。（この研究パートは、プラズマCVDでエミッタを作製した際、Si膜が容易にエピタキシャル成長するという事実を発展させたものである。）この水素プラズマは、 SiH_4 ガスの分解だけでなく、堆積したSi膜の一部をエッチングしていることおよびその作用がエピタキシャル成長を促進していることや過度のエッチングは結晶欠陥を引き起こすことが明らかになった。一方、適当な堆積条件を設定すれば、 SiO_2 基板にはSi膜は成長せず、Si基板のみにSiのエピタキシャル成長を起こすことができる、いわゆる選択エピタキシャル成長が可能であることが見いだされた。

なお本研究の遂行にあたっては、金沢大学工学部電気・情報工学科素子工学研究室に在籍した大学院生中田圭一君（現日立製作所）、供田英之君（現三菱重工）、芦原剛（現コーセル）、水谷道夫君（現NEC）および現大学院生高田俊明君、永井宏樹君らの協力を得た。ここに感謝の意を表します。

研究組織

研究代表者 佐々木 公洋 (金沢大学工学部 助教授)
研究分担者 畑 朋延 (金沢大学工学部 教授)

研究経費

平成7年度 1,500 千円
平成8年度 600 千円
計 2,100 千円

研究発表

学会誌等

1. K.Sasaki, T.Takada and T.Hata:"Etching Process in Low Temperature Epitaxial Growth of Silicon by ECR Plasma CVD", Proc. of 4th International Symposium on Sputtering and Plasma Process (to be presented, 1997).
2. K.Sasaki, H.Nagai, Y.Nabetani and T.Hata:"Preparation of SiGe Epitaxial Films by Ion Beam Sputtering of Multi-Target", Proc. of 4th International Symposium on Sputtering and Plasma Process (to be presented, 1997).
3. K.Sasaki, K.Nakata and T.Hata:"Epitaxial Growth of SiGe Thin Films by Ion Beam Sputtering", Applied Surface Science Vol.113/114, pp.43-47(1997).
4. K. Sasaki, T.Hikichi and S.Furukawa:"High Frequency Characteristics of Si Based Heterojunction Bipolar Transistors with True Amorphous Emitter",Ext. Abs. '96IEDMS, Symp.B, pp.41-44(1996).
5. K.Sasaki and T.Hata:"Epitaxial Growth of SiGe Thin Films by Ion Beam Sputtering", Abs. 8th Int. Conf. Solid Films and Surfaces, p.36(1996)

研究会資料

1. 佐々木公洋："IBS（イオンビームスパッタ）法によるSiGeのエピタキシャル成長 —その基礎特性", 東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究 H08/A-11, pp.11-12(1997).
2. 畑朋延（共同研究者 佐々木公洋）："機能性薄膜の形成技術の開発と応用", 平成7年度日本学術振興会産学共同研究支援事業成果報告書, pp.17-20(1996).
3. 高田俊明、佐々木公洋、畑朋延："ECRプラズマCVDによるSi薄膜の低温選択エピタキシャル成長", 信学技報, ED97（発表予定、1997）
4. 佐々木公洋、供田英之、畑朋延："ECRプラズマCVD法によるSi低温エピタキシャル成長", 信学技報, ED96-38, pp.57-62(1996).
5. 佐々木公洋、中田圭一、畑朋延："IBSによるSiGeエピタキシャル成長の基礎特性", 信学技報, CPM96-110, pp.43-48(1996).

口頭発表

1. 高田俊明、奥出貴之、佐々木公洋、畑朋延："ECRプラズマCVDによるSi薄膜の選択成長条件の検討", 第44回応用物理学関係連合講演会予稿集No.2, 30a-G-7, p.792(1997).
2. 永井宏樹、芦原剛、佐々木公洋、畑朋延："IBS法によるSiホモエピタキシャル成長の検討", 第44回応用物理学関係連合講演会予稿集No.1, 28a-SS-2, p.228(1997).
3. 西宏之、水谷道夫、佐々木公洋、畑朋延："イオンビームスパッタ法におけるSi,Geのスパッタ特性のMCシミュレーション", 平成8年度日本物理学会・応用物理学会北陸支部合同講演会予稿集, F-10, p.180(1996).
4. 永井宏樹、芦原剛、佐々木公洋、畑朋延："IBS法によるSiGeエピタキシャル膜に及ぼす入射ビームの影響", 平成8年度日本物理学会・応用物理学会北陸支部合同講演会予稿集, G-8, p.211(1996).
5. 芦原剛、佐々木公洋、畑朋延："IBS法によるSiGeエピタキシャル膜に及ぼす入射ビームの影響", 第57回応用物理学会学術講演会予稿集No.1, 9a-ZK-10, p.276(1996).
6. 水谷道夫、佐々木公洋、畑朋延："イオンビームスパッタ法におけるSi,Geのスパッタ特性のMCシミュレーション", 第57回応用物理学会学術講演会予稿集No.2, 10a-X-7, p.471 (1996).

7. 高田俊明、供田英之、佐々木公洋、畑朋延："ECR-CVDによるSi薄膜の低温エピ成長におけるエッチング効果の検討", 第57回応用物理学会学術講演会予稿集No.2, 8a-P-7, p.654(1996).
8. 芦原剛、中田圭一、佐々木公洋、畑朋延："イオンビームスパッタ法によるSiGe薄膜のエピタキシャル成長", 第43回応用物理学関係連合講演会予稿集No.1, 27p-ZF-2, p.271(1996).
9. 高田俊明、供田英之、佐々木公洋、畑朋延："ECRプラズマによるSiのエッチング特性の検討", 第43回応用物理学関係連合講演会予稿集No.2, 26a-STF-23, p.842(1996).
10. 供田英之、高田俊明、小田木善秀、佐々木公洋、畑朋延："ECRプラズマの発光分光特性とその膜成長に及ぼす影響", 第56回応用物理学会学術講演会予稿集No.2, 28p-ZH-2, p.447(1995).
11. 中田圭一、芦原剛、森健二、佐々木公洋、畑朋延："イオンビームスパッタ法による交互堆積SiGe薄膜の作製", 第56回応用物理学会学術講演会予稿集No.2, 28p-ZH-14, p.451(1995).

投稿中の論文

1. 水谷道夫、佐々木公洋、畑朋延："Si,Geのイオンビームスパッタ過程のモンテカルロシミュレーション", 電子情報通信学会論文誌 C.
2. Kimihiro Sasaki:"Si Bipolar Transistors with Low Temperature Plasma Deposited Emitters", *7th International Symposium on IC Technology, Systems & Applications*.
3. K.SASAKI, T.TAKADA and T. HATA:"Low Temperature Si Selective Epitaxial Growth by ECR Plasma CVD", *1997 International Microprocess and Nanotechnology Conference*.