

専攻	システム情報	学籍番号	897950	指導教官氏名	中村 哲郎
申請者氏名		鄭 貴 相			藤井 壽崇
					石田 誠

論 文 要 旨

論文題目	Silicon-on-Insulator構造の圧力センサへの応用に関する研究
------	--

(要旨 1,200字以内)

近年、自動車や飛行機のエンジン制御あるいは半導体製造装置の反応管内圧力の測定等、高温、放射線や腐食性雰囲気中等の厳しい環境下で使用に耐える高性能圧力センサの開発が望まれている。各種の圧力センサの中で、Siのpiezo抵抗効果を用いたpiezo抵抗型圧力センサは、小型、軽量、高感度である事から工業計測、医療等の分野で広く応用されている。しかし、これらの素子は薄膜Siダイアフラムの厚さの正確な制御が難しく、そのために特性の分布が広く、又、本質的に温度依存性が大きいため、高温での使用が困難である。本研究では、これらの問題点を解決する方法としてSOI(Si-on-insulator)構造を用いた新しい高性能圧力センサの開発を目的とする。この論文の構成は次の通りである。

第一章に本研究の背景、目的及びその概要を示した。

第二章では、Siの機械的材料としての有効性とそれらのpiezo抵抗効果について触れると共に、既存のsensing素子が有する数々の問題点を克服するために、せん断piezo抵抗効果を用いたsingle-element four-terminal strain-gaugeの新しいsensing素子の設計について述べた。

第三章では、様々なSOI構造の形成方法中で、本研究で用いたSDB(Si-wafer direct bonding)とエピタキシャル成長によるSOI構造の作製方法を述べた。SOI構造の評価としてSDBによるSi/SiO₂/SiのSOI構造においては、接合界面状態、接合強度及びSOI厚さの均一性等を調べた。一方、エピタキシャル成長によるSi/Al₂O₃/SiのSOI構造の評価として結晶性はRHEEDにより行い、表面のモフォロジはSEMにより観察した。

第四章では、SDB及びエピタキシャル成長によって形成されたSOI構造において、研磨あるいは熱膨張係数の差、又結晶欠陥等の為に生じたSOI薄膜内部の残留応力が電氣的及びpiezo抵抗効果特性に及ぼす影響について述べた。SDB及びエピタキシャル成長のSOI構造上に試作したpoly-SiゲートMOSFETの電氣的特性は、それ

ぞれバルクSi及びSOS上の素子とほぼ同程度であった。一方、SOI薄膜のピエゾ抵抗効果は、Siカンチレバーを形成する事により、P型不純物濃度の関数として示したSOI薄膜のゲ-ジ率(K)、抵抗値(TCR)及びゲ-ジ率(TCK)の温度係数等の特性から評価された。SDBによって形成されたSOI薄膜の特性はバルクSiに匹敵した。又エピタキシャル成長させたSi薄膜のKはバルクSiの80~90%に相当した。

5 第五章では、SOI構造の絶縁膜(SiO₂あるいはAl₂O₃)を薄膜Siダイアフラムの形成時のエッチングストップ層に用いて試作したSOI圧力センサの特性について述べた。SDB及びエピタキシャル成長によって形成されたSOI構造上に試作した200個の素子中で、圧力感度の変化はそれぞれ±2.3%, ±2.0%の標準偏差以内で制御が可能になった。本章で述べた薄膜Siダイアフラム厚さの制御方法は、SOI厚さが薄膜Siダイアフラムの厚さに相当する為に、高精度、小型圧力センサの開発において非常に有効的な事が明らかになった。

10 第六章では、SDB及びエピタキシャル成長によって形成されたSOI構造が、高感度な高温用の圧力センサの開発において高い可能性を持っている事を示した。本章で述べたSOI圧力センサにおいて、SOI構造の絶縁体はピエゾ抵抗の誘電体分離層として使われた。Si/SiO₂/Si及びSi/Al₂O₃/SiのSOI構造上に試作した誘電体分離型圧力センサの圧力感度の温度依存性は、-20℃~350℃の温度範囲領において、それぞれ-0.2%, -0.3%以下であった。

15 第七章では、より高精度な高温用の圧力センサを目指して、SDBとエピタキシャル成長方法を組み合わせて形成したダブルSOI(Si/Al₂O₃/Si/SiO₂/Si)構造上に試作した圧力センサの特性について述べた。この構造で、一層目と二層目のSOI構造はそれぞれエッチングストップ層とピエゾ抵抗の誘電体分離層として使われた。試作ダブルSOI圧力センサは、高感度(0.04mV/V・mmHg)で、かつ-20℃~350℃の温度範囲領において圧力感度の温度依存性は-0.2%以下であった。更に、32個の試作素子中で、圧力感度の変化は±2.4%の標準偏差以内で制御が可能になった。このようなダブルSOI構造は理想的なピエゾ抵抗型圧力センサとして期待される。

20 最後に、第八章では、これらの結果を要約する共に、本研究を踏まえた今後の展望について述べた。