

電子・情報工学専攻	学籍番号	013309
申請者氏名	伊藤 幹記	

指導教員氏名	石田 誠 教授 澤田 和明 教授 高尾 策郎 准教授
--------	----------------------------------

論文要旨(博士)

論文題目	Si基板上への酸化物ヘテロエピタキシーとデバイス応用
------	----------------------------

(要旨 1, 200字程度)

本研究は酸化物強誘電体デバイスを Si と融合するために必要な基礎要素技術を確立することを目的とし研究を行った。特にエピタキシャル γ - Al_2O_3 を絶縁層に用いて、その上部へ電極層や強誘電体薄膜の形成を試みた。

有機金属化学気相成長法(MOCVD)法により成長した Si 基板上のエピタキシャル γ - Al_2O_3 薄膜の結晶性、配向関係、微細構造を電子線回折、X線回折法、透過電子顕微鏡により調べた。その結果、 γ - Al_2O_3 (001)薄膜が数十 nm サイズの結晶子により構成され、一部の結晶子が(001)面以外の面方位を有していることが分かった。最近報告された Merckling らの結果と今回得られた結果を比較し、 γ - Al_2O_3 薄膜は成長初期から 3 次元的に成長し膜中に多数の双晶を含むため膜に加わる歪みが緩和され 2 ML 以上の膜厚においても(111)へ転移することなく(001)配向を維持したのではないかと考察した。

分子線エピタキシー(Molecular Beam Epitaxy, MBE)法による γ - Al_2O_3 薄膜成長においては N_2O および O_2 を酸化ガスという異なる酸化ガスを用いてその成長様式を調べた。 N_2O を用いた場合では成長圧力 3×10^{-2} Pa、基板温度 800°C の条件において Si 基板のエッチングによる表面荒れが観察された。また、成長圧力 5×10^{-4} Pa、基板温度 750°C の条件において Al のドロップレットが観察された。一方、 O_2 を用いた場合ではそれらの条件において Si のエッチピットや Al のドロップレットは観察されなかった。従って、 γ - Al_2O_3 の MBE においては N_2O ではなく O_2 が有用であることが明らかになった。

下部電極材料としては金属 Pt と SrRuO_3 導電性酸化物について検討を行った。バッファ層に γ - Al_2O_3 薄膜を用いて Pt(111)薄膜のエピタキシャル成長とその薄膜の構造を調べた。高周波スパッタ法により成長した Pt 薄膜は室温においてもエピタキシャル成長し、結晶中に 60° 回転した双晶欠陥が存在することが X線回折 Φ スキャンの結果により明らかになった。得られた Pt 薄膜は基板温度 500°C の成膜条件において XRD ロッキングカーブ Pt(111)ピークの半値幅および表面粗さが最も小さい高品質な膜が得られた。この Pt 薄膜は、Sapphire 単結晶基板上へ成長させた Pt 薄膜と同程度のモザイシティと表面平坦性をであった。また、Ti/SiO₂/Si 構造上の Pt 薄膜のようなヒロックの形成は観察されなかった。

γ - Al_2O_3 薄膜上へ SrRuO_3 (SRO)薄膜形成を試みた。結果として、 γ - Al_2O_3 薄膜上へ直接堆積した SRO 薄膜は多結晶成長であったが、Pt 中間層を用いることで γ - Al_2O_3 /Si(001)基板上へ SRO(001)pc をエピタキシャル成長させることに成功した。Pt もまた MOCVD 法にて堆積させることが可能なため、本研究によりバッファ層から下部電極層、強誘電体層まで全てを MOCVD 法により堆積することが可能になった。

SrRuO_3 /Pt/ γ - Al_2O_3 /Si 基板上にエピタキシャル成長させた膜厚 3 μm の PZT 薄膜を用いた超音波センサの作製に成功した。作製した超音波センサの超音波受信感度は 1 から 15MHz の周波数領域において最大で -243 dB (1 V/ μPa 基準)であった。また、その感度は一般的なポリフッ化ビニリデン(PVDF)を用いたハイドロフォンよりも良好な値であった。音響レンズを有した超音波音源の音場分布を作製した超音波センサによって測定し、焦点位置を見積もることができた。また、音圧強度分布のシミュレーション結果と実測値はよく一致した。これらの結果より、作製した超音波センサによって高感度な超音波測定が可能であることがわかった。