

電子・情報工学専攻	学籍番号	973302
申請者氏名	赤井大輔	

指導教官氏名	石田 誠 澤田和明
--------	--------------

論文要旨(博士)

論文題目	Si基板上のエピタキシャル γ - Al_2O_3 膜を用いた 強誘電体薄膜の形成と電気的特性
------	---

(要旨 1,200字程度)

強誘電体材料は、その優れた電気的、光学的その他物理的な特性から、医療、エレクトロニクスなど様々な分野で利用されている。強誘電体材料は薄膜とすることで、バルクセラミックスでは難しい配向制御や低電圧動作、小型化など新たなメリットを生む。電子デバイスへの応用では、強誘電体メモリや機能集積化センサなどが、注目を集めている。しかしながら、このようなSi集積回路に強誘電体薄膜を組み込もうとすると、強誘電体材料に含まれる重金属がSi基板への拡散あるいは反応が生じて、デバイスの特性を劣化させるなどの問題が生じる。この問題を解決するために、強誘電体とSi基板とを分離するための絶縁層が必要となる。我々の研究室では γ - Al_2O_3 と呼ばれる絶縁膜に関する研究を行ってきており、Si基板上にエピタキシャル成長可能、熱的・化学的に安定でICプロセスにも耐えうるなどの知見を得てきた。本研究では、強誘電体薄膜とICとの一体化デバイスの基本素子となる金属・強誘電体・絶縁体・半導体(MFIS)構造および金属・強誘電体・金属・絶縁体・半導体(MFMIS)構造における絶縁体として γ - Al_2O_3 を用いることを提案し実験を行った。

はじめに、強誘電体材料としてPZT膜を用いたMFIS構造の作製を行った。エピタキシャル γ - Al_2O_3 、多結晶 γ - Al_2O_3 およびアモルファス Al_2O_3 の3種類を用意し、各々の膜上にsol-gel法によりPZT膜を作製した。X線回折から、PZT膜の結晶性は下地となる Al_2O_3 膜の結晶性の影響を受けることが分かり、 Al_2O_3 (001)上にはPZT(001)がエピタキシャル成長する結果を得た。 Al_2O_3 の拡散防止(バリア)性はオージェ深さ方向分析にて調べた。アモルファス Al_2O_3 では、PZT/ Al_2O_3 /Si界面での反応が生じていたが、エピタキシャル γ - Al_2O_3 では反応起こらず、優れたバリア性を示した。電気的特性はMFIS-CapacitorによるC-V測定を行い、強誘電性に起因するヒステリシスを確認した。

メモリデバイスを目指し、 $SrBi_2Ta_2O_9$ (SBT)を用いたMFISFET素子を作製した。SBT膜形成に関しては、エピタキシャル Al_2O_3 膜を用いても、配向性はあられなかったが、バリア層として働いていることは確認できた。MFISFET素子を作製しその動作を確かめた。製作プロセスで受けたダメージをアニールにより回復することで、FETの I_d - V_g 特性において強誘電体のメモリ効果によるヒステリシスループが観測され、メモリデバイスとしての動作を確認した。

最後に、強誘電体センサへの応用を目指して、 γ - Al_2O_3 膜を用いたMFMIS構造を作製した。まず、 γ - Al_2O_3 (001)膜上には、基板温度600℃以上において下部電極となるPt膜がエピタキシャル成長することが分かった。次に、(001)配向Ptと多結晶Pt上にPZT薄膜を作製し特性を比較した。(001)配向Pt上には(001)配向PZT膜、多結晶Pt上には多結晶PZT膜がそれぞれ得られた。両PZT膜のP-E特性および圧電特性は良好かつ同程度の特性であった。しかし、焦電特性については(001)配向膜が多結晶膜より良好な特性となった。これは、(001)配向膜が分極処理せずとも自発分極を有しているためであり、エピタキシャルMFMIS構造が有望なデバイスとなりうることを示唆している。

これらの結果より、 γ - Al_2O_3 膜を用いることでSi集積化強誘電体デバイス実現の可能性を見出した。