

電子・情報 工学専攻	学籍番号	003059
申請者氏名	岡田 貴行	

指導教員氏名	石田 誠 教授 澤田 和明 助教授
--------	----------------------

論 文 要 旨 (博士)

論文題目	シリコン酸化膜還元法を用いたエピタキシャル $\gamma$ - $Al_2O_3$ 薄膜の成長とデバイス応用に関する研究
------	---

(要旨 1,200字程度)

日進月歩の進歩を見せているシリコン半導体集積回路技術 (Si-ULSI) であるが、これが実現できているのは「微細化」という比較的簡便な方法によって「性能の向上」と「製造コストの低減」が両立可能であるためであるといえる。今後もこのペースでの発展を我々は望んでやまないが従来の「微細化」手法はその寸法の極微細化から継続的な適用は困難となっている。このような状況の中、新たな機能性を持つ材料をSi-LSIへ集積化し高性能、高付加価値化を実現することが試みられている。本研究では「Si基板上にヘテロエピタキシャル成長」可能な「 $\gamma$ - $Al_2O_3$ 薄膜」を用いてこの技術の実現を目指さすことにした。

まず、成長前に化学溶液処理によって形成するシリコン酸化膜(ケミカルオキサイド)と成長源であるAlの還元反応に注目したケミカルオキサイド還元法による $\gamma$ - $Al_2O_3$ 膜の成膜方法を提案した。本手法によってLSIプロセスへの適合性が従来手法よりも改善されたと考えている。なお、本手法では基板温度750°Cにて $\gamma$ - $Al_2O_3$ (111)/Si(111)のエピタキシャル成長、 $\gamma$ - $Al_2O_3$ (111)/Si(001)の面内配向成長が確認された。また、ケミカルオキサイドの脱離温度が $\gamma$ - $Al_2O_3$ 膜の平坦性に影響することが明らかになった。

次に $\gamma$ - $Al_2O_3$ 膜を用いたデバイス応用を目指しMOSキャパシタ、MOSFETを作製しその特性について評価を行なった。MOSキャパシタの電気特性は600°C、 $N_2$ 雰囲気での熱処理によってその特性が改善された。また、MOSFETは容量換算膜厚2.9nm(nMOS),2.7nm(pMOS)の特性を示すFET動作を示し、 $\gamma$ - $Al_2O_3$ 膜がゲート絶縁膜として適用可能であることが示された。なお、これらの特性は従来手法、新手法と成膜手法によらず同等の特性を示した。また、今回提案した成膜手法においてケミカルオキサイドの形成温度の制御によって界面特性が制御可能なことを見出した。

さらに、 $\gamma$ - $Al_2O_3$ 膜を用いた技術応用として高誘電率薄膜である $HfO_2$ を用いた $HfO_2/\gamma$ - $Al_2O_3$ 積層型結晶高誘電絶縁膜、および機能性薄膜である強誘電体薄膜の $(Bi,La)_4Ti_3O_{12}$ (BLT)を用いたBLT/ $HfO_2/\gamma$ - $Al_2O_3$ 強誘電体メモリ素子の基礎構造(MFIS構造)についての検討を行なった。この結果、積層型絶縁膜の作製においては $\gamma$ - $Al_2O_3$ 膜が $HfO_2$ 積層膜の結晶性、表面状態の改善に効果があることが明らかになった。また、MFIS構造による検討においては、結晶 $HfO_2$ およびアモルファス $HfO_2$ 上へのBLTの成膜結果の比較から、結晶積層膜が非晶質積層膜よりもBLTの強誘電体薄膜において配向制御に効果があることを示された。以上の成果によって、「 $\gamma$ - $Al_2O_3$ 薄膜」がデバイス構成材料のひとつとして用いることができ、そして「結晶性を持った絶縁膜」が「配向制御技術」という新たな要素をLSI技術に導入可能なことを示せたと考えている。