

Title	強誘電体薄膜の成長とその半導体ヘテロ接合デバイスへの応用
Author(s)	松井, 康
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/33238
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

[46]

氏名・(本籍)	まつ い ぐし 松 井 康
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 5 6 8 1 号
学位授与の日付	昭和 57 年 3 月 25 日
学位授与の要件	基礎工学研究科 物理系専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	強誘電体薄膜の成長とその半導体ヘテロ接合デバイスへの 応用
論文審査委員	(主査) 教授 浜川 圭弘 (副査) 教授 藤澤 和男 教授 難波 進

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は強誘電体薄膜の作製および誘電的性質と作製条件との関連について一連の実験的研究を実施し、比較的低温プロセスで優れた強誘電性をもつチタン酸鉛(PbTiO_3) 誘電体薄膜をシリコン FET のゲートとして用いた新しい応用デバイスの開発に関する基礎研究をまとめたものでその内容は以下の五章より成っている。

第一章では強誘電体材料の特徴とその応用におけるこれまでの研究の歴史について述べその特長と問題点について議論し、また強誘電体材料を薄膜化することによる利点と新たな応用デバイスの可能性を示唆し本論文の目的と意義を明らかにする。

第二章では強誘電体チタン酸鉛を高周波スパッタリング法を用いて薄膜化する方法について詳述し、さらに得られた薄膜の誘電的諸特性を述べている。薄膜の誘電特性はスパッタ時の条件、特に基板温度、膜厚、および基板材料等に大きく依存することを示し、良好な薄膜を得るための最適条件を明らかにした。また薄膜成長後酸素雰囲気中での炉内の熱処理や CO_2 レーザー照射による熱処理により結晶的、誘電的特性を改善できることを示している。さらに電子デバイスへの応用的観点から極値反転ならびに焦電特性に注目しそのチタン酸鉛薄膜における基礎特性について述べる。

第三章では半導体シリコン基板上に強誘電体をスパッタリング法により薄膜化する場合の問題点とその改善方法について述べている。薄膜成長により誘電体-半導体界面付近にトラップ準位や界面準位が増加し、これは半導体表面ポテンシャルの制御を困難にしました雑音発生の原因となる。ここでは DLTS および C-V 法によりいくつかの接合構造における誘電体-半導体界面における電子的性質を調べ界面状態やトラップを少なくする最適構造が強誘電体-白金-二酸化シリコン-シリコンヘテロ接

合であることを明らかにした。

第四章では強誘電体の分極反転およびその履歴現象を利用した不揮発性メモリ素子と、焦電効果を利用した赤外線検出素子の提案を行なっている。これらは半導体 IC 技術を用い MOS-FET を作製しそのチャネル上に強誘電体を成長させたものである。不揮発性メモリ素子においてはその分極反転現象に対応した特性が観測されそのスイッチング速度は $\sim 500\text{ns}$ と速くまた他のメモリ素子としての性能においても良好な特性が得られている。一方赤外線検出素子においては室温動作可能で中間赤外域において感度に波長依存性がなくまた高速応答性能をもったシリコンモノリシックな素子を得ている。

第五章では第四章までの実験結果を総括し本研究における結論を述べている。

論文の審査結果の要旨

本論文はチタン酸鉛(PbTiO_3)強誘電体の薄膜化とその応用素子に関する一連の研究をまとめたものである。

強誘電体の分極履歴現象、焦電効果、電気光学効果および圧電効果は古くからいろいろの応用デバイスに用いられてきているが、従来は材料が単結晶とかセラミックであるため一般に動作電圧が高く、半導体デバイスとのハイブリッドが困難な技術分野とされてきた。本研究はこうした技術の壁を打ち破る試みをしたもので、数種類の強誘電体材料について $1\mu\text{m}$ 程度の薄膜を作る研究の一環として実施されたものである。まず、 Pb_3O_4 と TiO_2 の粉末を適当な比で混合し、仮焼したターゲットを用いて高周波スパッタすることによって得たチタン酸鉛の薄膜はペロブスカイト構造となる転移温度が 450°C と低く、その誘電的性質も優れていることを見出した。ついで、出発材料の成分比、スパッタ条件と誘電的性質との関連について一連の研究を行ない、その最適スパッタ条件を明らかにするとともに、膜の誘電率、残留分極電荷抗電場などと膜厚との関連について、結晶粒の大きさとその成長のモデルを提唱し、その組成、組織の変化をしらべることによって、論旨を確認した。

こうして得られる膜の熱処理温度が低いことを用いて、シリコン MOSFET のゲート絶縁物として、チタン酸鉛の膜を成長し、その分極反転履歴現象を利用した不揮発性メモリ素子 (MFSFET) およびゲートチタン酸鉛の焦電効果を積極的に利用した赤外検出素子 (IR-OPFET) を開発し、性能指数に関する一連の研究から、そのデバイス物性を明らかにするとともに設計理論を確立した。

本研究の成果は強誘電体薄膜の製造法とその基礎物性の分野に新しい知見をもたらした不揮発性メモリ素子と赤外センサの開発は独創的なもので、固体機能素子の進歩に貢献するところ大きく、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。