

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	酸化物半導体の強誘電体メモリ応用と液体プロセスに関する研究
Title(English)	Study on Oxide Semiconductors with Ferroelectric Memory Applications and Liquid Process
著者(和文)	羽賀 健一
Author(English)	Ken-ichi Haga
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9649号, 授与年月日:2014年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:徳光 永輔,筒井 一生,半那 純一,波多野 睦子,大見 俊一郎, 伊藤 学
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9649号, Conferred date:2014/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	羽 賀 健 一		
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	徳 光 永 輔	教授		大 見 俊 一 郎	准教授
	審査員	筒 井 一 生	教授	審査員	伊 藤 学	凸版印刷
		半 那 純 一	教授			
		波 多 野 睦 子	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「酸化物半導体の強誘電体メモリ応用と液体プロセスに関する研究」と題し、7 章より構成されている。

第 1 章「序論」では、本研究の背景と目的について述べている。酸化物半導体は近年ディスプレイ応用等の実用化が進んでいるが、論理素子や不揮発性メモリ素子応用においても有望な材料であることを指摘し、本研究では酸化物半導体をチャンネルに用いた不揮発性メモリ機能を有する強誘電体ゲート薄膜トランジスタ (FeTFT) に関して、材料、デバイス、プロセスの各側面から研究を進めたことを述べている。特に、印刷技術により安価な直接パターンニングと素子形成が期待できる液体プロセスに着目したことを述べ、本研究の目的は、液体プロセスによる強誘電体薄膜および酸化物半導体薄膜形成の基盤技術の確立に加えて、FeTFT のデバイス構造制御による特性改善を行って、良好な特性を持つ FeTFT を実現することであると述べている。

第 2 章「薄膜作製手法とデバイス評価手法」では、本研究で用いた強誘電体薄膜および酸化物半導体薄膜の形成手法を概説するとともに、デバイスの作製プロセスとその評価手法について述べている。

第 3 章「FeTFT の作製条件検討と基礎特性評価」では、強誘電体薄膜(Bi, La)₄Ti₃O₁₂ (BLT) の形成条件の最適化と、In₂O₃ をチャンネルに用いた FeTFT の特性を述べている。最初に、液体プロセスによる強誘電体薄膜の形成においては、原料溶液の熱的特性と対応する化学反応、およびアニール時の結晶化メカニズムの理解が不可欠であることを指摘し、反応機構ごとにアニール処理を行うステップ・バイ・ステップ・アニールプロセスを採用することにより、リーク電流が小さく良好な強誘電性をもつ BLT 薄膜が得られることを明らかにしている。次に BLT をゲート絶縁膜、In₂O₃ をチャンネルとする FeTFT を作製し、不揮発性メモリ機能を有する良好な電気的特性を確認している。

第 4 章「FeTFT のソース・ドレイン構造の検討」では、ボトムゲート型酸化物チャンネル FeTFT のスイッチング特性を改善するために、ソース・ドレイン電極にボトムコンタクト構造を採用することを提案し、トップコンタクト構造との比較を行っている。最初に、従来のトップコンタクト構造では、ソース・ドレイン電極と強誘電体ゲート絶縁膜の間に酸化物半導体チャンネルが挟まれるため、チャンネルが空乏化するオフ状態においては、ゲート電圧の一部がチャンネル層にも印加

されて強誘電体ゲート絶縁膜への印加電圧が減少し、スイッチング速度が遅くなることを指摘している。次に、この問題を解決するためにボトムコンタクト構造を採用することを提案し、実際にボトムコンタクト構造とトップコンタクト構造の FeTFT を作製し、容量 - 電圧測定、分極 - 電圧測定から両構造における印加電圧の配分量を見積もるとともに、スイッチング特性を評価し、ボトムコンタクト構造の FeTFT がトップコンタクト構造の FeTFT に比べて高速でスイッチング可能なことを実証している。

第 5 章「アモルファス酸化物半導体をチャネルに用いた FeTFT」では、代表的なアモルファス酸化物半導体である In-Ga-Zn-O (IGZO) をチャネルに用いた FeTFT を作製し、その特性を評価している。不揮発性メモリ素子には数十 nm 程度の微細集積化が要求されているため、特性の均一性を得るためにチャネル材料はアモルファスであることが望ましいこと、および従来の IGZO/BLT FeTFT の報告例では、伝達特性において強誘電体に起因するヒステリシスが発現していないのに対し、本研究では IGZO の成膜条件と成膜後のアニール条件を最適化することにより、強誘電体に起因するヒステリシスを観測することに成功している。

第 6 章「液体プロセスによる酸化物半導体薄膜の形成と TFT 応用」では、酸化物半導体を液体プロセスにより形成して、その基礎現象を議論している。原料溶液の作製から基板への塗布、アニールによる薄膜形成、および TFT 作製までを行い、塗膜の均一性および TFT の電気的特性は金属酸化物の前駆体に強く依存することを示し、溶媒の選択と併せて原料溶液の設計指針を示している。

第 7 章「結論」では、本研究で得られた成果をまとめ、今後の展望について述べている。

以上を要するに、本論文は、酸化物チャネル強誘電体ゲート薄膜トランジスタに関して、材料、デバイス構造、作製プロセスについて多角的な研究を行い、液体プロセスによる強誘電体薄膜および酸化物半導体薄膜の形成と、デバイス構造の両面における設計指針を明らかにしたもので、工学上および工業上寄与するところが大きい。よって我々は本論文が博士(工学)の学位論文として十分価値あるものと認める。