

Title	多結晶シリコン薄膜トランジスタの研究
Author(s)	松井, 誠
Citation	大阪大学, 1989, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2457
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名・(本籍)	まつ 松	い 井	まこと 誠
学位の種類	工	学	博 士
学位記番号	第	8464	号
学位授与の日付	平成元年2月28日		
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当		
学位論文題目	多結晶シリコン薄膜トランジスタの研究		
論文審査委員	(主査) 教授	浜川 圭弘	
	(副査) 教授	難波 進	教授 蒲生 健次 教授 小林 猛

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、著者が㈱日立製作所中央研究所において行った、分子線成長法による多結晶 Si 膜の低温形成と特性評価、及び、この分子線成長多結晶 Si 膜を用いた薄膜トランジスタに関する研究成果をまとめたものであり、ガラス基板に、初めて、電界効果移動度の高い多結晶 Si 薄膜トランジスタの作製に成功し、駆動回路内蔵方式の大容量の本格的平面ディスプレイ実現への途を拓いたという意義をもつ。

第1章では、薄膜トランジスタの研究の沿革を概観し、大容量・高画質の平面ディスプレイ実現の鍵を握る技術としての薄膜トランジスタの重要性、特に、低温形成多結晶 Si 薄膜トランジスタの重要性を指摘し、本研究の意義と目的、本論文の構成について述べた。

第2章では、分子線成長法による多結晶 Si 膜の低温形成について述べた。分子線成長 (MBD) 法とは、超高真空下での清浄雰囲気中で真空蒸着することによって半導体薄膜を成長させる技術である。分子線成長法を用いて、石英基板に、種々の基板温度で種々の厚みの Si 薄膜を形成し、膜構造を調べた。400°C という比較的低温においても、繊維配列した多結晶膜が得られた。これは、清浄雰囲気の故に、飛来した Si 原子のマイグレーションを妨げる残留不純物原子が極めて少ないことによると思われる。反射高速電子線回析によれば、得られた Si 多結晶膜は、膜の表面において、膜厚に依存する配向特性をもつことが分かった。これらの知見をもとに、MBD 多結晶 Si 膜の成長過程についても考察した。

第3章においては、MBD 多結晶 Si 膜の電気的特性について調べた結果について述べた。MBD 多結晶 Si 膜の電気的特性は、化学的気相成長法による従来の高温工程を経た多結晶 Si 膜とほぼ同程度で

あり、水素化アモルファス Si 膜に比べて移動度は 2 桁ほど高い。例えば、600°C において形成した膜厚 1 μm のノン・ドープの MBD-Si 膜は、わずかに P 型であり、伝導度は 10^{-6} (S/cm) 程度、正孔濃度は約 $1 \times 10^{12}/\text{cm}^3$ であり、移動度は 20 ($\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$) である。また、水素化によって、n 型試料の電子濃度と電子移動度は低くなる。

MBD 法により多結晶 Si 膜の低温形成を可能にしたことによって、耐熱温度の低い安価なガラス基板にも、多結晶 Si 薄膜トランジスタを作製する途が拓けた。第 4 章では、全工程 600°C 以下の低温プロセスを用いて、初めてガラス基板上に多結晶 Si 薄膜トランジスタを試作した結果について述べた。電界効果移動度で 40 ($\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$) という高い値も得られ、動作速度が速いために、液晶ディスプレイに応用する場合、画素をスイッチするための単なるアクティブ・マトリックスとしてのみならず、周辺駆動回路をも一体化して形成できる可能性のあることが分かった。また、トランジスタ特性の改善のために、水素化が有効であることも分かった。

第 5 章では、 10×10 素子の薄膜トランジスタ・マトリックスを試作し、液晶と組み合わせて、液晶表示の原理実験を行った結果について述べ、また、本研究の発展として、現在、(株)日立製作所日立研究所において行われている研究開発の状況を参照しながら、低温形成多結晶 Si 膜の将来を展望した。

第 6 章では、以上の結果を総括し、本研究の結論を述べた。

論文の審査結果の要旨

エレクトロニクス時代の花形材料とされている半導体材料は、トランジスタの発明以来 40 年間にわたって支配されてきた高純度単結晶とその巨大化への技術の流れから、多層化薄膜時代へと大きな技術転換を迎えようとしている。すなわち、ここ 10 年、超高真空技術と材料の高純度精製技術の進歩によって、半導体のみならず金属から誘電体にまで、高品位の薄膜化ができるようになり、電子素子の三次元集積化が可能となりつつある。本研究はこうした技術の流れの最先端として、多結晶シリコン膜の低温成長とその薄膜トランジスタへの応用に関する基礎研究をまとめたものである。

本研究ではまず最初に $10^{-10} \sim 10^{-11}$ Torr という超高真空下で MBD (分子線成長) 法により石英基板上に $400 \sim 600^\circ\text{C}$ という低温で結晶軸配向性のそろった多結晶膜を成長させる技術を組織的に研究し、MBD 法による結晶成長過程とその物理機構を明らかにした。さらに成長膜に水素化処理を施すことにより、膜の電気的性質が大幅に改善できることを見出した。ちなみにこの方法で得られる多結晶シリコン膜の電子移動度は 20 ($\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$) 程度で、この値は多結晶薄膜シリコンとしては記録的なものである。

ついで、こうして得られた低温成長技術を、大面積のガラス基板への多結晶シリコンの堆積に適用し、液晶テレビ駆動用の TFT (薄膜トランジスタ) を試作し、その電気的特性をしらべるとともに、素子の性能改善をめざした接合構成製作技術について一連の研究を実施した。その結果、電界効果移動度が 40 ($\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$) と言う高性能 TFT の試作に成功した。最後にこうして完成した TFT の技術を液晶表示ドライブ用トランジスタ・マトリックスの製作に展開し、現在実用されている液晶表示カラーテレビ

開発の基礎技術を確立した。

以上述べたように、本論文は多結晶シリコン薄膜の低温成長とその基礎物性の解明ならびにその応用として、高速化TFTマトリックス素子の実用化技術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。