

論文内容の要旨

博士論文題目

液体原料シリコン系薄膜のレーザーアニールによる形成と結晶シリコン薄膜トランジスタへの応用

氏名 菱谷 大輔

(論文内容の要旨)

本研究では、結晶 Si TFT に最も多く利用されている SiO₂ゲート絶縁膜、結晶 Si 薄膜に対して液体原料を用いた大気圧下での成膜技術に着目し、それぞれに対しレーザーアニールを用いた低温での高品質な薄膜形成の検討、そして結晶 Si TFT への応用を行った。

第 2 章では、まず液体材料を用いた SiO₂ゲート絶縁膜の形成を目指し、多結晶 Si (poly-Si) TFT への応用を行った結果について報告した。絶縁膜の形成には無機高分子材料であるペルヒドロポリシラザン (PHPS) を用いた。PHPS は通常酸化雰囲気中で 500°C以上の温度で焼成しなければ完全に SiO₂へは転移しない。そこで PHPS の吸収域である赤外領域の 940 cm⁻¹に発振波長をもつ CO₂レーザーアニール (CO₂LA) を用い、選択的に PHPS を加熱することで低温での SiO₂薄膜の形成を行った。また、ゲート絶縁膜として poly-Si TFT への応用、CVD-SiO₂との比較を行った結果、電界効果移動度 37.9 cm²/Vs, S 値 0.76 V/decade の値を示し、CVD-SiO₂を用いた TFT と同等の性能を示した。

第 3 章では非晶質 Si 膜を形成するために、大気圧窒素雰囲気下にてシクロペンタシラン (CPS) から構成される液体 Si を用いたスピコート法、液体原料蒸着法 (LVD 法) を用いた結果について報告した。結晶化手法には縦穴の微細構造および XeF エキシマレーザー照射を利用した μ-チョクラルスキー法 (μ-Cz 法) を用い、位置制御を有した直径 2 μm 以上の単結晶 Si 薄膜の形成を試みた。スピコート法を用いた試料は単結晶成長に必要なレーザーエネルギー密度に達する前に膜中の欠陥や不純物により膜が損傷してしまい、2 μm 以上の結晶粒の形成は認められなかった。しかし、LVD 法により形成された Si 膜はレーザー照射に対する損傷耐性が真空プロセスである低圧 CVD 膜と同等に高い結果が得られた。

第 5 章では LVD 法および μ-Cz 法を用いて形成した結晶 Si 薄膜を用い、350°C以下のプロセスのみで単結晶 Si-TFT の低温作製を試みた結果について報告した。作製した単結晶 Si-TFT は急峻な立ち上がりを示し、電界効果移動度 325 cm²/Vs と真空プロセスを用いた最高温度 600°Cで形成される一般的な poly-Si TFT の特性である約 100 cm²/Vs を大きく上回る結果を示した。

(論文審査結果の要旨)

半導体分野ではフレキシブルデバイスを始めとした装着型電子デバイスの要求が高まってきている。しかし、従来と同等以上の性能を有した電子デバイスを安価でフレキシブル基板上に作製するためには、塗布法を始めとする液体原料を用いた大気圧下での成膜技術による低コスト化およびスループットの向上、そしてデバイスの低温作製技術の開発が必要である。

本研究では、結晶 Si TFT に最も多く利用されている SiO₂ ゲート絶縁膜、結晶 Si 薄膜に対して液体原料を用いた大気圧下での成膜技術に着目し、それぞれに対しレーザーアニールを用いた低温での高品質な薄膜形成の検討、そして結晶 Si TFT への応用を行った。

まず液体材料を用いた SiO₂ ゲート絶縁膜の形成を目指し、多結晶 Si (poly-Si) TFT への応用を行った。絶縁膜の形成には無機高分子材料であるペルヒドロポリシラザン (PHPS) を用いた。PHPS は通常酸化雰囲気中で 500°C 以上の温度で焼成しなければ完全に SiO₂ へは転移しない。そこで PHPS の吸収域である赤外領域の 940 cm⁻¹ に発振波長をもつ CO₂ レーザーアニール (CO₂LA) を用い、選択的に PHPS を加熱することで低温での SiO₂ 薄膜の形成を行った。また、ゲート絶縁膜として poly-Si TFT への応用、CVD-SiO₂ との比較を行った結果、電界効果移動度 37.9 cm²/Vs, S 値 0.76 V/decade の値を示し、CVD-SiO₂ を用いた TFT と同等の性能を示した。

また、非晶質 Si 膜を形成するために、大気圧窒素雰囲気下にてシクロペンタシラン (CPS) から構成される液体 Si を用いたスピコート法、液体原料蒸着法 (LVD 法) を用いた。結晶化手法には縦穴の微細構造および XeF エキシマレーザー照射を利用した μ-チョクラルスキー法 (μ-Cz 法) を用い、位置制御を有した直径 2 μm 以上の単結晶 Si 薄膜の形成を試みた。LVD 法により形成された Si 膜はレーザー照射に対する損傷耐性が真空プロセスである低圧 CVD 膜と同等に高い結果が得られた。

LVD 法および μ-Cz 法を用いて形成した結晶 Si 薄膜を用い、350°C 以下のプロセスのみで単結晶 Si-TFT の低温作製を試みた。作製した単結晶 Si-TFT は急峻な立ち上がりを示し、電界効果移動度 325 cm²/Vs と真空プロセスを用いた最高温度 600°C で形成される一般的な poly-Si TFT の特性である約 100 cm²/Vs を大きく上回る結果を示した。

以上のように、本論文は高性能電子デバイスの実現に向けて、塗布型材料を用いた非真空プロセスによる新規作製プロセスを提案・実施し、それらが有効であることを実証した点で工学的に高い価値を有すると考えられる。従って審査員一同は本論文が博士(工学)の学位論文として価値あるものと認めた。