

学 位 論 文 題 名

次世代システムディスプレイの要素技術に関する研究

学位論文内容の要旨

次世代マルチメディア時代に対応するシステムディスプレイの研究開発において、ユビキタスな映像・画像環境下での必要とするディスプレイ技術のほかに、高信頼性・高速の通信技術及びストリーミングデータや大量のパケットデータなどさまざまなデータタイプを処理する符号化複合化などの信号技術、メモリ技術などを開発していく必要がある。本論文では、このような環境下でのシステムディスプレイを高機能・高信頼性で効率よく作るというモノ作り及び応用システム面からの立場から必要な要素技術を探査し、いくつかの重要な成果を得た。

第2章では、我々が開発した硝酸酸化法により 121℃での低温 2 酸化シリコン薄膜形成の基礎技術開発を記述する。VLSI に使用されるバルクシリコン基板の直接酸化による酸化膜形成、SiC/SiO₂ 界面形成そしてポリシリコン基板の直接酸化により酸化薄膜形成の結果を提示、各種の評価解析を行い、我々が開発している硝酸酸化法により低温酸化膜形成技術の有効性を示している。

第3章では、従来の洗浄技術のように材料表面をエッチングすることによって表面汚染物を除去するのではなく、洗浄液成分が表面金属汚染物と直接反応して安定な錯イオンを形成することによって除去するため、エッチングが生じない新規の半導体洗浄技術「欠陥消滅型非エッチング洗浄法」" Defect Passivation Etch-less Cleaning" (DPEL 洗浄法) を提案する。

DPEL 洗浄法は、洗浄液成分の反応性が非常に高いため、従来の洗浄法のように 50~80℃に加熱する必要がなく、洗浄液の濃度も 0.1% 以下と極低濃度で十分である。DPEL 洗浄技術を用いて重金属汚染を強制的に実施し、シリコン洗浄を行い、種々の金属汚染物が全反射蛍光 X 線分光法 (TXRF) の検出感度 ($\sim 3 \times 10^9$ 原子/cm²) 以下にまで除去されることを確認し、有効性を実証した。また、DPEL 洗浄液にアルカリを添加することによって pH 調整することで洗浄能力を高めることも確認した。DPEL 洗浄液中の成分が銅やニッケルなどの汚染金属と錯体を形成することによって表面からこれが除去されるため、シリコン材料表面への金属の再付着がないことを見出した。

さらに、洗浄液成分はシリコンダングリングボンドなどの欠陥準位と選択的に反応して欠陥準位が消滅するという従来の洗浄法では発想すらされなかった効果を有している。また、半導体洗浄に使用した後の洗浄液の廃液は、オゾン水 + 紫外光照射によって分解され、無毒化できることを示す。また、洗浄液の蒸気圧は pH の増加に伴って減少して、pH10 以上では環境安全基準以下に低減できるという新たな知見を得た。

第4章では、低温ポリシリコンプロセスで製作される低温ポリシリコン TFT の複雑な特性を理解するために、そのデバイス物理モデリングの開発を行った。低温ポリシリコン TFT の複雑な特性を理解し、デバイス物理に基づくモデリングを開発するために、デバイス特性の実測にデータに含まれる現象を的確に評価する必要がある。モデリング開発のため、低温ポリシリコン TFT デバイスの種々デバイス特性を測定し評価している。

第5章では、低温ポリシリコン型の液晶システムディスプレイに関連する応用・実用化研究である。低温ポリシリコンの結晶化技術の進展と微細加工技術の今後の進展の様相より判断して、駆動回路を始めとしてディスプレイに必要な回路技術をガラス基板上に搭載することも容易に予想できる状況になっている。

本章では、システムディスプレイへの技術進展を低温ポリシリコンの微細加工技術の進展とともに

に、3世代に分けて示した。特に、第3世代と位置付けているロジック技術の塊であるCPUの搭載を実現し、低温ポリシリコン技術の潜在的な能力を示した。また、液晶ディスプレイの視認性を考慮した階調技術の新しいアルゴリズムを開発し、コンピュータシミュレーションでの有効性を示し、この低温ポリシリコンを用いて液晶と同じガラス基板上へ搭載したディスプレイシステムも提案した。最後に、システムディスプレイのコンテンツのセキュリティ面を考慮した新しい暗号化技術を提案し、デバイスに実現して評価した。

まとめと展望では、各研究領域での成果がそれぞれの分野でも有効であるが、特にモノ作りの観点から溶液中での化学反応処理可能な技術であり、また高くても120℃という温度のために、現在開発が進められているレーザーアニール技術、提案の酸化膜形成、洗浄技術を統合することによりプラスチック材料へもシリコン回路搭載可能な工業的な展開も展望している。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 宮 永 喜 一
副 査 教 授 小 柴 正 則
副 査 教 授 野 島 俊 雄
副 査 教 授 小 川 恭 孝

学 位 論 文 題 名

次世代システムディスプレイの要素技術に関する研究

次世代マルチメディア時代に対応するシステムディスプレイの研究開発において、ユビキタスな映像・画像環境下での必要とするディスプレイ技術のほかに、高信頼性・高速の通信技術及びストリーミングデータや大量のパケットデータなどさまざまなデータタイプを処理する符号化複合化などの信号技術、メモリ技術などを開発していく必要がある。本論文では、このような環境下でのシステムディスプレイを高機能・高信頼性で効率よく作るというモノ作り及び応用システム面からの立場から必要な要素技術を探査し、いくつかの重要な成果を得ている。

第2章では、開発した硝酸酸化法により 121℃での低温2酸化シリコン薄膜形成の基礎技術開発について記述されている。VLSI に使用されるバルクシリコン基板の直接酸化による酸化膜形成、SiC/SiO₂ 界面形成そしてポリシリコン基板の直接酸化により酸化薄膜形成の結果を提示、各種の評価解析を行い、開発している硝酸酸化法により低温酸化膜形成技術の有効性を示した。

第3章では、従来の洗浄技術のように材料表面をエッチングすることによって表面汚染物を除去するのではなく、洗浄液成分が表面金属汚染物と直接反応して安定な錯イオンを形成することによって除去するため、エッチングが生じない新規の半導体洗浄技術「欠陥消滅型非エッチング洗浄法」^{Defect Passivation Etch-less Cleaning} (DPEL 洗浄法) を提案している。

DPEL 洗浄法は、洗浄液成分の反応性が非常に高いため、従来の洗浄法のように 50～80℃に加熱する必要性がなく、洗浄液の濃度も 0.1% 以下と極低濃度で十分である。DPEL 洗浄技術を用いて重金属汚染を強制的に実施し、シリコン洗浄を行い、種々の金属汚染物が全反射蛍光 X 線分光法 (TXRF) の検出感度 (～3000000000 原子/平方 cm) 以下にまで除去されることを確認し、有効性を実証した。また、DPEL 洗浄液にアルカリを添加することによって pH 調整することで洗浄能力を高めることも確認した。DPEL 洗浄液中の成分が銅やニッケルなどの汚染金属と錯体を形成することによって表面からこれが除去されるため、シリコン材料表面への金属の再付着がないことを見出した。さらに、洗浄液成分はシリコンダングリングボンドなどの欠陥準位と選択的に反応して欠陥準位が消滅するという従来の洗浄法では発想すらされなかった効果を有している。また、半導体洗浄に使用した後の洗浄液の廃液は、オゾン水 + 紫外光照射によって分解され、無毒化できることを示した。また、洗浄液の蒸気圧は pH の増加に伴って減少して、pH10 以上では環境安全基準以下に低減できるという新たな知見を得ている。

第4章では、低温ポリシリコンプロセスで製作される低温ポリシリコン TFT の複雑な特性を理解するために、そのデバイス物理モデリングの開発を行っている。低温ポリシリコン TFT の複雑な特性を理解し、デバイス物理に基づくモデリングを開発するために、デバイス特性の実測にデータに含まれる現象を的確に評価する必要がある。モデリング開発のため、低温ポリシリコン TFT デバイスの種々デバイス特性を測定し評価した。

第5章では、低温ポリシリコン型の液晶システムディスプレイに関連する応用・実用化研究である。低温ポリシリコンの結晶化技術の進展と微細加工技術の今後の進展の様相より判断して、駆動回路を始めとしてディスプレイに必要な回路技術をガラス基板上に搭載することも容易に予想できる状況になっている。

本章では、システムディスプレイへの技術進展を低温ポリシリコンの微細加工技術の進展とともに、3世代に分けて示した。特に、第3世代と位置付けているロジック技術の基本であるCPUの搭載を実現し、低温ポリシリコン技術の潜在的な能力を示している。また、液晶ディスプレイの視認性を考慮した階調技術の新しいアルゴリズムを開発し、コンピュータシミュレーションでの有効性を示し、この低温ポリシリコンを用いて液晶と同じガラス基板上へ搭載したディスプレイシステムも提案している。最後に、システムディスプレイのコンテンツのセキュリティ面を考慮した新しい暗号化技術を提案し、デバイスに実現して評価している。

まとめと展望では、各研究領域での成果がそれぞれの分野でも有効であるが、特にモノ作りの観点から溶液中での化学反応処理可能な技術であり、また高くても120℃という温度のために、現在開発が進められているレーザーアニール技術、提案の酸化膜形成、洗浄技術を統合することによりプラスチック材料へもシリコン回路搭載可能な工業的な展開も展望している。

以上の点より、本論文の目的である、次世代のシステムディスプレイに関する研究において、十分な成果を挙げている。

これを要するに、筆者は、次世代のシステムディスプレイに関する新たな要素技術の提案とその設計・開発を行い、新しいプロセス・材料技術の開発とそれらを評価する新しい特性シミュレーション技術を実現し、その有効性を示した。これにより、次世代システムディスプレイに関する多くの有益な知見を得ており、電子情報工学の分野に貢献するところ大なるものがある。

よって筆者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。