

Title	Epitaxially Grown Aluminum Thin Films on Piezoelectric Single Crystal Substrates and Their Applications
Author(s)	中川原, 修
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/47338
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	なか が わら おさむ 中 川 原 修
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 20731 号
学位授与年月日	平成18年11月27日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物質創成専攻
学位論文名	Epitaxially Grown Aluminum Thin Films on Piezoelectric Single Crystal Substrates and Their Applications (圧電単結晶基板への Al 薄膜のエピタキシャル成長とその応用に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 田畑 仁 (副査) 教授 北岡 良雄 教授 宮坂 博 教授 伊藤 正 助教授 草部 浩一

論 文 内 容 の 要 旨

弾性表面波 (SAW) デバイスは携帯電話などの電子機器に広く用いられる電子部品で、近年は、電波の送受信を担うアンテナ分波器 (デュプレクサ) としての応用が検討されている。しかし、送信側 SAW フィルタの Al 電極に大電力が印加されると Al 原子が自己拡散し、ヒロック (凝集) やボイド (孔) が発生するため実用化の障害となってきた。

そこで SAW フィルタの耐電力性を向上させる目的で、Al 電極薄膜のエピタキシャル成長に関する研究に取り組んだ。Al の自己拡散は活性化エネルギーの低い結晶粒界での原子の移動が支配的であるため、Al 膜を粒界の極めて少ないエピタキシャル膜とすることで耐電力性の向上が期待できる。SAW デバイスで汎用的に用いられる圧電単結晶上で、基板との格子不整が 1% 以下である Ti 層が非常に優れたバッファー効果を示すことを見出し、Al 膜のエピタキシャル成長を実現した。また構造解析の結果、基板 (001) 面を核生成面とする特異な結晶成長であることを確認した。

次にエピタキシャル Al 膜を電極とする SAW デバイスを作製・評価したところ、従来の多結晶膜を電極とする SAW デバイスに比べて、耐電力性が破壊寿命換算で 10^5 倍以上と著しく改善された。これにより SAW デュプレクサとして世界初の商品化を実現した。また、エピタキシャル電極の材料バリエーションとして、Al と同様の面心立方構造を有する Au、Pt、Cu に展開し、エピタキシャル化に成功した。

さらに、新規圧電デバイスへの応用展開をにらんで、透明導電性 ZnO に研究を拡張させた。研究の過程で、 H_2O 共存下で膜中の酸素欠損が再酸化され、抵抗が劣化 (上昇) する問題に直面した。これに対して、意図的な過剰 Ga ドーピングが耐湿性の向上に非常に有効であることを見出した。過剰ドーピング ZnO 膜では通常の ZnO 膜に見られる柱状成長が抑制され、3 次元的な粒界ネットワークが H_2O 拡散の活性化エネルギーを増大させるため、耐湿性が向上したと考えられる。

論文審査の結果の要旨

大きな電気機械結合定数を有する圧電材料を用いた弾性表面波 (SAW) デバイスは、携帯電話などの電子機器に広く用いられる電子部品で、近年は、電波の送受信を担うアンテナ分波器としての応用が検討されている。しかし、送信側 SAW フィルタの Al 電極に大電力が印加されると Al 原子が自己拡散し、ヒロック (凝集) やポイド (孔) 等の機械的、結晶学的な構造欠陥が発生するため、実用化の障害となってきた。

そこで欠陥形成メカニズムを理解し、SAW フィルタの耐電力性を向上させる目的で、電極を構成する金属 Al 薄膜のエピタキシャル結晶成長に関する研究に取り組んだ。Al の自己拡散は活性化エネルギーの低い結晶粒界での原子の移動が支配的であるため、Al 薄膜に内包される欠陥としての粒界の極めて少ない結晶成長を実現することで耐電力性の向上が期待できる。SAW デバイスで汎用的に用いられる圧電単結晶 (LiNbO_3 、 LiTaO_3) 上で、基板との格子不整合が 1 % 以下である Ti 層が非常に優れた格子歪み緩和効果を示すことを見出した。また結晶構造解析の結果、基板 (001) 面を核生成面とする特異な結晶成長であることを明らかにした。

次にエピタキシャル Al 薄膜を電極とする SAW デバイスを作製・評価したところ、従来の多結晶薄膜を電極とする SAW デバイスに比べて、耐電力性が破壊寿命換算で 10^5 倍以上と著しく改善された。これにより SAW アンテナ分波器として世界初の商品化を実現した。また、エピタキシャル電極の材料バリエーションとして、Al と同様の面心立方構造を有する他の金属 Au、Pt、Cu にも展開し、エピタキシャル成長に成功した。

さらに、新規圧電デバイスへの応用展開の観点から、透明導電性材料 (ZnO) に研究を拡張させた。この研究における、 H_2O 共存下で薄膜中の酸素欠損が再酸化され、抵抗が劣化 (上昇) する問題に対して、意図的な過剰 Ga ドーピングが耐湿性の向上に非常に有効であることを見出した。過剰ドーピング ZnO 膜では通常の ZnO 膜に見られる柱状成長が抑制され、3 次元的な粒界ネットワークが H_2O 拡散の活性化エネルギーを増大させるため、化学結合の再配列が抑制され、耐湿性が向上したと考えられる。

博士 (工学) の学位論文として価値のあるものと認める。