

論文内容の要旨

博士論文題目 マイクロ波可変容量(Ba,Sr)TiO₃ 薄膜の作製とその電気伝導機構
に及ぼす界面効果に関する研究

氏 名 野坂 隆

(論文内容の要旨)

近年、高度情報化社会の発展に伴い、移動性の高いモバイル機器を用いた高速大容量性の無線通信技術の開発が進められている。このような情報通信機器を構成するマイクロ波集積回路には、小型化、低消費電力化、広帯域化が求められ、マイクロ波・ミリ波帯の高い周波数で機能することが必要とされる。その中で、(Ba,Sr)TiO₃ (BST)薄膜はマイクロ波帯でもその誘電率は低下せず、さらに非線形型誘電特性を示すことから、位相器、発振器、フィルタ等におけるデバイス特性を電圧制御することの出来るマイクロ波チューナブル素子への応用が期待されている。

本論文では、BST 薄膜を用いたチューナブルデバイスの実用化を促進するため、安価で高周波特性に優れたアルミナセラミックス基板上に高品質な BST 薄膜を形成することを目的としている。

第 1 章では、マイクロ波素子に求められる広帯域特性およびチューナブル特性を兼ね揃えた BST 薄膜キャパシタの重要性について概説している。

第 2 章では、BST 薄膜形成用のアルミナセラミックス基板の選定、CSD (Chemical Solution Deposition) 法による BST 薄膜キャパシタの作製方法、並びに BST 薄膜キャパシタの結晶構造および電気的特性の評価方法について示した。

第 3 章では、CSD 法を用いてグレーズドアルミナ基板上に各種熱処理条件で作製した Pt/BST/Pt 薄膜キャパシタの結晶構造と電気的特性の関係について検討した。その結果、800°Cで作製した BST 薄膜の誘電率とチューナビリティは 403 および 59.7%と実用的な値を示したが、 $\tan\delta$ は約 0.05 であり損失が大きいこと、および、J-E 特性の非対称性から界面構造の欠陥が存在することを明らかにした。

第 4 章では、最適な組成比と熱処理温度を見出すことで、BST 薄膜における誘電特性の温度依存性改善を行ない、Ba/Sr=80/20 組成の BST 薄膜を 600°Cで熱処理することによって、良好なチューナビリティと $\tan\delta$ および、小さい温度依存性を実現できることを見出した。

第 5 章では、BST 薄膜キャパシタ構造の界面の電気伝導特性と TEM-EDS 法に

よる解析を行い、本 BST 薄膜キャパシタの電気的特性は、上部電極/BST 界面で制限され、BST 薄膜の表面粗さが原因となって絶縁性と $\tan\delta$ が低下していることを明らかにした。また、上部電極形成後に適切なポストアニールを施すことによって、上部電極/BST 界面の Schottky 障壁高さが高くなり、 $\tan\delta$ の改善にも効果があることを見出した。

第 6 章「結論」では、本研究で得られた成果を総括し、今後の課題と展望を示した。

以上のように、本論文では、アルミナセラミック基板という安価な基板上に電気的特性に優れるチューナブルキャパシタを実現しており、現在マイクロ波デバイス用チューナブルデバイスの実用化が進められている中、その高性能化の指針を示すものであり、大変有意義な知見であると言える。

(論文審査結果の要旨)

近年、高度情報化社会の発展に伴い、移動性の高いモバイル機器を用いた高速大容量性の無線通信技術の開発が進められている。このような情報通信機器を構成するマイクロ波集積回路には、小型化、低消費電力化、広帯域化が求められ、マイクロ波・ミリ波帯の高い周波数で機能することが必要とされる。その中で、(Ba,Sr)TiO₃ (BST)薄膜はマイクロ波帯でもその誘電率は低下せず、さらに非線形型誘電特性を示すことから、位相器、発振器、フィルタ等におけるデバイス特性を電圧制御することの出来るマイクロ波チューナブル素子への応用が期待されている。

本論文では、BST 薄膜を用いたチューナブルデバイスの実用化を促進するため、安価で高周波特性に優れたアルミナセラミックス基板上に高品質な BST 薄膜を形成することを目的としている。

まず、本論文では、マイクロ波素子に求められる広帯域特性およびチューナブル特性を兼ね揃えた BST 薄膜キャパシタの重要性について概説したあと、BST 薄膜形成用のアルミナセラミックス基板の選定、CSD (Chemical Solution Deposition) 法による BST 薄膜キャパシタの作製方法、並びに BST 薄膜キャパシタの結晶構造および電気的特性の評価方法について述べている。

次に、CSD 法を用いてグレーズドアルミナ基板上に各種熱処理条件で作製した Pt/BST/Pt 薄膜キャパシタの結晶構造と電気的特性の関係について検討し、800°C で作製した BST 薄膜において実用的な誘電率とチューナビリティが得られるが、界面構造の欠陥に起因する大きな $\tan\delta$ のためさらなる改善が必要なことを述べている。

次に、BST の組成比と熱処理温度の最適化を行い、Ba/Sr=80/20 組成の BST 薄膜を 600°C で熱処理することによって、良好なチューナビリティと $\tan\delta$ および、小さい温度依存性を実現できることを見出している。

次に、BST 薄膜キャパシタ構造の界面の電気伝導特性と TEM-EDS 法による解析を行い、本 BST 薄膜キャパシタの電気的特性が上部電極/BST 界面で制限されており、BST 薄膜の表面粗さが原因となって絶縁性と $\tan\delta$ が低下していることを明らかにしている。また、上部電極形成後に適切なポストアニールを施すことによって、上部電極/BST 界面の Schottky 障壁高さが高くなり、 $\tan\delta$ の改善にも効果があることを見出している。

以上のように、本論文では、アルミナセラミックス基板という安価な基板上に電気的特性に優れるチューナブルキャパシタを実現しており、現在マイクロ波デバイス用チューナブルデバイスの実用化が進められている中、その高性能化の指針を示すものであり、多く

の有意義な知見を得ている。よって審査委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。