

氏 名	ふじしま さとる 藤 島 啓
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論工博第2341号
学位授与の日付	平成2年3月23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	圧電セラミックスを用いた周波数制御用共振子に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 川端 昭 教授 木村 磐根 教授 小倉 久直

論 文 内 容 の 要 旨

各種通信に用いられる搬送波の周波数発振器には高安定度が要求され、主として水晶発振子が使用されてきた。最近、電卓やパソコンなど民生用デジタル機器のマイクロプロセッサ用クロック発振器には、周波数安定度よりも早い立ち上り時間、小型化と低価格化が要求され、圧電セラミック共振子が広く実用されるようになった。本論文は圧電セラミックスを用いた周波数制御用共振子の開発と実用化に関する研究をまとめたもので、6章からなっている。

第1章は序論で、この研究の背景、目的と位置付けについて述べている。

第2章では、圧電セラミック振動子の等価回路定数の測定法について検討している。即ち、圧電セラミックスを用いた周波数制御素子を電子回路に利用する場合に必要な基本式を整理し、等価回路の考え方を明らかにした上で、Q値が100以上の場合には従来法でよいが、100以下の場合には共振子の位相が0となる周波数測定の必要性を指摘している。また、測定のパラツキの原因が僅かな温度変化に基づく強誘電性特有の温度依存性によるとし、恒温槽(±0.01℃)を用いて、 10^{-3} ~ 10^{-4} の測定精度が得られることを明らかにしている。

第3章では、PZT系とZnO薄膜を用いた共振子の製造法とその特性について述べている。まず、正方形板の拡がり振動共振子には、グリーンシート法による量産法を開発した。エネルギー閉じ込め型振動共振子には、PZTの組成比を変え、研磨加工の工程を加えて量産可能なことを示した。また、恒弾性材料のエリンバー金属音叉の片面に圧電ZnO薄膜をスパッタした腕時計用(32kHz)共振子を開発した。つぎに、エリンバー金属板に精密化学エッチング技術によりフレーム付超小型振動子を作り、圧電ZnO薄膜をスパッタした共振子(3.85MHz)をTVやVTRのクロマ回路に用いられる電圧制御型発振器に適用し、水晶共振子に比べて特性の向上と回路の簡素化を実現した。

第4章では、圧電セラミック共振子を用いた発振回路について述べている。まず、ピアス回路について安定発振領域を求め、Q値の低いために負荷容量により発振周波数が変化することを指摘した。さらに、発振周波数の温度依存性が負荷容量の温度依存性に影響される点を利用し、共振子の一部を負荷容量とす

るモノリシック型を考案し、温度依存性を改善し、小型化と量産性を向上させた。つぎに、Q 値の低い共振子は立ち上り時間が早くなることを理論的にも実験的にも実証した。また、セラミックスも IC も量産によるバラツキは避けられないことを示し、発振周波数の微調整方法を検討し、レーザトリミング法や付加質量として塗料を塗布する方法を開発し、自動生産化と量産化を確立した。

第5章では、共振子のパッケージと信頼性について述べている。拡がり振動型共振子には板バネ接触式のプラスチックケース法を考案し、Q 値は低下(10%以内)するが実用には差し支えないことを示した。エネルギー閉じ込め型共振子には樹脂ディップ方式を開発した。振動する電極部分に特殊ワックスを塗布し、全体を樹脂ディップした後の乾燥焼付け時にワックスが樹脂に吸収されて空洞が形成され、振動を抑制しない特異なパッケージ方式を考案して量産性を高めた。エリンバー金属板を用いた共振子は、電極形成に特殊な工夫をし、プラスチック容器を樹脂溶着するパッケージ法を採用し、高いQ 値(約30,000)と小さい温度係数(約1 ppm/°C)を達成した。

つぎに、圧電セラミック共振子について、過去10年間に生産した約30億個の部品の信頼性については故障率に着目し、高温試験と耐湿試験など環境ストレスによる加速係数を推定し、その値が故障返品された部品数とほぼ一致することを示し、半導体 IC の信頼性に劣らないとしている。

第6章は結論で、本論文の成果について総括している。

論文審査の結果の要旨

周波数安定度の高い発振器には水晶共振子が使用され、各種通信を支えている。一方、パソコンなど民生用デジタル機器のクロック発振器などには、周波数安定度よりは早い立ち上り時間、小型化と低価格化が要望される。本論文は圧電セラミックスを用いた周波数制御用共振子の開発と実用化を検討したもので、得られた成果の主なものは次のとおりである。

1. 圧電セラミック共振子の設計に必要な等価回路定数の測定法について検討を加え、水晶に比べて損失の大きい圧電セラミックスには、共振インピーダンスの位相が0となる周波数測定の実用性を指摘し、また、測定のパラツキの原因には僅かな温度変化にも強誘電性に基づく特有の温度依存性によるとし、恒温槽(±0.01°C)を用いて 10^{-3} ~ 10^{-4} の測定精度が得られることを示した。

2. 水晶に比べて損失の大きい圧電セラミック共振子を用いた発振回路の解析により、安定発振領域が負荷容量に影響されることを示し、実験的にも検証した。この結果を参考に、電極構造を工夫し、圧電セラミックスの一部を負荷容量とするモノリシック構造を提案し、周波数安定度の向上と小型化を実現した。また、損失の大きいことを利用すると、極めて早い立ち上り時間の発振器が可能であることを指摘し、実験的にも明らかにした。

3. セラミックスも半導体 IC も量産による特性のパラツキは避けられないものとし、発振周波数の微調整法を検討している。有限要素法による振動姿態を参考に、レーザトリミング法や付加質量として塗料を塗布する自動生産方式を開発し、量産化を達成した。

4. 拡がり振動共振子には板バネ接触式のプラスチックケース法を考案し、増加する多少の損失は実用に差し支えないことを示した。また、エネルギー閉じ込め共振子には、電極部分に特殊ワックスが樹脂に

吸収されて空洞が形成され、振動を抑制しないパッケージ方式を考案し、小型化と量産性を著しく高めた。

5. 恒弾性材料のエリンバー合金を用い、音叉形状の片面に圧電 ZnO 薄膜をスパッタした共振子 (32 kHz) は腕時計用に、また、薄板の精密化学エッチングによりフレーム付き超小型振動板を作り、圧電 ZnO 薄膜をスパッタした共振子 (3.85 MHz) は TV や VTR のクローム回路の電圧制御用発振器に実用化した。とくに後者は、水晶に比べても特性の向上と回路の簡素化を実現している。

6. 部品の信頼性については故障率に着目し、高温または耐湿試験など環境ストレスによる加速係数を推定し、市場不良率の集計結果と比較し、一般の半導体 IC に劣らない信頼性があるとしている。

以上要するに本論文は、圧電セラミックスや圧電薄膜の特長を巧みに活用し、発振回路の簡素化、部品の小型化と量産化を実現して実用化し、超音波エレクトロニクスの分野の発展に貢献したもので、学術上、實際上寄与するところが少ない。よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成元年12月19日論文とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。