

氏 名	石 崎 俊 雄
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論工博第3378号
学位授与の日付	平成10年9月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	携帯電話用高周波デバイスの小形化と高性能化に関する研究

(主査)

論文調査委員 教授 吉田 進 教授 田丸啓吉 教授 奥村浩士

論 文 内 容 の 要 旨

近年、携帯電話の小形化、アナログ方式（第1世代）からデジタル方式（第2世代）への移行、一般大衆への急速な普及が進み、「いつでも、どこでも、誰とでも」通信できるという、移動体通信の究極の目標が現実のものとなりつつある。本論文は、携帯電話の進展を支えた小形化、高性能化のための技術を、それに使用される高周波デバイスの研究開発の面から論じたものであり、緒言と結論を含め以下の7章から構成されている。

第1章は緒言であり、本研究の背景と目的、意義について述べている。すなわち、携帯電話機のこれまでの進展動向とともに、研究対象とする無線部の基本構成を示し、そこで使用される高周波デバイスの発展の経緯ならびに具体的な研究目標を明らかにしている。また、本論文の構成を示すとともに各章の内容概要についてまとめている。

第2章では、電力増幅器というひとつの高周波回路モジュールに着目して解析を行っている。すなわち、電力利用効率の優れたAB級電力増幅器を用いた場合、その非線形歪みにより相互変調が生じ、隣接チャンネル干渉が発生する。この歪みと増幅器の位相特性の関係を、独自の等価回路モデルを用いて解析を行い負荷インピーダンス依存性を明らかにした。これに基づき、歪みの少ない領域でAB級電力増幅器を動作させることが可能となった。

第3章では、圧電ラダーフィルタというIF（中間周波）フィルタについて、部品高さ2mm以下の超薄型フィルタ開発の課題とその解決のための手段を、主に実験的手法により検討した。共振器を従来の角板拡がり振動モード型から新たに考案した長さ振動モード型構造に改善するとともに、容量比最適設計による振動エネルギーの最大化、平面配置構造における振動リークの影響の低減、分極プロセスの工夫による耐熱性の改善効果等を解析し明らかにした。

第4章では、誘電体フィルタの積層構造化についての研究を行っている。従来の同軸フィルタを積層プレーナ構造にすることにより、20分の1の大幅な小形化が実現できた。しかし、単純な小形化はフィルタ性能の劣化を招くので、回路方式の工夫が必要である。すなわち、フィルタの小形化により共振器どうしの結合が強くなりすぎ、狭帯域な高選択度特性が実現できないという課題を生じる。そこで新積層構造を考案し、ストリップライン共振器間の電磁界結合とコンデンサによる電界結合を組み合わせ、結合回路を並列共振型とすることにより高選択特性を持つ楕円関数型有極フィルタを実現した。集中定数素子を用いた等価回路表現とそれに基づく動作原理の理論解析を行い、厳密設計法の導出を行なった。

第5章では、第4章の検討結果を踏まえて、共振器にSIR（Stepped Impedance Resonator）型を採用し、並行線路の高インピーダンス部と低インピーダンス部の結合度をそれぞれ独立に調整することにより、所望の周波数に減衰極を形成できる新しいフィルタ設計理論を明らかにした。この構成によれば、第4章の構成による結合の組み合わせに依らずとも、減衰極を形成することが可能である。さらに、第4章の共振器間の電磁界結合に電界結合を組み合わせるといった概念を導入することにより、現実的な構成寸法においても、フィルタ特性の通過帯域のごく近傍にも減衰極を形成できることを解析により明らかにした。

第6章では、実際に積層フィルタを製作する上で問題となってくる寄生インピーダンスの解析を行った。具体的には、ス

トリップライン共振器の接地形状による共振特性への影響を、FD-TD法を用いた電磁界シミュレーション結果と実測結果を比較することにより論じた。それにより、将来的にはFD-TD法による電磁界シミュレーションが積層フィルタの特性解析の有力なツールとなり得ることを明らかにした。

最後に第7章では、本研究で得られた結果を要約すると共に、本研究の結果から推測される携帯電話の将来の姿、ならびに今後の研究課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、近年の携帯電話の発展において、それに使用される高周波デバイスの技術的進歩がどのように寄与し、小形化、高性能化がなされてきたかを、回路モジュール、IF（中間周波）圧電フィルタ、誘電体積層フィルタの研究開発に基づいて論じたものであり、得られた成果の主なものは以下の通りである。

1. デジタル変調波用AB級電力増幅器モジュールの位相歪みの抑圧を狙いとして、位相伝達特性の負荷インピーダンス依存性の解明を試みた。すなわち、負のコンダクタンスを導入した電流源を含まない新しい等価回路を提案し、これを用いた理論および実験的解析の結果、その原因を特定することに成功した。
2. IF圧電フィルタの超薄型化を達成するために、圧電振動子の従来の振動モードと異なる長さ振動モードの利用が有効であることを見出し、最適な構造設計や実験的検討により高さ2 mm以下の圧電ラダーフィルタの開発に成功した。
3. 誘電体フィルタの積層構造化とプレーナフィルタと呼ぶ回路方式を提案し、高周波フィルタの小形化と低損失・高選択度特性の実現に有効であることを示した。また試作により、所望周波数に減衰極が形成できることを実証した。
4. ステップ型インピーダンスコムラインフィルタと名付けた新しい積層セラミックフィルタ構造を考案した。その動作原理と特性の振る舞いを結合線路の偶奇モードインピーダンスに基づき説明するとともに、試作により確認した。
5. ストリップライン共振器の接地形状による共振特性の解析をFD-TD法による数値シミュレーションと実験により行い、フィルタ解析への有効性を確認した。

以上、要するに本論文は携帯電話の小形、高性能化を目的として高周波デバイスの小形化と高性能化について幅広く検討を行なったものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成10年8月4日、論文内容とそれに関連する事項について試問を行った結果、合格と認めた。