

APMC 2017 に参加して

北條 皓也
Hiroya HOJO

電子情報学専攻修士課程 2017 年度修了

1. はじめに

2017 年 11 月 13 日から 16 日に、マレーシアのクアラルンプールで開催された Asia Pacific Microwave Conference 2017 (APMC 2017) において、「Study on Quasi-Millimeter-wave WiCoPT System and Development of Circuits for the System」という題目で発表を行った。

2. 研究内容

2.1 研究背景

最近、電波を用いて電力と情報を同時に伝送する Wireless Communication and Power Transmission (WiCoPT) システムの研究開発が盛んである。このシステムでは、電力を効率よく伝送するため、アクティブ集積アンテナを採用する。これは、2020 年に向けて標準化が進められている第 5 世代移動通信システム (5G) で用いられる Massive MIMO と同じ技術である。今回、バッテリーレスセンサーネットワーク用に回線設計を行い、このシステムの送信機に使用するアンプと Band Pass Filter (BPF) 及び Single Ended Mixer (SEM) と Single Pole Double Throw (SPDT) Switch を開発したので報告する。

2.2 WiCoPT システムの概要

本システムは基地局から電力と情報を送信し、センサーでは受け取った電力を用いて情報を送り返す。基地局は信号源基板、分配器基板、送信回路・受信回路を含む無線モジュール、アンテナ基板で構成される (図 1)。今回、電力伝送実験のデモシステムを想定して回線設計を行った。

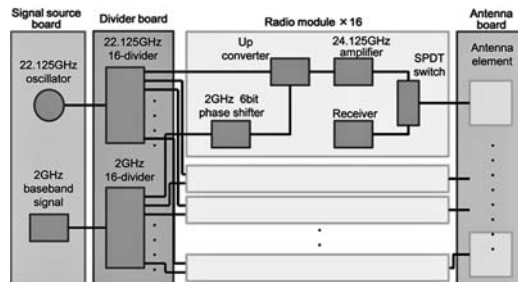


図 1 送信機のブロック図

2.3 2 段増幅器の開発

ミリ波帯での回路は通常 MMIC で製造され、寄生容量による性能劣化を防ぐが、これは非常にコストが高いため商用向けに開発する私たちのシステムには向いていない。そこで、MMIC の代わりにプラスチックパッケージの FET を採用し、低コスト化を目指す。使用するプラスチックパッケージの FET とセラミックパッケージのものとの特性比較を行ったところ、アイソレーション特性を示す S12 は動作周波数にて 0.2 と、セラミックパッケージと比べて 2 倍の値となった。この差は、プラスチックパッケージの寄生容量によるものと考えられる。したがって、24 GHz 帯のプラスチックパッケージの FET を用いた回路において、寄生容量を考慮して設計する必要がある。3 次元電磁界解析ソフトの HFSS を使用して、プラスチックパッケージやプリント基板とチップ素子を接続する半田の影響を確認した。マイクロストリップ線路の開放端に接続する半田から電流が流れてプラスチックパッケージを通

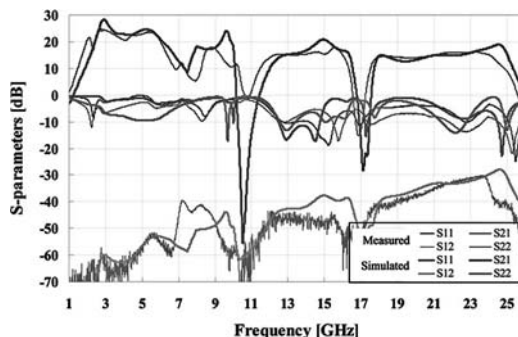


図 2 周波数特性の比較

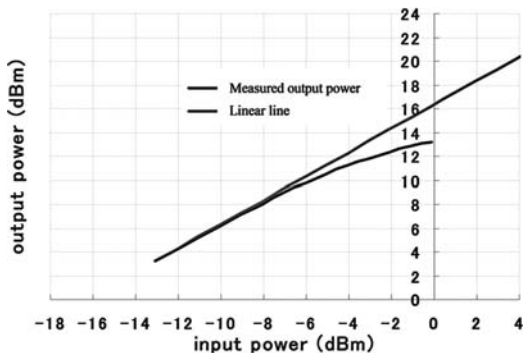


図3 入出力特性

過する分を求めると、寄生容量が0.025 pF となった。これらを考慮して2段増幅器を設計し評価を行い解析結果と比較した(図2)。26 GHz までの周波数範囲において優れた一致を示した。また、入出力測定を行い13 dBm の出力電力が得られた(図3)。

2.4 BPF 及び SEM の特性改善

ローカルオシレータ (LO) 信号と IF 信号を混合すると FET の非線形性によって様々な周波数成分が発生するため、高選択特性を有する BPF によってイメージ信号を除去する必要がある。帯域幅や挿入損失などの仕様から、半波長結合共振器を用いた4段チェビシェフフィルタを採用した。共振器の2, 3段目の半波長結合共振器の両端に負荷容量と結合コンデンサを装荷することで電磁界結合により通過特性の両側に減衰極が生成されることを確認した。

ミキサで発生する不要な周波数成分は、ミキサの入力及び出力端子に配置されたフィルタによって反射される。これらの成分は FET に戻され、再び混合されることで変換損失を低減できる。変換効率は反射位相の影響を受けるため、BPF と FET との間の電気長に対する各出力電力レベルの依存性を調べた。SEM の実測を行い、4 dBm の IF 入力電力で -7.9 dBm の RF 出力が得られた(図4)。

2.5 SPDT スイッチの開発

従来のシャント型 SPDT スイッチでは、ミリ波帯において FET のパッケージサイズに起因する位

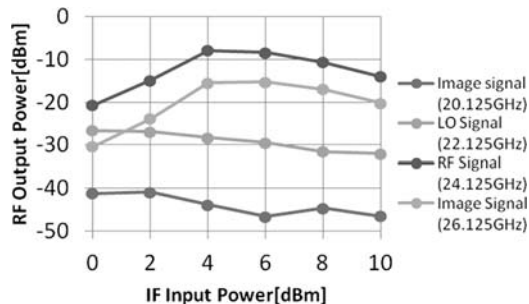


図4 実機による IF-RF 特性

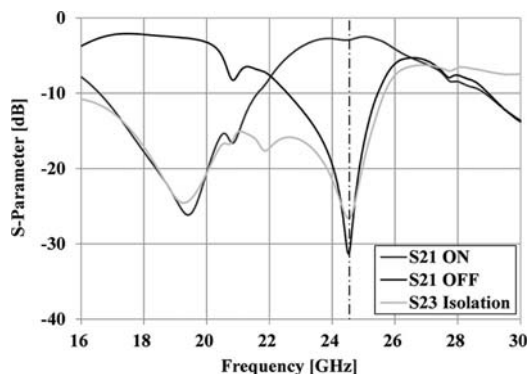


図5 実機による周波数特性

相回転により性能が劣化するため、電気的長さを考慮して1/4 波長伝送線路を装荷した。FET のオン抵抗は挿入損失に影響せず、オフ容量の影響は1/4 波長伝送線路に含めることができるため挿入損失が改善される。SPDT スイッチを試作し評価した所、所望の周波数において挿入損失 2.9 dB, 減衰 30.5 dB, アイソレーション 26.5 dB が得られた(図5)。したがって、SPDT スイッチの新規回路トポロジーの有効性を示した。

3. おわりに

国際学会を通して、英語によるコミュニケーションの重要性を再認識した。また、沢山の質問を頂き大変勉強になりました。

最後に今回の発表にあたって、ご指導を頂いた石崎俊雄教授、ならびに研究室の皆様には厚く御礼申し上げます。