

マイクロ波デバイスの設計と学生実験への応用

岩田 一樹

熊本大学工学部技術部 電気情報技術系

1. はじめに

携帯電話の発達や、コンピュータの高速化が望まれる現在、産業界においてGHz オーダーの電気信号を用いるマイクロ波回路（高周波回路）は重要な技術であり、コンピュータの高速化、無線化が進むと共に、多くの半導体メーカ、材料メーカ、携帯電話、コンピュータ関連メーカには、その技術導入に必死のところも多い。マイクロ波回路では、信号の周波数が高くなると、回路長に比べて波長が短くなる為、電気信号が波の性質を持つことになり、本研究においては、この性質を利用して、フィルタやアンテナ等の電波を用いた通信などに必要な受動デバイスの設計を行い、ものづくり教育としての一連のプロセスの構築を行った。

2. 実験概要

マイクロ波デバイスは、コンピュータ上でマイクロ波回路の設計を行い、それを実際にプリント基板上に作成して測定を行うことにより、マイクロ波ミリ波工学やマルチメディア光学の授業で得られた知識を実験で実際に試すことができる。さらに、シミュレーションを通して、目に見えない電波の世界をビジュアルに確認すると共に、波動の物理現象を応用しつつ設計し、モノを作成して測定し、動作を確認するという一連の設計プロセスが体験できる。

3. 実験方法

(1) マイクロ波回路の設計（シミュレーション）技術の習得

PC上で電磁界解析ソフト Sonnet lite（フリーのマイクロ波シミュレータ）を使用してプリント基板上でのマイクロストリップ線路の設計を行う。対称はフィルタ、アンテナ、カップラ、コンデンサ、インダクタ等いろいろなデバイスを検討する。いずれも通信機器のみならず、ICやLSIの設計で性能を決定づける受動素子の技術である。設計後、周波数特性、電流分布などを表示させ動作原理を検討する。下図は、スタブによる帯域遮断フィルタの遮断周波数時の電流分布と周波数特性シミュレーションである。

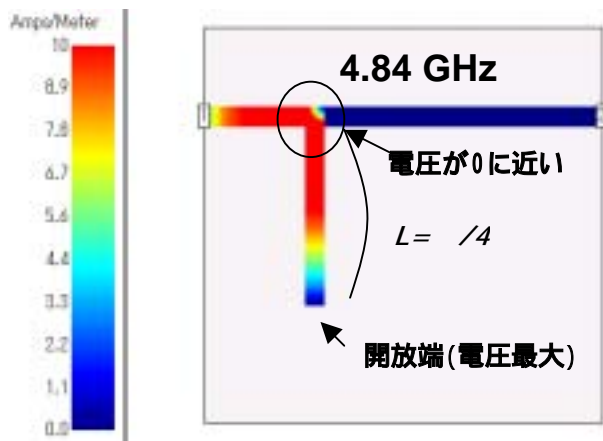


図1 遮断周波数における電流分布

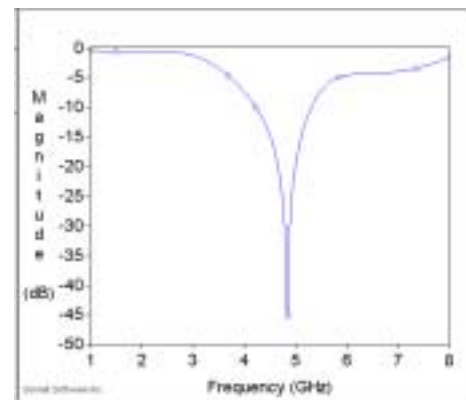


図2 周波数特性

(2) ものづくり技術の習得 (プリント基板の作成)

基板上に作成する平面型の伝送線路であるマイクロストリップ線路技術を基礎とするアンテナ、フィルタ、共振器の作成をする。使用する基盤は、片面銅張のガラスエポキシ基板を使用する。誘電率は、 $\epsilon_r = 4.2$ 、誘電体損失は、 $\tan \delta = 0.02$ 、厚みは、 1.6 mm である。金属線路の作成は、銅箔テープを使用し、銅箔テープはカッターでカットして、回路パターンを基板上に作成する。

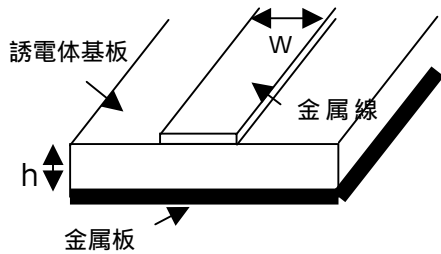


図3 基板上への回路パターン作成



図4 作成したフィルタとパッチアンテナ

(3) 実験と測定

実験は、発信器、アイソレータ、方向性結合器、検波器、デジタルマルチメータを使用する。発信器の使用可能な周波数は、 3.7 GHz から 8 GHz である。アイソレータは、マイクロ波信号を一方のみ進行させるデバイスで、逆方向への信号は通さず熱として消費する。これは、反射波から発信器を保護する目的で使用される。方向性結合器の向きを入れ替えることにより、進行 (S_{21}) 波と、反射 (S_{11}) 波を測定し、同一周波数における、進行波と反射波の比で反射特性を測定する。図5は、 5.2 GHz で設計したパッチアンテナの実験の様子である。図6の測定値から 5 GHz 付近で反射波の強さが最小になっており、この付近で電波がアンテナから放射されていることが分かる。

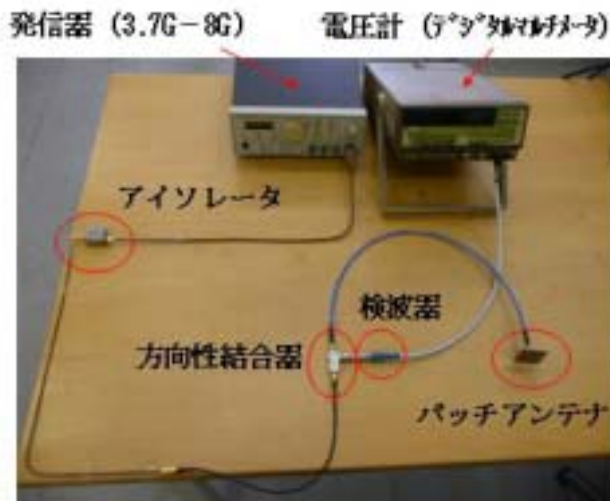


図5 実験装置

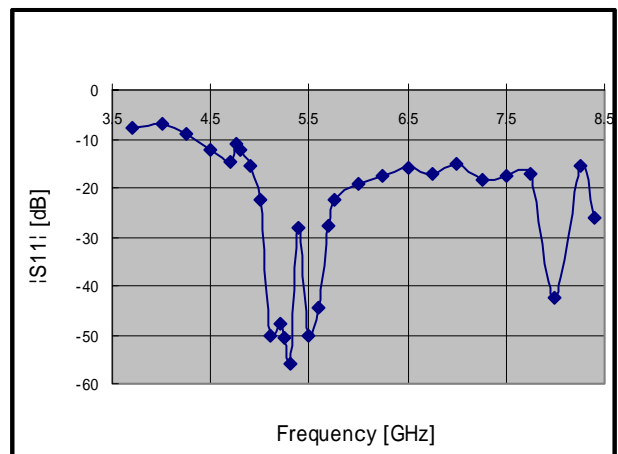


図6 実験結果

4. おわりに

マイクロ波の現象を応用したデバイス設計から一連のプロセスを体験することにより、ものづくりのプロセスにおける、その困難を克服した後の達成感が期待できる。ものづくり教育として学生実験に応用していくことにより、学部教育に求められている設計教育が実践できる。