

電子・情報工学専攻		紹介教官氏名	石田誠 教授
申請者氏名	馬場 清一		

## 論文要旨(博士)

論文題目	積層化モノリシックマイクロ波集積回路の小型化・高機能化に関する研究
------	-----------------------------------

(要旨 1,200字程度)

将来の移動体通信用無線機器をカードないしは腕時計ほどに超小型化することは、この分野の研究者の夢の一つである。また、利用者数の拡大とサービスの高度化に対応するために、回線の多チャンネル化と伝送容量増大を図っていく必要があり、周波数帯もサービス内容に応じてマイクロ波からミリ波帯まで利用されることになろう。こうした無線機器の課題として、マイクロ波～ミリ波帯の利用を前提とした高周波回路の小型化・高機能化技術が挙げられる。本論文は、これらを実現するための基盤技術の一つとして、ポリイミド薄膜を用いたモノリシックマイクロ波集積回路(Monolithic Microwave Integrated Circuit: MMIC)の多層化技術について述べたものである。

第1章では、情報通信システム及び、これを支えるマイクロ波回路技術の歴史と将来について述べ、モノリシックマイクロ波集積回路の小型化・高機能化の必要性を示した。そして、本研究の目的と内容を概説する。

第2章では、多層化MMICのプロセス技術について述べる。まず、多層化MMICの基本となる薄膜伝送線路について概説する。次に、ポリイミド樹脂の膜形成及び加工について検討を加え、本樹脂が多層化MMICの層間絶縁膜として優れていることを示す。これを基にポリイミド膜 $2.5\mu\text{m}\times 4$ 層の積層化プロセスを開発し、伝送線路の積層・交差等の3次元構造を実現したことを述べる。

第3章では、薄膜伝送線路とその設計技術について述べる。有限要素法による伝送線路解析を用いて薄膜伝送線路の基本特性を明らかにし、マイクロ波回路への適用を議論する。次に、汎用のマイクロ波回路シミュレータを用いて、種々の薄膜伝送線路を利用する多層化MMICの高精度な設計方法を述べる。

第4章では、多層化MMICの具体例として、代表的なマイクロ波回路であるハイブリッドリング及びマイクロ波増幅器の超小型化について述べる。ハイブリッドリングの開発では、MMIC上で伝送線路の積層構造を世界に先駆けて具体化し、その有効性を明らかにした。次に、低雑音増幅器及び広帯域増幅器の設計・試作について述べ、従来の $1/4\sim 1/5$ 程度の回路面積で実現できることを示す。また、第3章で開発した設計手法により、精度のよい設計が実現できることも併せて示す。

第5章では、多層化MMICによるマイクロ波回路の高機能化について述べる。まず、多層構造の特徴を利用したモノリシック化方向性結合器を提案する。そして、マイクロ波～ミリ波帯において方向性結合器を設計・試作し、優れた電気特性が得られることを示す。次に、提案した方向性結合器を用いて、可変減衰器、平衡変調器、無限移相器のモノリシック化が実現できることを示す。特に、ミリ波帯無限移相器のモノリシック化は世界に先駆けて成功したものである。これらのMMICは振幅/位相制御機能を有し、マイクロ波～ミリ波帯信号処理に新たな分野を開拓するものである。これにより多層化MMICは単なる小型化技術に留まらず、高機能化技術へ脱皮することができた。

第6章では、全体の総括を行うと共に、本研究がマイクロ波回路技術に果たした役割と、基盤技術として広く浸透したことを述べる。