

論文審査の結果の要旨

専攻名 システム創成工学専攻

氏名 平山 直樹

本論文は「次世代高速大容量通信の低消費電力化のための高周波基板材料測定に関する研究」と題し、マイクロ波からミリ波周波数帯に適用可能な高周波回路構成用材料の評価技術を発展させるべき行った、理論的実験的検討結果をまとめたものである。5G、6Gなど次世代通信システムにおいては、マイクロ波からミリ波に至る広範囲な周波数帯を、適宜目的等に応じて柔軟に運用する。従って、RF伝送線路やアンテナ給電回路及びフィルタ回路など通信用回路の一部には、これらの非常に広範囲な周波数全域で、低損失かつ低分散な伝送特性などが求められる。これらの回路を構成する際に使用される高周波回路基板の開発技術は、我が国が今なお世界をリードしており、海外企業が製造するスマートフォンなども、内部は国内企業の製品・材料が多く使用されていることが知られている。次世代通信方式の順次導入が進む将来においても、国内の基板材料製造企業がもつ有意性を維持すべく、さらに高精度な材料評価技術が不可欠であり、本研究への期待も大である。

既存の材料評価技術の課題として、1) 高周波回路基板の低背化が進むにつれて利用されるようになる、厚み数百ミクロン以下の基板基材の厚み方向の複素誘電率を、ミリ波周波数帯において高精度に測定する技術が存在しないこと、2) 回路基板の銅箔表面および基材との界面の実効導電率を、ミリ波帯において正確に評価する技術が無いこと、があげられる。

そこで、本研究では課題1)の解決の為に、従来の平衡型円板共振器法を改良し、共振電磁界から被測定物を適度に離し、共振器としてのQ値をある程度まで向上させ、結果として複素誘電率測定の再現性を大幅に向上させることを狙った。このために新たな測定用共振器の構成を考案し、その共振特性から複素誘電率を精度良く算出する為の複雑な電磁界解析を実施している。実際に測定治具を試作し、評価実験により提案手法の有効性ならびに妥当性を検証した。

また、課題2)に関しては、新たにTE₀₂δモード誘電体円柱共振器を利用する手法を考案し、それと電磁界の親和性の高いNRDガイド（非放射誘電体線路）による励振・検波方式を採用することにより、正確な共振特性の測定が可能になることを見だし、100GHz超のミリ波周波数帯において、回路基板の実効導電率を精度良く評価することに成功した。

さらに、これらの評価技術を用いて、既存の回路基板材料でマイクロ波ミリ波伝送線路を構成した際の、損失の内訳を算定したところ、回路基板の界面導電率の影響が予想以上に大きいことが判明した。一般的に、周波数が高くなるにつれ、誘電損失の影響の増加が懸念されていたが、氏の検討結果に依れば、むしろミリ波帯における回路低損失性能の確保には、基材と接する面の銅箔の実効導電率を向上させることが肝要であることが明確になった。この成果は、本論文の材料評価技術の測定精度向上の結果得られたものであり、本論文で得られた回路基板材料の高周波

特性評価に関する知見が、今後の高周波回路設計の基盤技術として、有用となる事を示唆している。

本論文については、8月19日にオンライン形式で公聴会が行われ、審査委員及び関連の技術者参加の下、得られた研究成果の詳細が紹介された。続いて、8月23日に審査委員全員による口述試問ならびに審査委員会が開催された。その結果、本論文は工学的に価値があり、研究内容の学術的水準の高さと独創性において優れていると判断した。

よって本論文は、博士（工学）の学位論文に値するものと認める。