

広帯域光電界センサを用いた マイクロ波帯域の誘電率測定に関する検討

電子技術部 電子システムチーム 菅 間 秀 晃
土 屋 明 久
電子技術部 日 高 直 美
(株) ノイズ研究所 石 田 武 志
青山学院大学 理工学部 大 林 亮 佑
橋 本 修

マイクロ波帯域(1.8GHz~6GHz)で高感度かつ広帯域な特性をもつLPDA(Log-Periodic Dipole Antenna Array)型光電界センサの応用として、マイクロ波ネットワークアナライザを用いて光電界センサによる複素誘電率測定の有効性を検討した。そして、自由空間透過法により、板状のテフロン(PTFE)とベークライトの複素誘電率を測定できることがわかった。

キーワード：LPDA, 光電界センサ, マイクロ波, 高感度, 広帯域, 誘電率, 自由空間, ネットワークアナライザ

1 はじめに

3G 携帯電話(2GHz), 無線 LAN(2.4GHz, 5GHz), ETC(5.8GHz)などマイクロ波を利用した無線通信システムが急速に普及した。また、デジタル機器は高速伝送を行うため、HDMI(2.5Gbps), S-ATA(3Gbps), PCI-Express(2.5Gbps)などの差動伝送が普及している。しかし、機器内部は高密度実装により、無線回路と高速デジタル回路が混在し、自家中毒と呼ばれる電磁干渉が問題となっている。そのために電子機器の開発において回路シミュレーションや電磁界シミュレーションを用いたシグナル・インテグリティ(SI)設計, EMC設計が必須となっている。そして、シミュレーションを行うためには電子材料の正確な電氣的材料定数(誘電率, 透磁率)が必要になる。

マイクロ波領域の材料定数測定法において、送受信アンテナに2本のホーンアンテナを使う自由空間透過法がある。ホーンアンテナは、電波が平面波と見なせる距離が長いので、測定空間が3m以上となり、電波暗室等の設備も必要となる。また、マイクロ波帯では同軸ケーブルの減衰量増加やケーブルの引き回しにより、測定ダイナミックレンジおよび測定の再現性が低下する。そこで受信アンテナとして光ファイバー伝送かつ小型の光電界センサを用いることで、前記の問題点の改善が期待できる。

本報告では、我々が開発した高感度かつ広帯域な特性を有するLPDA(Log-Periodic Dipole Antenna Array)型光電界センサ²³⁾の応用として、マイクロ波ネットワークアナライザを用いて電子材料の複素誘電率測定に関する検討結果について述べる。

2 実験方法

図1に新開発したLPDA型光電界センサ(寸法 W70×D105×H15mm)の受信感度特性を示す。EMI測定用ダブル・リジッド・ガイド・アンテナ(DRGA:3115, 寸法 W244×D279×H159mm)の感度を0dBとした相対感度である。この光電界センサは、従来の単一光導波路から変調効率の高いマツハツェンダ型光導波路に変更し、光をミラーで反射させる方式に改良した。さらに、電極構造とアンテナ位置を改良したことで、従来の単一光導波路型のセンサに比べて感度が30dB向上し、ダイポールアンテナと同等なレベルに達した。また、マイクロ波ネットワークアナライザ測定装置(E8363B)を導入し、測定ダイナミックレンジが拡大した。送信アンテナは測定距離を短くするため、低利得で小型のDRGA(MDH0218, 寸法 W100×D100×H65mm)を使用した。提案する測定システムを図

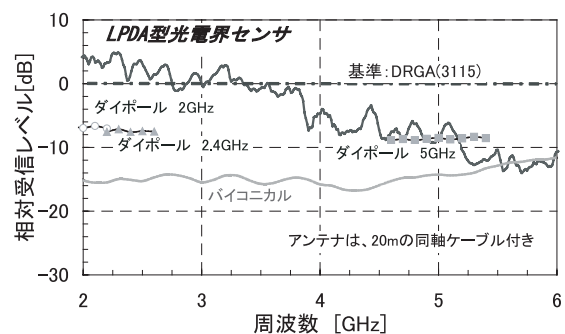


図1 新開発光電界センサの受信感度特性

2に示す。送信アンテナと試料間は 30cm、試料と光電界センサ間は 30cm と従来の約 1/6 の測定距離で行った。評価試料は寸法 50cm×50cm、厚み 5mm のテフロン (PTFE) とベークライトとした。マイクロ波ネットワークアナライザにより、試料がない状態でスルー校正を行い、試料を設置した場合の透過係数(S_{21})の振幅と位相を測定し、伝送線理論に基づき、ニュートン法により複素誘電率を推定した。ただし、透過係数は、ネットワークアナライザのタイム・ゲート機能により、不要な反射波を除去して測定した。

本手法の有効性を検討するため、標準ホーンアンテナ (5.4GHz~8.4GHz) と材料定数測定ソフト 85071E を用いた GRL 校正による自由空間法測定の 5.8GHz における測定値を参考値とした。ただし、この測定法は 5GHz 以上が有効範囲である。

3 結果および考察

図 3 にテフロンの複素誘電率測定結果を示す。実部 ϵ' が 2.1、虚部 ϵ'' は 0 となり、参考値 2.04-j0.02(5.8GHz) に近い結果が得られた。テフロンは低損失材料であるため、さらに正確な値を求めるには空洞共振器を使う摂動法などを用いる必要がある。

図 4 にベークライトの複素誘電率測定結果を示す。誘電率の周期的な変動が見られるため、直線近似を行うと、実部 ϵ' が 3.6、虚部 ϵ'' は 0.3 となり、参考値 3.68-j0.26(5.8GHz) に近い結果が得られた。この変動は、誘電率が大きい材料、または損失が大きい材料の場合、試料を直接透過する電波強度が小さくなり、試料の外側から回折してくる電波の影響が強くなるためと考えられる。

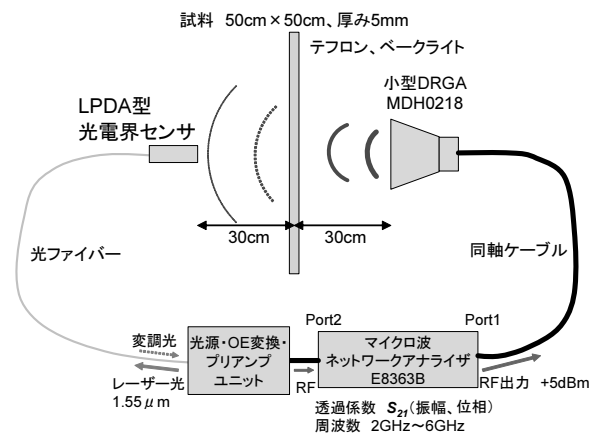


図2 測定系 (自由空間透過法)

4 おわりに

LPDA 型光電界センサを用いた自由空間透過法により、大型ホーンアンテナを用いた自由空間法では測定が困難であった 2GHz~6GHz の複素誘電率測定が可能であることが実証できた。今後は、光電界センサを用いた、電波吸収率、シールド性能評価について検討を行う。

謝 辞

本研究で使用したマイクロ波ネットワークアナライザ測定装置は、競輪 (日本自転車振興会) の補助金を受けて導入されたものです。

文 献

- 1) 橋本修; “高周波領域における材料定数測定法”, 森北出版(2003).
- 2) N. Hidaka, K. Kobayashi, H. Sugama, R. Usui, Y. Tanabe and O. Hashimoto; “Log-Periodic Dipole Antenna Array-type Optical Electric Field Sensor”, *IEICE Trans. Electron.*, E88-C(1), 98-104(2005).
- 3) 菅間秀晃, 日高直美, 臼井亮, 小林賢, 田邊義博, 石田武志, 中村孝, 橋本修; LPDA 型光電界センサによる 3 次元電界強度分布測定, 神奈川県産業技術総合研究所研究報告, 11, 5(2005)

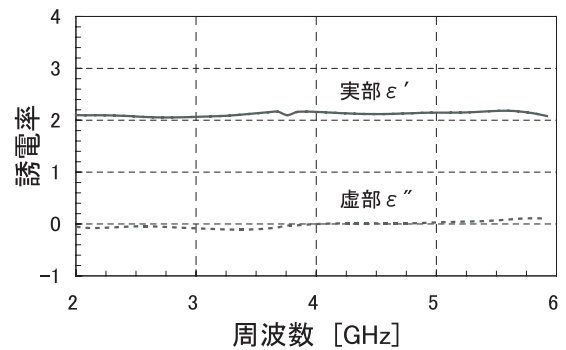


図3 テフロンの複素誘電率

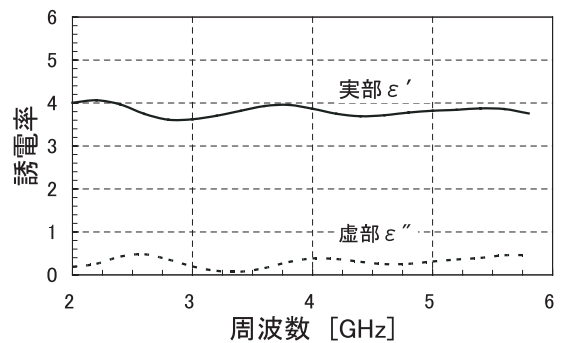


図4 ベークライトの複素誘電率