

次世代テラヘルツ通信に向けた メタサーフェス反射板の高精度評価技術

SATテクノロジー・ショーケース2025

■ はじめに

ミリ波・テラヘルツ波帯域の電磁波を利用するポスト5G/6G通信では、障害物の遮蔽効果による通信エリアの制限が実現の妨げとなっている。その中で、電磁波を特定の方向に反射できるメタサーフェス反射板を用いた通信エリアの拡大技術の研究が進んでいる。メタサーフェス反射板は、既存の建物の壁や窓に設置し、遠方の基地局アンテナから照射される平面波を特定方向に反射させ、障害物に遮蔽されたエリアにも障害物を迂回した通信パスを構築して通信エリアを拡大することを想定している(図1)。実使用と同等の平面波照射下でメタサーフェス反射板の評価を行うには、一般に電磁波を照射するアンテナとメタサーフェス反射板間の距離を十分に離す必要がある。特にテラヘルツ帯では、反射板のサイズが波長に比べて極めて大きくなり、必要な伝送距離は数十mにも達するため、実使用と同等の条件下でのメタサーフェス反射板の性能評価は困難で、このことがテラヘルツ帯メタサーフェス反射板の開発の支障となっていた。

このような背景を踏まえ、本研究では、テラヘルツ帯メタサーフェス反射板の反射性能を正確かつ簡便に評価できる評価装置を開発した。本装置は、疑似平面波を生成するオフセットグレゴリアンアンテナから成り、実使用と同等の平面波照射下でのメタサーフェス反射板の性能評価をコンパクトなセットアップで実現する。さらに、本装置による高精度反射板評価技術を活用して、6Gで利用が想定される220 GHzと293 GHzの両周波数帯の電磁波を同じ方向に高効率で反射するデュアルバンドメタサーフェス反射板の開発・実証に成功した。

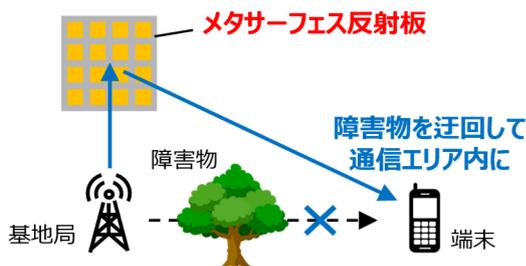


図1 メタサーフェス反射板を用いた通信エリア拡大の模式図

■ 反射板テラヘルツ帯評価装置の開発

開発した本装置は、パラボラ鏡、楕円鏡とその背後にあるフィード用のアンテナから成るオフセットグレゴリアンアンテナの構成により、疑似平面波を生成する(図2)。生成した疑似平面波を反射板サンプルに照射することで、最大330 GHzの広帯域にわたって、平面波照射下での反射特性評価が実現される。アンテナ放射電界の振幅と位相の分布計測結果(図3)から得られる、疑似平面波のビームサイズは直径が約250 mmに達し、大型の反射板サンプルの評価が可能である。

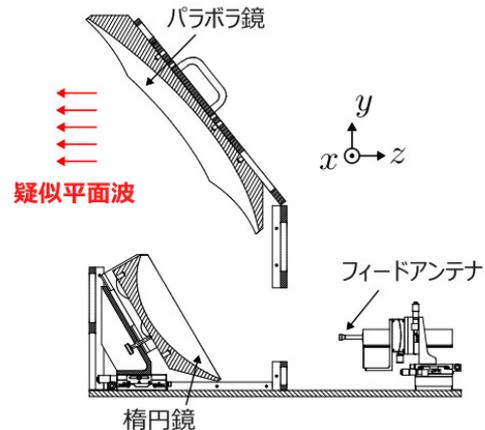
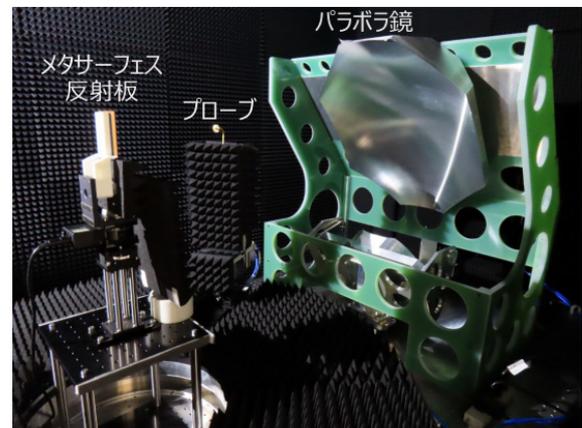


図2 反射板テラヘルツ帯評価装置(上)と評価装置に用いられるオフセットグレゴリアンアンテナ

代表発表者 加藤 悠人(かとう ゆうと)
 所属 国立研究開発法人 産業技術総合研究所
 物理計測標準研究部門
 問合せ先 〒305-8563 茨城県つくば市梅園 1-1-1
 中央事業所 3 群
 TEL: 050-3521-2752
 y-katou@aist.go.jp

■キーワード: (1)ミリ波・テラヘルツ波
 (2)メタサーフェス
 (3)ポスト5G/6G通信
 ■共同研究者: 飴谷 充隆
 (産業技術総合研究所)

SATテクノロジー・ショーケース2025

サンプルに照射されるビームが平面波ではなく不均一な位相分布をもつ場合、実使用と同等の反射性能を正確に評価できない。本装置と同等の疑似平面波を一般のコルゲートホーンアンテナを使用して生成するには、アンテナと反射板サンプル間の距離は30 m以上必要と試算されるが、本装置ではオフセットグレゴリアンアンテナとサンプル間の距離は約0.9 mとコンパクトなセットアップで実現できた。

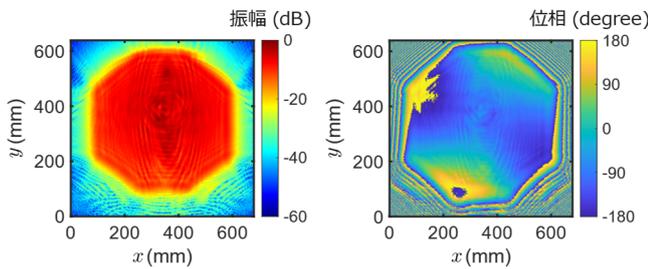


図3 本装置が生成する疑似平面波の2次元電界分布
(左:振幅、右:位相)

■ 220/293 GHz動作デュアルバンドメタサーフェス反射板の開発・実証

本装置を活用して、6Gで利用が想定される220 GHzと293 GHzで動作するデュアルバンドメタサーフェス反射板を開発し、その実証試験を行った。開発したデュアルバンドメタサーフェス反射板は、誘電体基板表面に形成した金属周期構造を最適化し、高次の回折モードを制御することで、2周波数で同じ方向に高効率で反射するデュアルバンド異常反射動作を実現している(図4)。テラヘルツ帯での動作を担保するため、金属周期構造の試作誤差は4 μm以下に抑えている。入射角0°、反射角45°で設計した試作品に対し、本装置を用いて反射電力比の角度依存性を試験したところ、220 GHzと293 GHzの両周波数帯において、所望の方向への強い反射が見られた(図4下図)。そのほかの方向への不要反射は十分に抑制され、反射効率は両周波数で80%超に達しており、実用に資する高効率動作が確認された。また、測定された反射特性は設計と非常によく一致していた。この結果は、高精度の試作に加え、今回開発した反射板テラヘルツ帯評価装置の有用性を裏付けるものといえる。

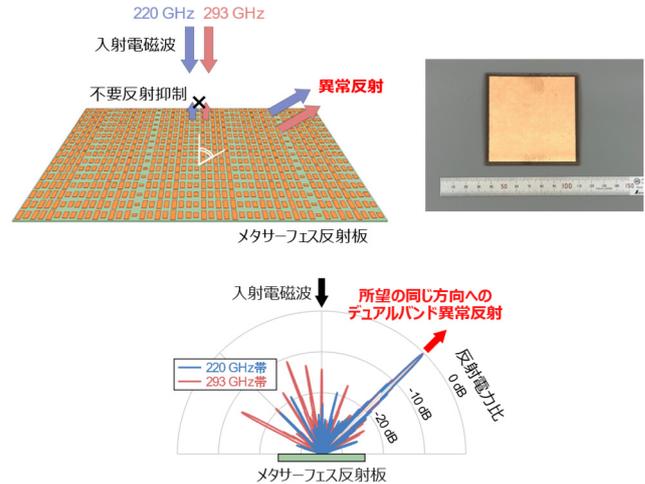


図4 デュアルバンドメタサーフェス反射板の動作(左上)、試作品(右上)、反射特性計測結果(下)

■ まとめ

- テラヘルツ通信のエリア拡大への利用が期待されるメタサーフェス反射板の評価装置を開発した。
- 本装置は、平面波照射下でのメタサーフェス反射板の性能評価をコンパクトなセットアップで実現する。
- 本装置を活用し、220/293 GHz動作デュアルバンドメタサーフェス反射板の開発・実証に成功した。
- 今後は、高精度な評価技術を活用して、メタサーフェス反射板のさらなる高機能化や高効率化を推進し、テラヘルツ通信のエリア拡大を基地局の増設なしに柔軟に実現する技術基盤の確立を目指す。

■ 関連情報等

- Y. Kato, M. Ameya, M. Tezuka, H. Kobuke and A. Sanada, "220/293 GHz Dual-Band Anomalous Reflectors Using Higher-Order Diffraction Modes and Their Precise Characterization Using a Compact Antenna Test Range System," IEEE Access, vol. 11, pp. 139295-139305, 2023.

■ 謝辞

本研究開発は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務「ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業」(JPNP20017)の支援を受けて行った。