

電磁界解析を用いたミリ波広帯域誘電体共振器アンテナの設計事例

概要

誘電体共振器アンテナ（DRA）は、低損失かつ高効率であることから、ミリ波帯のアプリケーションに適した選択肢のひとつです。しかし、サイズが小さいことや、製作誤差の影響を受けやすいことから、共振器の基本モードの設計は複雑になる可能性があります。

この例では、基本モードで動作するサイズのものよりも大型の円筒型誘電体共振器を、共振モードHEM113とHEM115という高次モードを利用することで、広帯域で良好な利得性能が得られることを、XFDTDを使用したシミュレーションによって示しています。ここで使用したアンテナの設計は、下記に引用した学会論文[1]に掲載されたもので、ここで示す結果は、同論文のシミュレーションおよび実測結果とよく一致しています。

モデルとシミュレーション

このモデルでは、比誘電率7、高さ8.5 mm、半径1.5 mmの円筒状の誘電体を共振器として使用しています。この誘電体共振器はグランドプレーンに乗っており、図1に示すように、グランドプレーンの表面から1.9 mm上に延びている同軸プローブによって給電されています。プローブは誘電体共振器の側面に接触しています。

図2に示すように、このアンテナのリターンロスは、約22~29GHzにおいて-10dB以下となる動作帯域を示しています。図3に示す25GHzにおける定常状態電界分布は、この誘電体共振器のHEM113モードを示し、図4の28GHzではHEM115モードを示しています。

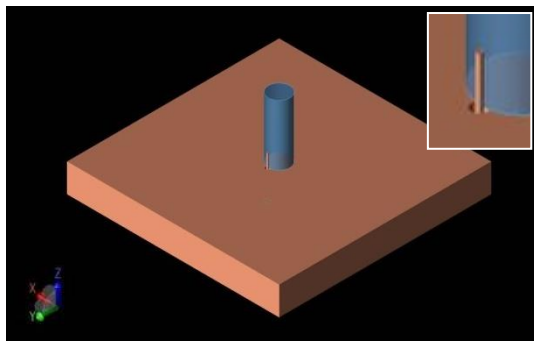


図1：解析対象の3次元ビュー（励振部拡大図）
グランドプレーン上に設置された誘電率7の円筒型誘電体共振器。共振器の一部が同軸プローブによって励振される

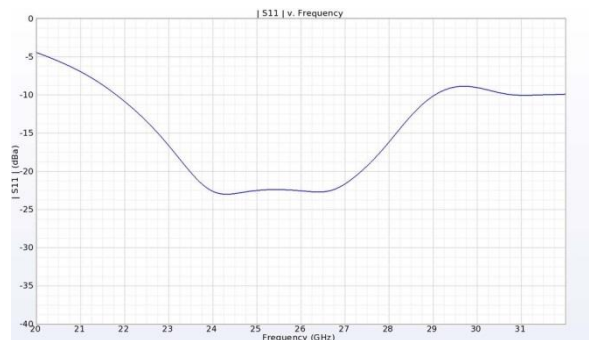


図2：誘電体共振器アンテナのリターンロス
22GHzから29GHzまでの広帯域を実現している

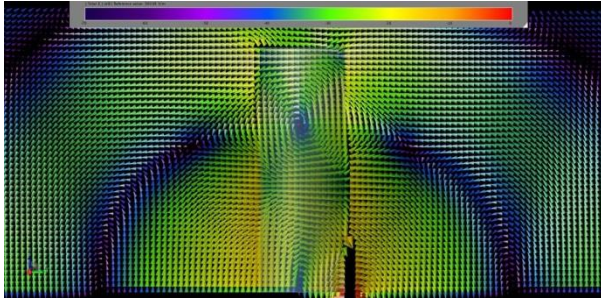


図3： 25GHzでのDRA内部および周辺の定常状態電界分布
このアンテナのHEM113モードを示している

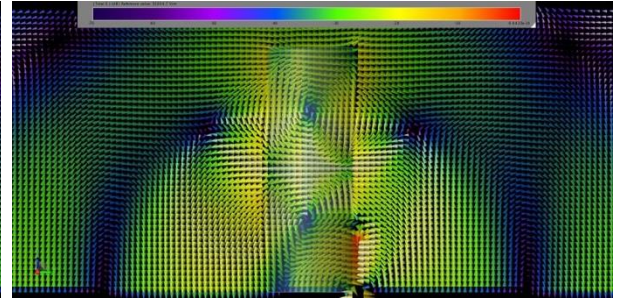


図4： 28GHzでの定常状態電界分布
電界分布はHEM115モードを示している

図5に示すように、円筒の直上の点における遠方界の利得は、22GHzでの約5.2dBiから29GHzでの8.8dBiのピークまで変化し、その間の周波数では滑らかな推移を示しています。図6に示すように、このアンテナは効率が良く、放射効率はほぼ100%で、ミスマッチ損失を含むシステム効率は動作帯域幅で90~99%となっています。

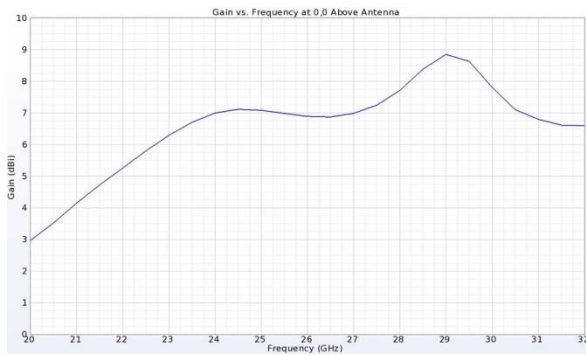


図5：誘電体共振器アンテナの直上の点における利得
利得のピーク方向でもあるDRAの直上の利得はかなり滑らかに変化していて、22GHzの5.2dBiから29GHzの8.8dBiまでの範囲にある



図6：誘電体共振器アンテナの放射効率とシステム効率
22GHzから29GHzで90%以上の優れた効率を実現している

25GHz（図7）と28GHz（図8）の3次元放射パターンは、電界強度が低下するロービングが最小限に抑えられた広いパターンで、Z方向では誘電体共振器の上方に向けて7dBi以上の最も強い利得が得られています。25GHzのXZ面では、図9に示すように、主に ϕ 成分による利得が得られています。25GHzのYZ面では、図10に示すように、 θ 成分が支配的で、交差偏波は同一偏波の利得から50dB減少しています。28GHzでは、図11と図12に示すように、両方のカット表示が示す通り、非常に類似した結果が得られました。

これらの利得パターンの結果は、[1]の著者が測定した結果とほぼ一致しています。

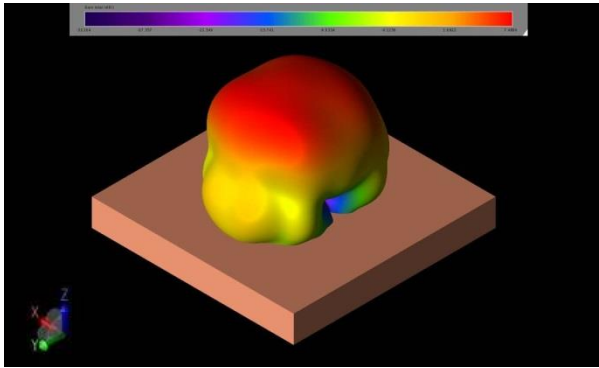


図7：25GHzにおける3次元遠方界利得パターン
ロービングが最小限で、3dBビーム幅が約68度と広い

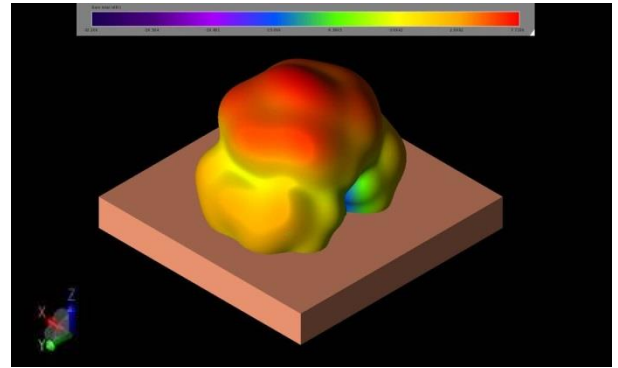


図8：28GHzにおける3次元遠方界利得パターン
25GHzでのパターンとほぼ同じで、ピーク利得がわずかに高いだけである

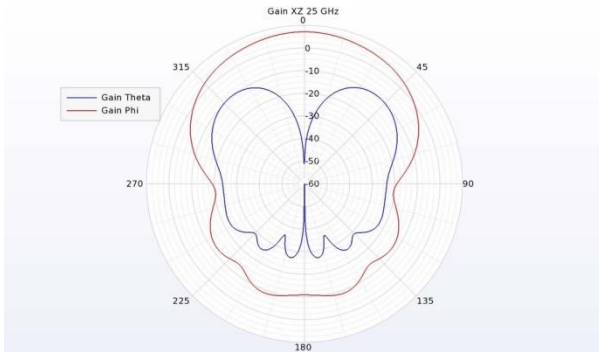


図9：25GHzにおける利得パターンXZ面カット表示
 ϕ 指向性の利得が支配的であるが、交差偏波の θ 利得は約10dBiだけ減少している

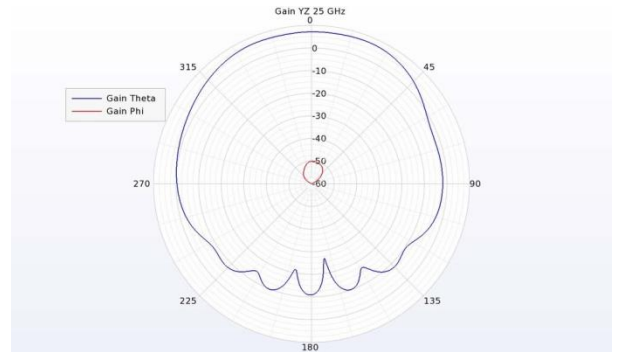


図10：25GHzにおける利得パターンYZ面カット表示
YZ面では、 θ 方向の利得が支配的で、交差偏波成分の ϕ 利得は50dB以上低下している

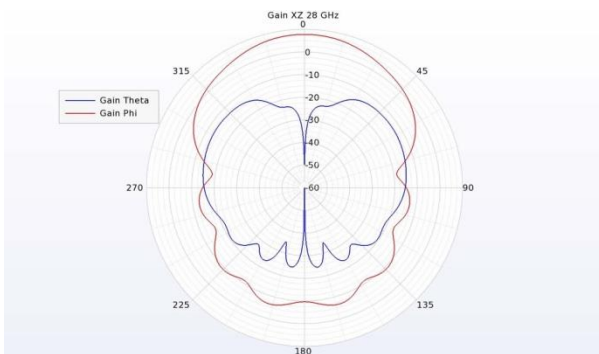


図11：28GHzにおける利得パターンXZ面カット表示
28GHzでのXZ面の利得は、25GHzのパターンと同様に、交差偏波 θ 成分を持つ強い ϕ 指向のパターンとなっている

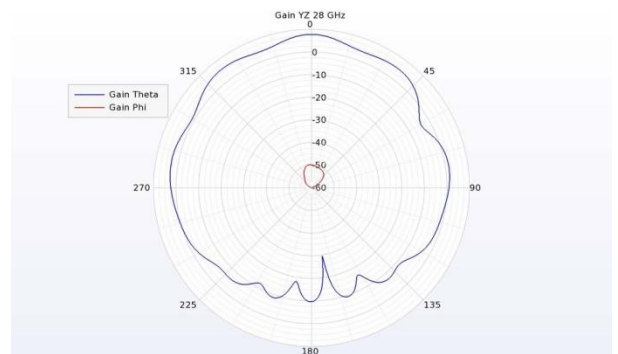


図12：28GHzにおける利得パターンYZ面カット表示
28GHzのYZ面では、交差偏波の利得が最小限に抑えられた状態で、 θ 利得が支配的である。

結論

誘電体共振器アンテナは、ミリ波帯のアプリケーションに適した選択肢ですが、デバイスが非常に小型なため、製造には実用上の問題があります。ここでは、寸法誤差による影響などを軽減することを目的とし、より大きなサイズの誘電体共振器を高次モードで励振したシミュレーションを行っています。このアンテナは、22~29GHzの広い帯域で良好な性能を発揮します。

[1]

L. Y. Feng and K. W. Leung, "Millimeter-wave wideband dielectric resonator antenna," 2015 40th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz waves (IRMMW-THz), Hong Kong, China, 2015, pp. 1-2, doi: 10.1109/IRMMW-THz.2015.7327734.

[全ての事例はこちら](#)
[お問合せ等はこちら（製品HP）](#)