

テラヘルツ帯 デュアルバンド 誘電体ストリップ 装荷 ホーンアンテナ設計のための電磁界解析

概要

テラヘルツ周波数帯のデュアルバンド・アンテナは、通信やレーダーへの応用に役立つ可能性があります。従来技術では製作が困難な場合が多いです。この例では、XFDTDを用いて、[1]で述べられているホーンアンテナについて評価しています。このアンテナは、94GHzの周波数帯を放射する円錐形ホーンに、340GHzの周波数帯を放射するテーパ状の誘電体ストリップを装荷しています。このアンテナはE面とH面で対照的なビーム幅のパターンを持ち、両周波数帯で約18 dBiの利得を実現しています。

モデルとシミュレーション

アンテナの給電は、2つの方形導波管ポートが直行する位置関係で構成されており、低周波数側のポートは構造体の側面に、高周波数側のポートはデバイス端でホーンの中心軸に合わせて設置されています。テーパ形状の石英の誘電体ストリップがデバイスのほぼ全長に渡って配置されており、高い周波数側の給電導波管内まで部分的に延びています。高い周波数（340GHz）の電界はこの誘電体ストリップによって導波され、低い周波数（94GHz）のポートから給電された電界は矩形から円形への導波管変換部に入り、円錐形のホーンに導波します。図1は、このデバイスを立体的に示したもので、テーパ状の石英ストリップは赤色で示され、94GHzのポートはホーンの側面（+X側）に見えています。ホーンを上面（+Y）方向および前面（+Z）方向から見た図を図2および図3に示します。テーパ状の誘電体ストリップが給電導波管の内部まで変形しながら延びているのがわかります。

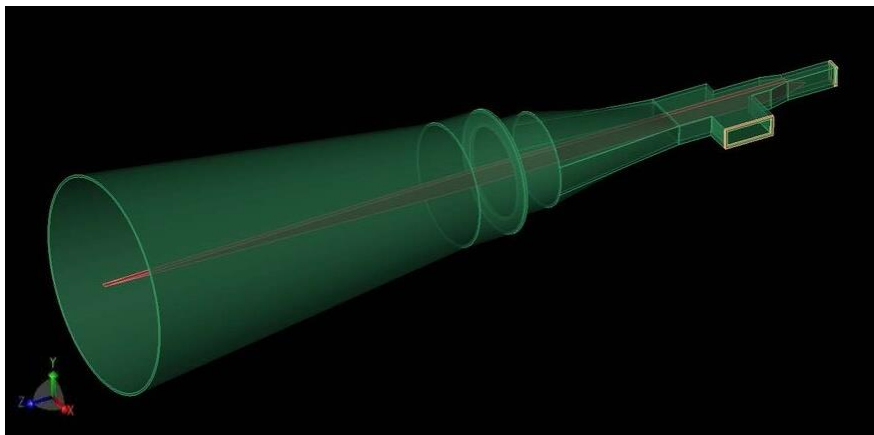


図1：アンテナの3次元ビュー

白枠で表示された導波管ポートが2つあり、透過表示されたホーン構造の中央に通るテーパ状の石英ストリップが見えている



図2：アンテナ上面図

この2つのポートにXFDTDの導波管ポート（広帯域モード励振ポート）を用いて、Sパラメータの結果を得ました。図4は、低周波数側ポートでのリターンロスを示しており、94GHzで-15dB以下であることがわかります。図5は、高周波数側ポートでのリターンロスを示しており、340GHzでほぼ-20dBとなっています。ポート間の結合は極めて低く、概ね-70dB以下です。

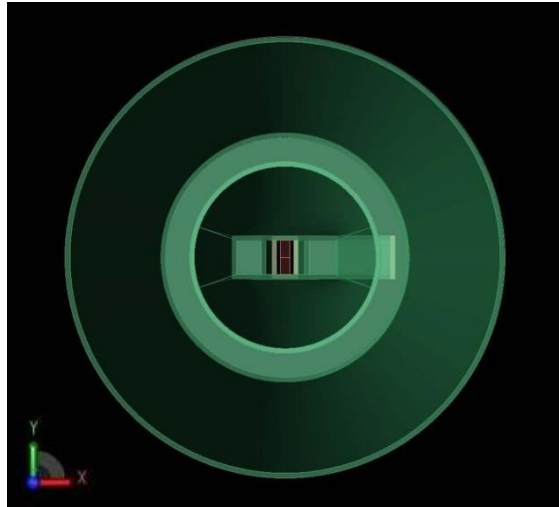


図3：ホーンの開口部正面から内部を見た図
高周波数側の導波管の中心をテーパ状の誘電体ストリップが見えている

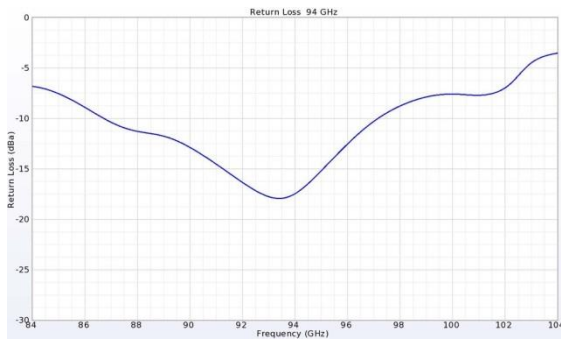


図4：低周波数側ポートでのリターンロス
94GHzにおいて-15dB以下となっていて、良好なマッチングである



図5：高周波数側ポートでのリターンロス
この帯域でリターンロスはほぼ-20dB

図6は、94GHzにおけるデバイス内部の電界の伝搬を時間軸で表したもので、方形導波管から円形導波管への変換部から、ホーンからの放射が始まる部分までが見られます。図7の94GHz定常状態の電界分布を見ると、ホーン全体での電界の移行がスムーズに行われていることがわかります。図8は、高周波数側ポート励振されたときに、誘電体ストリップが時間軸で変化する波を、どのようにアンテナの外に導波しているかを示しています。340GHz定常状態の電界分布は、図9に示すように、誘電体ストリップの極近傍に電界がしっかりと収まっていることを示しています。

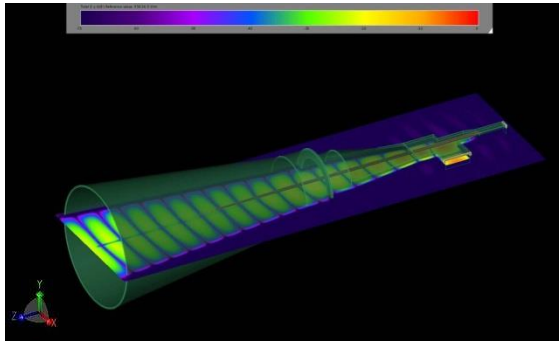


図6：低周波数側ポート給電時の時間領域電界分布
 方形-円形変換部を通過してアンテナのホーンから
 出ていく伝搬を示している

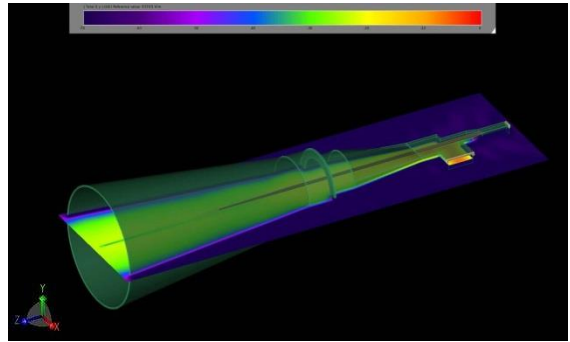


図7：94GHzにおける定常状態電界
 ホーンの断面全体の電界分布を示している。

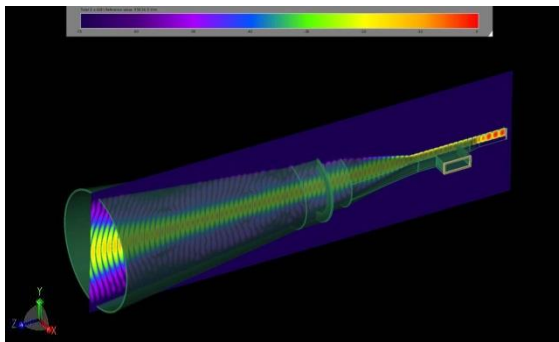


図8：高周波数側ポート給電時の時間領域電界分布
 ホーン中央にあるテーパ状の誘電体ストリップに
 強く結び付いている

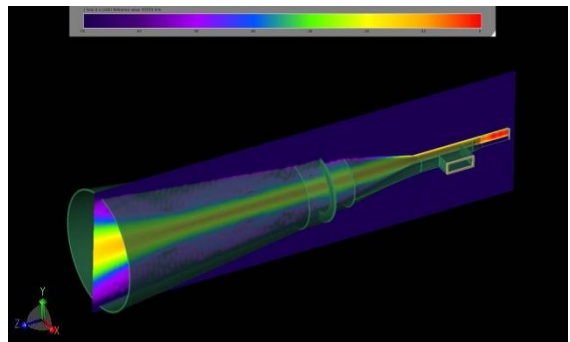


図9：340GHzにおける定常状態電界分布
 誘電体ストリップ周囲に電界が集中していることを
 示している

2つの周波数の放射パターンを図10と図11に示します。どちらの周波数も同様のビームパターンとサイドローブの少ない利得が示されています。図12は、94GHzの放射についてE面とH面の利得パターンをXYグラフにプロットしたもので、メインビームが対称である一方、交差偏波のレベルは非常に低くなっています。340GHzでは、図13に示すように、E面とH面のパターンは、交差偏波が大きいものの、メインビームはほぼ対称でサイドローブも少なくなっています。このアンテナは損失がほとんどないため、両周波数の放射効率とシステム効率は95%以上です。

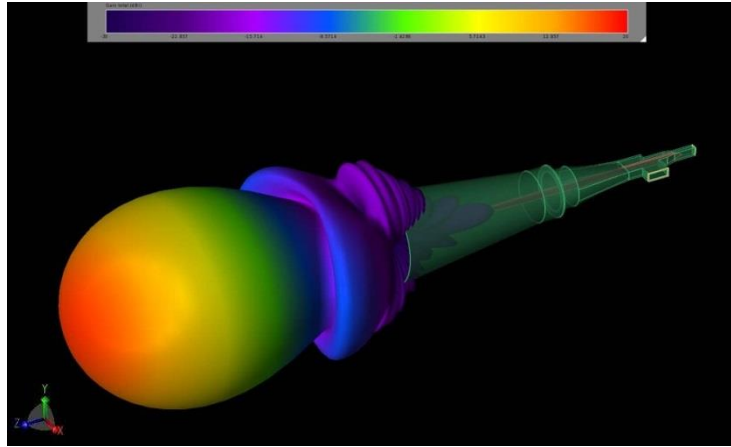


図10：94GHzにおけるアンテナ放射パターン
ピーク利得が18dBiで左右対称のビームを持ち、サイドローブは少ない

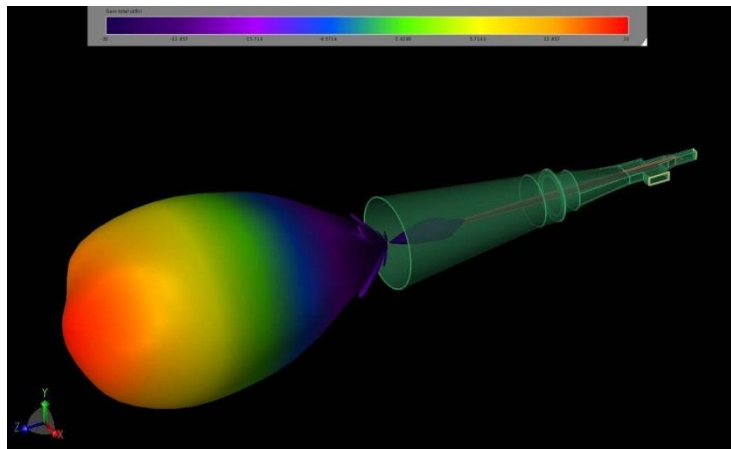


図11：340GHzにおけるアンテナ放射パターン
対称に近いビームで、ピーク利得は19dBi近くとわずかに高く、
サイドローブはピークから40dB近く減少している

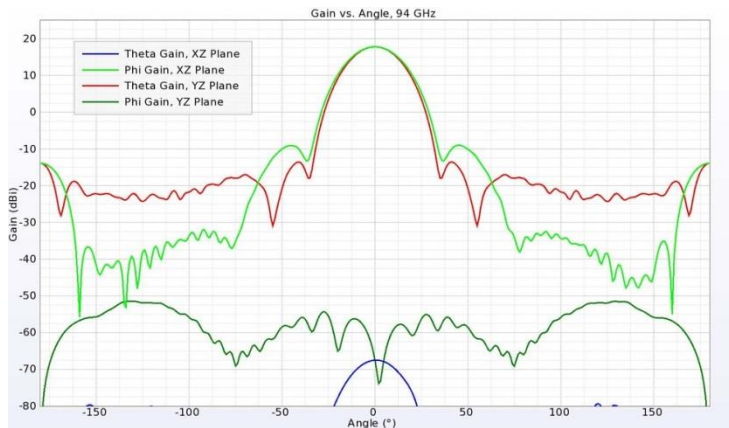


図12：94GHzにおける2つの主平面での利得のXYプロット
強力な対称ビームと非常に低い交差偏波を示している

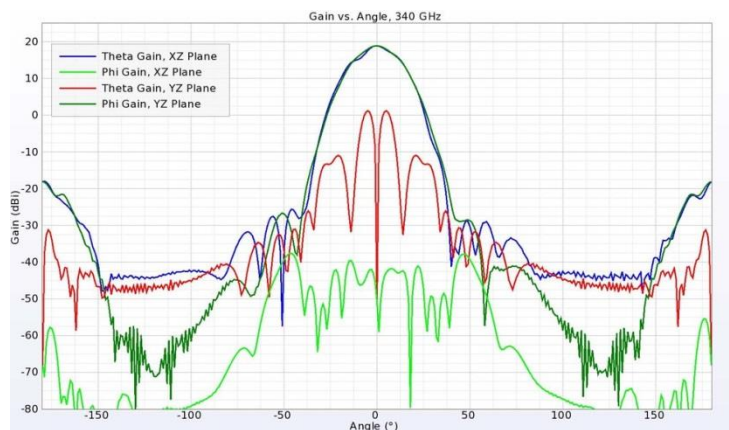


図13：340GHzにおける2つの主面の利得XYプロット
 対称に近いビームでサイドローブは少ない
 交差偏波は一つの平面で高くなっているが、それでも15dB以上低下している

結論

XFDTDを使用したシミュレーションの結果から、このアンテナは低い周波数帯ではホーン構造によって放射し、高い周波数帯はテーパ状の誘電体ストリップによってエネルギーが運ばれていることがわかりました。このデュアルバンドホーンアンテナは、対象となる両周波数において、高利得、対称のビーム、低サイドローブという良好な放射性能を持ち、また、高効率で良好なリターンロス特性を持っています。

[1]

X. Wang, C. Deng, W. Hu, Y. Liu and X. Lv, "Design of a 94/340GHz horn antenna loaded with dielectric for dual-band operation, " 2017 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting, San Diego, CA, USA, 2017, pp. 561-562, doi: 10.1109/APUSNCURSINRSM.2017.8072323.

[全ての事例はこちら](#)
[お問合せ等はこちら（製品HP）](#)