

300GHz 帯テーパスロットアンテナ SBD 検出器アレイの開発

仙台電波工業高等専門学校 鈴木 哲、田中陽介、青木風子

近年、THz波を用いた透視イメージング技術¹⁾や種々の診断技術への応用の期待から、急速にこの分野の研究開発が活発になってきた。特にパラメトリック発振器²⁾など波長可変の光源が開発されて以来、各種の診断や透視技術への応用が活発化している。

一方、ミリ波イメージング技術の開発も脈々と進められている。特に危険物の探知、人体の監視、コンクリート内部検査、異物混入検査、果物糖度測定などへの応用を目的として100GHz～500GHz帯のイメージング技術は大きな期待を持たれている。

この領域の高感度検出器として、ショットキダイオード (SBD) 検出器やHEMTを増幅器として用いたものがある。またSIS素子、ポロメーター、単一電子トランジスタ (SET)³⁾等の、極低温で動作する極めて高感度な検出器も使用されているが、常温で使用できるSBDやHEMTを用いた検出システムは便利で応用範囲が広い。

本研究では、300GHz～500GHz帯のイメージングを目的として、テーパスロットアンテナ (TSA) とショットキ・バリア・ダイオード (SBD) を組み合わせて、常温使用、高速応答の検出器アレイを低価格で実現できるものを開発している。

まず、電磁界解析ソフトHFSSを用いて、図1に示す形状の300GHz～500GHz帯で使用するTSAの設計を行った。その放射指向性の一例を図2に示す。このアンテナは広帯域性を重視しているが、アンテナ開口縁部および周辺に流れる不要な電流のため、目的とする帯域全体にわたって横方向の不要放射パターンを抑えることは容易ではない。一方、アンテナ同士のクロストーク特性を計算した結果を図3に示す。クロストークは300GHzで約30dB、500GHzで約20dBが得られている。これらの結果に基づいて、SBDを組み込んだ5素子及び10素子のアレイを制作中である。

このアンテナに組み合わせるSBDは、MDT社から市販されているプレーナ形のものを用いている。SBDの接合容量は $C_j \doteq 45\text{fF}$ 、半絶縁性GaAs基板の寄生容量は $C_p \doteq 20\text{fF}$ 、直列抵抗 $R_s \doteq 4\Omega$ とされて

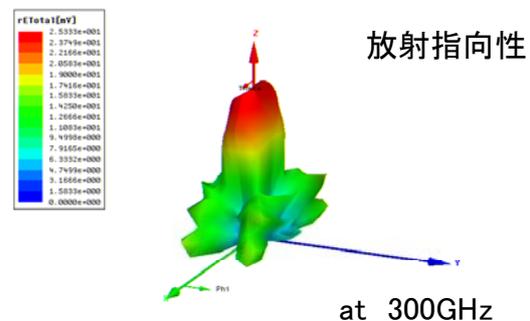
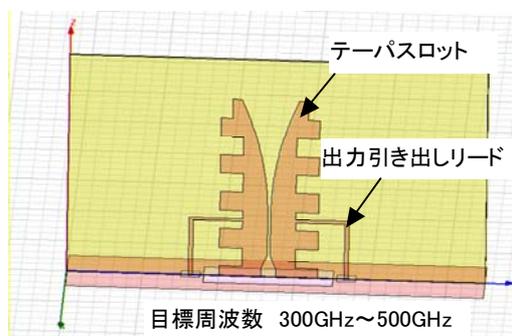


図1. シミュレーションに用いたTSAモデル

図2. 300GHzにおける指向性パターン

いるが、実測値でも概ね同様の値を得ている。

その値から求められる遮断周波数は約600GHzであるが、通常のプレーナ形SBDの場合、高ドーパ導電層及びエアブリッジフィンガーのインダクタンスとGaAs半絶縁性基板の寄生容量により約200GHz（計算値）に並列共振が生じるため、それ以上の周波数では大幅に特性が悪化してくる。そこで、共振による検出特性の低下を避けるため、ウェットエッチングによる半絶縁性基板の薄化を行った。エッチング前のSBDチップ形状と、エッチング後のチップ形状を図4(a)、(b)に示す。

GaAs基板は約1/3の厚みとなり、Cpの値は実測値で約30fFから12fFに低下した。したがって前述の並列共振周波数も約2.5倍上昇するものと予測される。

基板エッチング後のSBDのI-V特性を図5に示す。n値、Rs、Cj、Cpともほぼ予想された値になっており、300GHz帯の高感度検出器・ミキサー用として十分期待できる特性であると考えている。現在、このSBDをポリイミド基板のTSAと組み合わせて、低価格で製作できる検出器アレイを製作している。近いうちに100GHzおよび300GHzにおける検出実験結果を報告できるものと考えている。

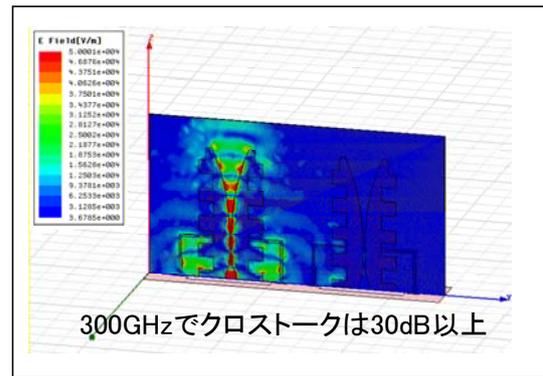


図3. 300GHzにおけるTSAクロストーク

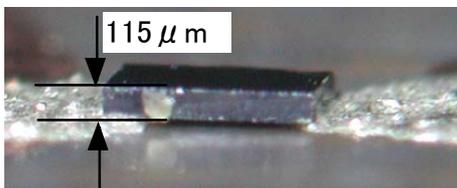


図4. (a) エッチング前のSBDチップ形状

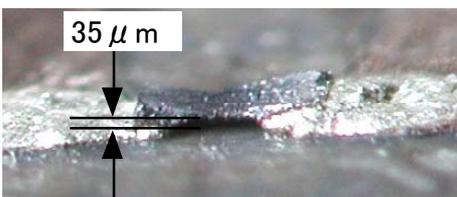


図4. (b) エッチング後のSBDチップ形状

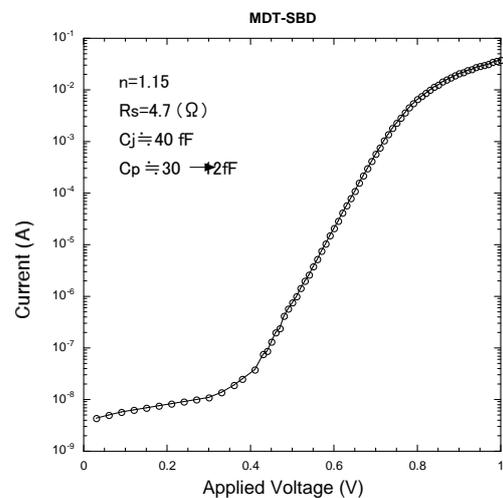


図5. エッチング後のSBDのI-V特性

参考文献

- (1) Peter H. Siegel, " Terahertz Technology", *IEEE Trans. Microwave Theory Thech.*, vol. 50, 910-928, Mar. 2002.
- (2) Kodo Kawase, Jun-ichi Shikata, and Hiromasa Ito, "Terahertz wave parametric source", *J. Phys. D: Appl. Phys.* 34 (2001) R1-R14.
- (3) S.Komiyama, O.Astafiev, V.Antonov, H.Hirai and T.Kutsuwa, "A single-photon detector in the far-infrared range", *Nature*, 403 405-407 (2000).