

中赤外フェーズドアレイアンテナの設計と作製

Design and fabrication of phased-array antennas in a mid-infrared region

茨城大工¹, 情通機構², 福井高専³ ○更屋 秀人¹, 川上 彰², 堀川 隼世³, 島影 尚¹Ibaraki Univ.¹, NICT², NIT, Fukui Col.,³ ○Hideto Saraya¹, Akira Kawakami², Zyunsei Horikawa³, Hisashi Shimakage¹

E-mail: 18nm632t@vc.ibaraki.ac.jp

1. はじめに

我々は中赤外検出器のさらなる高感度化、高速応答化を目指して光の波動性を利用したデバイス構造を検討している。提案するアンテナ結合型検出器は検出部を微細に保ちながら受光面積を拡大させることが可能である。しかし検出器の受光面積に当たるアンテナの実効面積は波長に依存し中赤外領域での実効面積は数 μm^2 と報告されている [1]。そのためさらなる高感度化には実効面積の拡大が求められる。本研究ではアンテナのフェーズドアレイ化による実効面積の拡大を検討した。

2. 共振器を用いたアンテナのフェーズドアレイ化

一般的なフェーズドアレイアンテナは位相合成のための分布定数回路及び集中定数回路を有する。しかし中赤外領域では波長が短いため、分布定数回路は複雑な極微細加工を必要とする。そこで本研究では半波長共振器を空間的にアンテナとカップリングすることで複雑な微細加工を必要としない構造を検討した。反射器としての金属は電磁波の再放出時に位相が半波長ずれるため、金属をアンテナから $(n+1/2)\lambda$ の距離に配置することで前面利得を向上させる位相合成を行うことが可能である。図1にその概念図を示す。電磁界シミュレータを用いて同アレイアンテナにおける共振器の数と前面利得の関係性を調べた結果、共振器数の増加と共に前面利得が向上し、共振器が6個の場合は単一ダイポールの4倍以上の利得向上が期待できる結果になった。実際のアンテナは MgO 基板上に成膜された Au で作製するため、中赤外での MgO の誘電率及び Au の複素表面インピーダンスを用いて設計を行った。今回実験で使用する中赤外光周波数の 61.3THz で共振するようにアンテナサイズを設計したところ、幅 $0.2\mu\text{m}$ 、長さ $1.4\mu\text{m}$ でアンテナインピーダンスは $Z=48-j3\Omega$ となった。

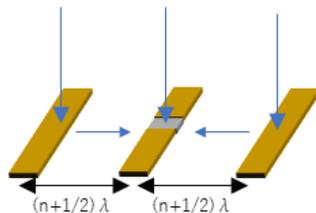


図1 共振器配置の概念図

3. 作製したアレイアンテナ結合型中赤外検出器

アンテナの特性評価のためにアンテナ結合型 Ti ボロメータ検出器を設計、作製した。共振器を二個用いた検出器の構造概略図及び素子写真を図2に示す。検出部の Ti 薄膜、アンテナ部の Au 薄膜はそれぞれ膜厚が 20nm、

50nm である。今回実測した素子の設計抵抗は 48Ω であったが検出器抵抗 R_b は Ti 検出部の酸化およびパターン精度の劣化により 300Ω となった。今後は酸化防止膜などの検討が必要である。

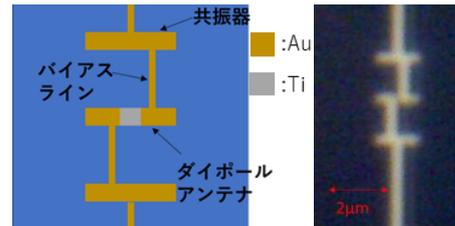


図2 アレイアンテナ構造(左:平面図 右:顕微鏡図)

4. フェーズドアレイアンテナの特性評価

作製したアンテナ結合型検出器に 400Hz でチョッピングした中赤外光を照射し、検出器の出力をロックインアンプで検出した。図3に照射系の概略図を示す。偏波面依存性を調べた結果、入射光電界面がアンテナに対して垂直時の検出器出力は平行時に比べて約0.6倍となり、中赤外領域でのアンテナ動作が確認できた。

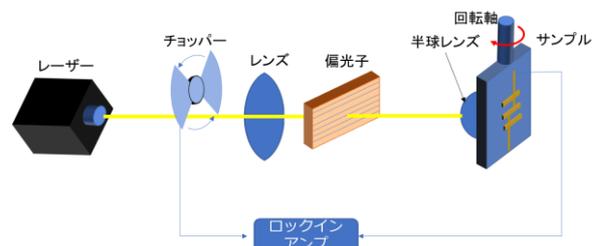


図3 照射系の概略図

次に共振器2個を図1のように配置したアレイアンテナに対して、検出器出力のレーザー入射角依存性を測定した結果を図4に示す。単一のダイポールアンテナとは異なり前面に大きい利得を持つ結果が得られ、適切に共振器によって位相合成がなされていることを示唆する結果が得られた。共振器を増やした場合などの結果は当日報告する。

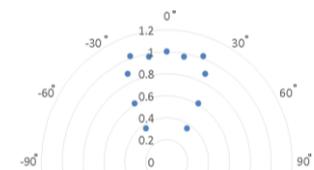


図4 指向性結果

参考文献

- [1] J. Horikawa et al, Infrared Physics & Technology, Vol. 67, p.24, Jul.2014