

中赤外フェーズドアレイアンテナの設計と評価

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

茨城大¹, 情通機構², 福井高専³ ○更屋 秀人^{1,2}, 川上 彰², 堀川 隼世³, 島影 尚¹Ibaraki Univ.¹, NICT², NIT. Fukui Col.,³ ○Hidetō Saraya^{1,2}, Akira Kawakami², Junsei 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。我々の作製したアンテナ結合型検出器は高速応答を示している[1]が、高感度化に必要な実効面積増大が課題として残っている。実効面積はアンテナ利得に比例するため、我々は指向性を制御することで利得を向上させるフェーズドアレイ構造を検討してきた。本報告では、指向性制御において最も優位なフェーズドアレイ構造を検討するためにシミュレーションを行い、実際に作製したアンテナの指向性評価を行う。

2. 実効面積拡大のためのアンテナ構造の検討

我々が提案するアンテナ構造は無給電型素子を用いたフェーズドアレイである。我々は空間カップリングによってアンテナの指向性を制御し、実効面積の拡大を試みた[2]。無給電型フェーズドアレイアンテナの概念図を図1(a)に示す。ダイポールアンテナの周囲に共振器を配置する無給電型のフェーズドアレイアンテナは、給電型に比べ構造が単純で中赤外領域のフェーズドアレイアンテナの作製において優位である。図1(b)に空間上に配置したダイポールアンテナ及び無給電型フェーズドアレイアンテナのH面指向性のシミュレーション結果を示す。フェーズドアレイアンテナの前面利得は単一ダイポールに比べて2.1倍になることが予想された。

3. フェーズドアレイアンテナの指向性評価

アンテナ材料に Au、基板に MgO、給電点に Ti ボロ

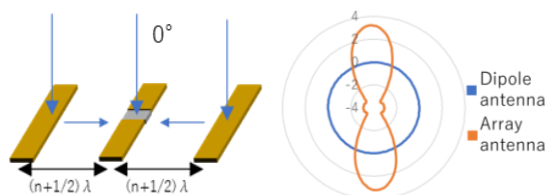


図1(a) アレイアンテナの共振器配置

図1(b) 空間上での指向性比較図

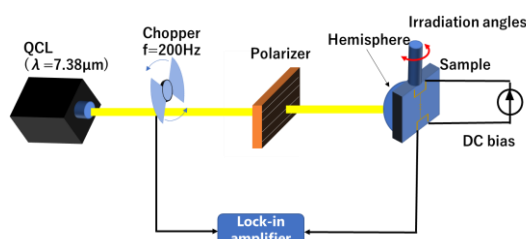


図2 照射系の概略図

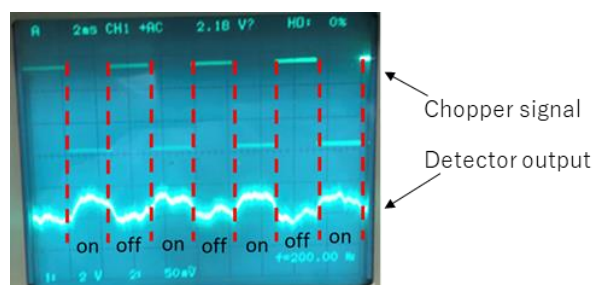


図3 ダイポールアンテナ検出器出力

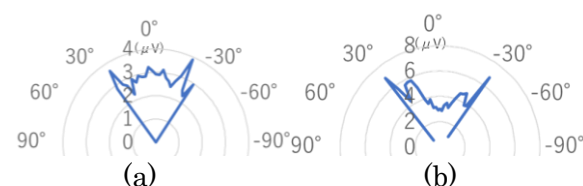


図4 実測したアンテナ指向性(バイアス電流 200μA),

(a) ダイポールアンテナ, (b) アレイアンテナ
メータを配置したダイポールアンテナ結合型検出器を作製した。検出器に 200Hz でチョッピングした中赤外光($\lambda=7.38\mu\text{m}$)を照射したときの検出器出力を計測するための照射系の概略図を図2に示す。また、その応答の結果を図3に示す。チョッパー信号に同期した検出器出力が観測され、ボロメータで信号が検出されていることが確認された。次に、同期した信号のみを増幅するためロックインアンプを使用し、指向性評価を行ったときの、レーザーの入射角による検出器出力結果を図4に示す。図4(a)は単一ダイポールアンテナの結果であり、図4(b)は検出器の前後に2つずつ、左右に1つずつ共振器を6個配置したアレイアンテナの結果である。単一ダイポールアンテナとは異なり、アレイアンテナでは前面に明確な指向性を示し、アレイ化の有効性が確認された。一方、両素子の結果において -40° 以下及び 40° 以上で応答が観測されなかったが、これは、入射光の全反射の臨界角が MgO 基板の誘電率($\epsilon_r=2.66$ @ $\lambda=5.138\mu\text{m}$)[3]から約 40° と見積もられることから、測定時にデバイス基板と半球レンズの間にギャップが存在するためと予想している。現在、ギャップを抑える測定手法を検討中である。

参考文献

- [1] A. Kawakami, et al., AIP Advances 6, 125120, 2016.
- [2] 更屋 秀人他. 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会 20p-212-3(2018)
- [3] R. E. Stephens and I. H. Malitson, J. Res. Natl. Bur. Stand., vol. 49, 249, 1952.