

THz カメラの研究開発

Development of THz Camera

日本電気株式会社 誘導光電事業部 ○小田直樹

NEC, Guidance and Electro-Optics Division °Naoki Oda

今回報告する THz カメラの開発は、NICT の委託研究「ICT による安全・安心を実現するためのテラヘルツ波技術の研究開発」の下で行われた。同カメラに搭載されている THz2 次元アレイセンサはボロメータ型非冷却赤外線アレイセンサ^[1]の技術をベースにしたものである。

同委託研究に参加する前に、画素数 320x240-画素ピッチ 23.5 μm の 2 次元赤外線アレイセンサを搭載した赤外線カメラに、周波数 3.1THz の量子カスケードレーザ(QCL)を入射させた時の画像を図 1 に示す。信号は受かっているが、信号雑音比(SNR)は小さい。この時の画素構造は、図 2(左)において THz absorption layer(THz 吸収層)を付けていないものである。次に同図に示すように、THz 吸収層(金属薄膜)を追加形成し、金属薄膜のシート抵抗を真空インピーダンスマッチングしたシート抵抗 377 Ω からずらして調節することにより、約 3THz での感度を 1 桁近く向上させるのに成功した。改良した THz アレイセンサをカメラに搭載して測定した 3.1THz の QCL のビームパターンを図 3 に示す。SNR が格段に向上していることが分る^{[2],[3]}。またもう一つの改良版として、図 2(右)に示す狭帯域型 THz アレイセンサも開発した。これは、特定の波長においてのみ更に感度を 2~4 倍に向上させるのを目的としたセンサである^[4]。広帯域型と狭帯域型の THz アレイセンサ自身の NEP(Noise Equivalent Power)の波長依存性を図 4 に示す。広帯域型 THz アレイセンサの特性を見ると分かるように、波長 3 μm から 200 μm 弱まではほぼ平坦な NEP 特性を示し、200 μm 以上から NEP が悪くなり始める^[5]。

2 種類のアレイセンサのうち広帯域型 THz アレイセンサを搭載した、手のひらサイズの THz イメージャ(IRV-T0831)の写真と諸元を図 5 と表 1 に示す。THz レンズ材料として、高比抵抗シリコンを用い、無反射コートとしてパリレン膜をシリコン上に形成している^[3]。また THz レンズの前に赤外ブロッキングフィルター(波長約 30 μm 以上を透過する Metal mesh filter)を付けている。同イメージャは、USB2.0 のインターフェースを介してコンピュータから駆動およびコンピュータにデジタル画像データを記録することができる。フレームレートは 30Hz である。ロックインイメージング機能と信号処理機能を組合せることにより、30Hz のフレームレートで取得した画像に比べて、信号雑音比を 1 桁向上させることも可能である。

講演会では、THz イメージャで撮像した様々な画像およびボロメータ型非冷却 THz アレイセンサの感度がどこまで向上するのかについても紹介する。

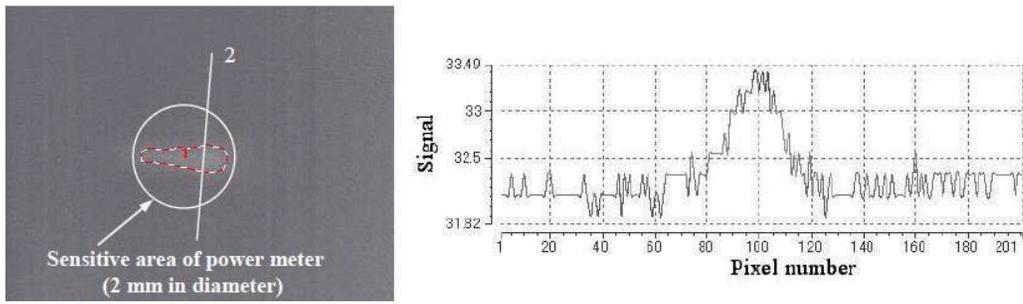


図 1. 画素数 320x240-画素ピッチ 23.5 μm の赤外線アレイセンサに周波数 3.1THz の QCL を入射させた時のビームパターン

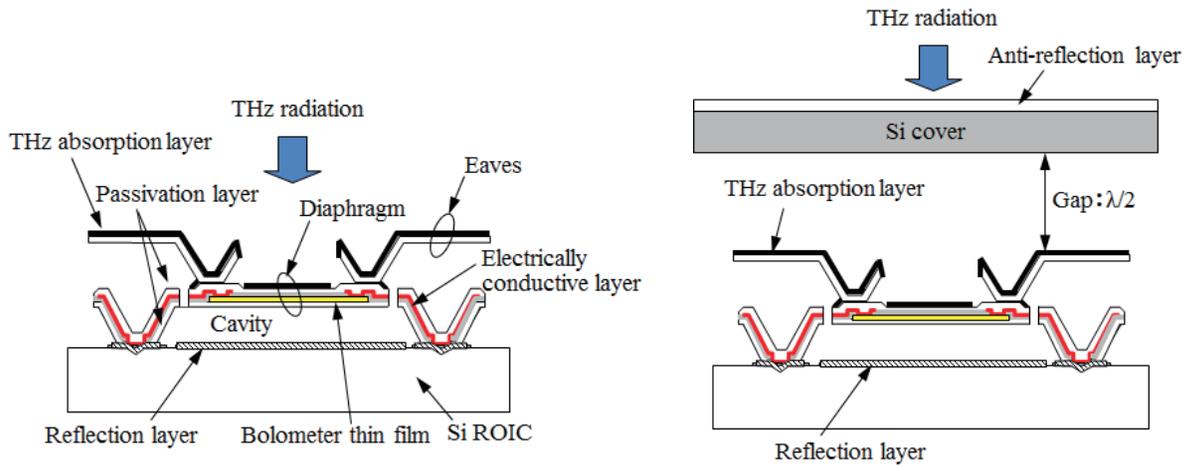


図 2. (左) 広帯域型 THz アレイセンサ: 赤外線アレイセンサの画素構造に THz 吸収層 (THz absorption layer) を追加して感度向上を実現した画素構造。(右) 狭帯域型 THz アレイセンサ: THz 吸収層の上、検出したい波長の半分の距離だけ隔てた所に無反射コート付きシリコン板を置いて、同波長で更に感度を向上させた画素構造。

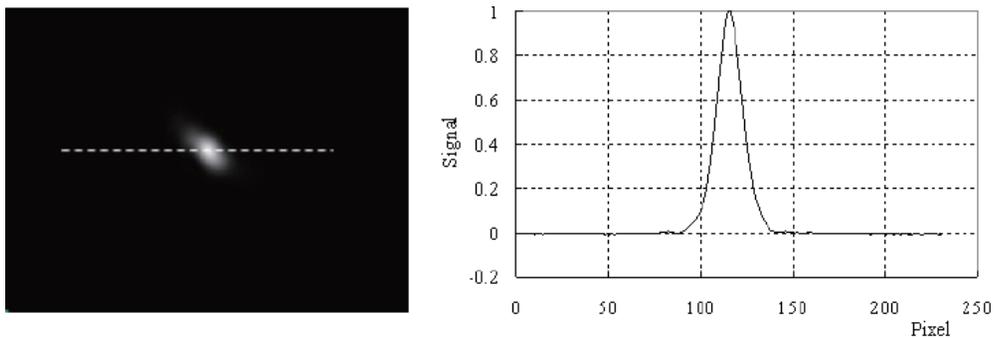


図 3. 画素数 320x240-画素ピッチ 23.5 μm の THz アレイセンサによる QCL のビームパターン (図 2(左)の画素構造を適用)

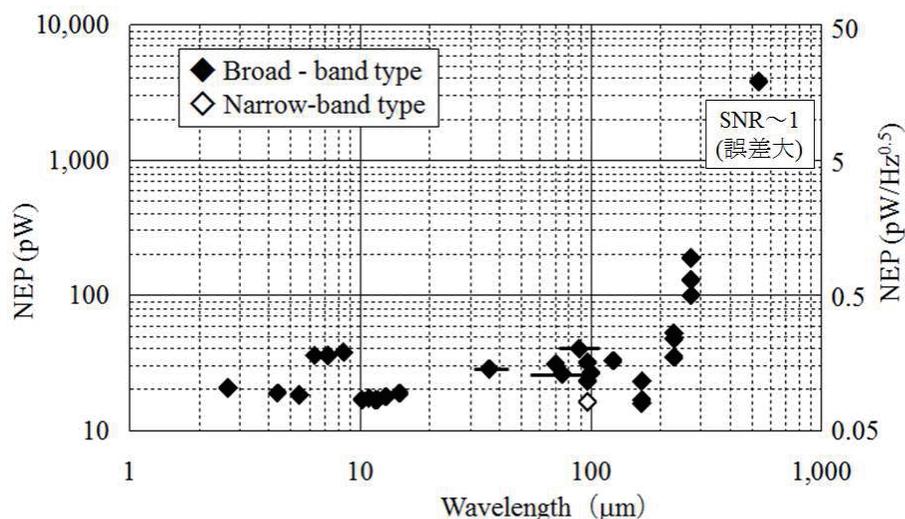


図 4. 広帯域型と狭帯域型の THz アレイセンサ自身の NEP の波長依存性

表 1. THz イメージャ(IRV-T0831)の諸元

方式	ボロメータ型
アレイ フォーマット	画素数:320×240 画素ピッチ:23.5 μm
視野	約15° × 11° (焦点距離28mmのレンズ装着時)
フレームレート	30Hz
出力	デジタル画像データ:USB2.0 同期信号:BNC
ロックインイメージ ング機能	同期信号: 15Hz, 7.5Hz, 3.75Hz, 1.875Hz (TTL出力:+5V)
信号処理機能	フレーム積分 空間フィルター
重さ	約550g(レンズとフィルターを含まず)



図 5. THz イメージャ(IRV-T0831)

参考文献

- [1] S. Tohyama et al., Optical Engineering, vol. 45, 014001 (2006).
- [2] N. Oda et al., Proc. SPIE, vol. 6940, 69402Y (2008).
- [3] N. Oda, Comptes Rendus Physique, vol.11, 496 (2010).
- [4] N. Oda et al., Proc. SPIE, vol. 8012, 80121B (2011).
- [5] N. Oda et al., Proc. of SPIE, vol. 8363, 83630A (2012).