

テラヘルツコムを用いたテラヘルツ単一素子イメージング

研究者 徳島大学ポスト LED フォトニクス研究所 特任助教 時実 悠

〔研究の概要〕

多次元空間分散素子(Virtually imaged phased array: VIPA)は近赤外光の分光用途で開発され、現在では二次元スキャンレスイメージングに利用されている。VIPA 素子と回折格子を組み合わせる事で、周波数情報を空間情報に変換できる。テラヘルツ帯 VIPA を開発する事で反射光/透過光を分光計測する事で単一検出素子による、スキャンレスな二次元空間情報が取得可能である。

〔研究経過および成果〕

VIPA 素子は近赤外領域で通信用の分光素子として開発され、近年では光コムと組み合わせた二次元スキャンレスイメージングに利用されている。図 1 に示す様に VIPA 素子と回折格子を組み合わせることで、光スペクトルを空間的に展開可能である。展開された光をサンプルに照射し、反射光/透過光を単一素子検出器で取得する。検出光を分光する事でサンプル面での空間情報を再生可能である。これまでの研究では近赤外デュアルコムを光源に用いて顕微鏡応用がなされている。本研究ではテラヘルツ時間分光分光 (THz-TDS)を用いた VIPA イメージングを目標とする。

これにより単一素子検出器を用いたスキャンレス THz イメージングが可能となる。このため、THz 帯で動作可能な VIPA 素子の開発を行った。

1. THz-VIPA 素子の数値計算による設計

THz-VIPA の設計を行い Q 値の評価を行なった。THz-VIPA を構成する共振器ミラーとしてテラヘルツ波を一部透過一部反射可能な高抵抗シリコンと金属ミラーのパラメータを用いた。周波数を共鳴トンネルダイオードの周波数である 0.43 THz に設定し、透過特性を計算したところ、角度、周波数依存性を持つ共鳴が確認できた。またこれらのモードでの Q 値は約 10

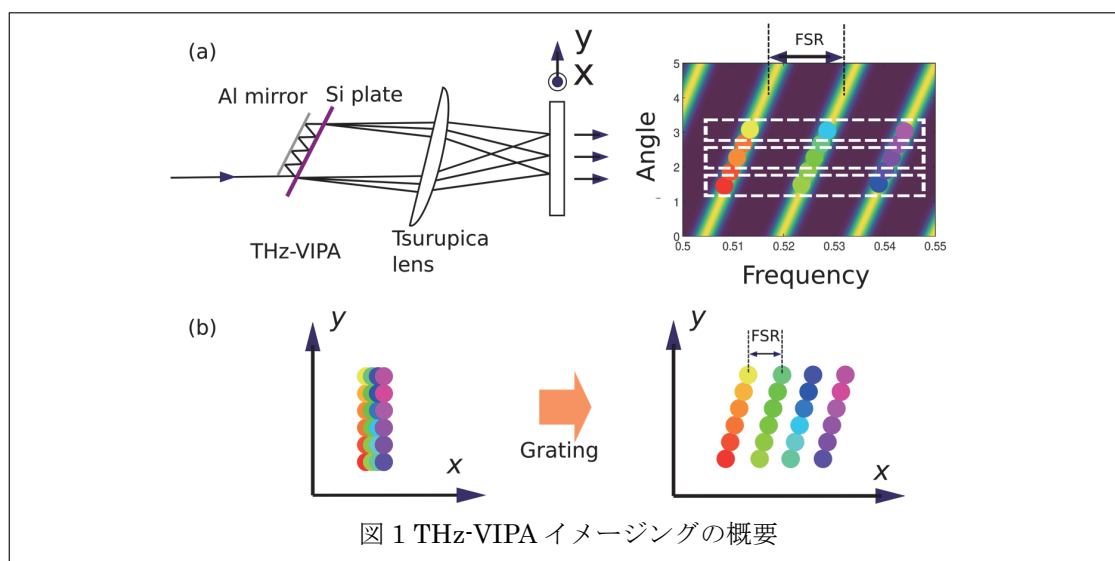
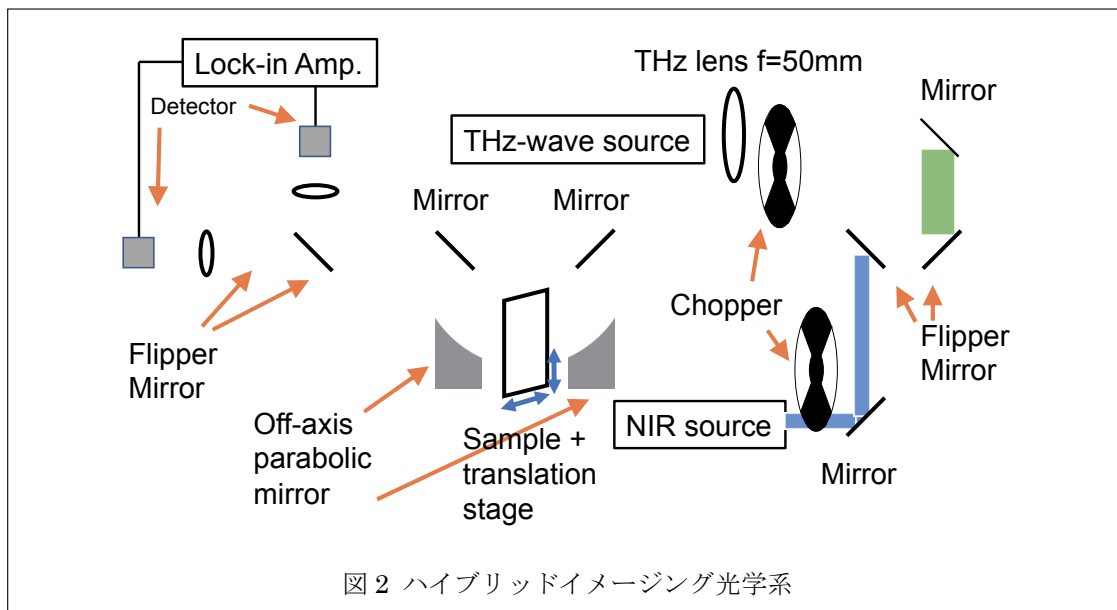


図 1 THz-VIPA イメージングの概要



以下と見積もられた。近赤外 VIPA は 100 程度であるのに対して、低い値が得られた。これは高抵抗シリコン板のテラヘルツ反射率が低い為である。フィネスの低下は水平方向の分解能の低下につながる。

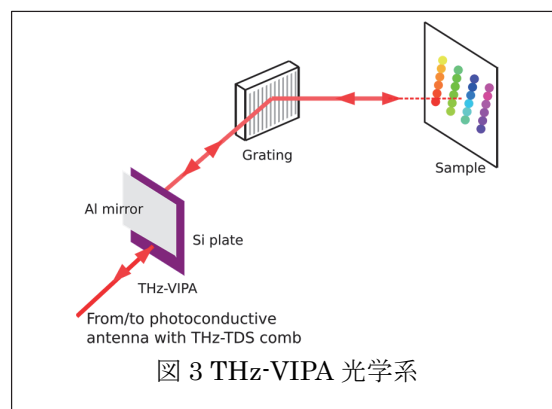
## 2. THz-近赤外ハイブリッドイメージング光学系構築

近赤外帯の VIPA の特性は既知であるが、THz 帯 VIPA 特性については未知である。実験によって両者を同等の光学系で評価し、設計にフィードバックをかける事が THz イメージング系構築への近道である。このため、THz-近赤外ハイブリッドイメージング光学系を構築した[1]。光学系は、THz 波と近赤外光が光学系を共用しており、フリップパーによって切り替えが可能である。THz 波と近赤外光が THz 波の発生には共鳴トネルダイオード(0.43 THz)を用い、近赤外光の発生には外部共振器型半導体レーザー(186.7 THz, 1.607  $\mu\text{m}$ )を用いた。

THz 波と近赤外光は波長が 2 桁以上異なるため、共用光学系では波長依存性のある誘電体膜ミラーやレンズを使用できない。このため金属ミラーと放物面鏡

を用いた。光学系を確認するため、サンプル面に移動ステージを設置し、イメージングを行った。THz 波と近赤外光で同様の画像を取得可能であることを確認した。この光学系における空間分解能は THz 波で 1104  $\mu\text{m}$ 、近赤外光で 44  $\mu\text{m}$ 、であった。

今後は構築した光学系の近赤外光源を THz-TDS、光コムに交換する事で検証を進める。さらに図の THz-VIPA 光学系を組み込むことによって THz-VIPA と近赤外 VIPA の比較を行い、設計にフィードバックをかける。



[発表論文]

1. Y. Tokizane, *et. al*, Appl. Opt., **60**, B100 (2021).