

連続的偏光制御可変型スピントロニックテラヘルツ放射素子開発

北原 英明

福井大学遠赤外領域開発研究センター

*E-mail: kitahara@fir.u-fukui.ac.jp

背景

近年、磁性金属／非磁性金属の薄膜2重層をレーザー照射して過渡的スピン流を誘起し、逆スピンホール効果によるスピン流の実電流変換を利用して、THz波放射を得ることができるようになった（図1参照）。磁性金属／非磁性金属の薄膜2重層から放射されるテラヘルツ波は非常に広帯域(30THz)で、安定かつ安価なフェムト秒レーザーの波長帯(1 μ mまたは1.55 μ m帯)でも励起可能であり、素子製作コストを従来よりも大幅に抑制できることから次世代のテラヘルツ波放射素子とされている。また印加する磁場の方向を変えることで、自由に発生するテラヘルツ波の偏光方向を制御することが可能であることも、大きな利点の一つである。磁場の偏光方向を制御することができれば、テラヘルツエリブソメトリーなど偏光特性を利用した分光法に応用できる。

目的

連続的偏光制御可変型スピントロニックテラヘルツ放射器の開発を行うため、磁場回転機構が一体となったスピントロニックテラヘルツ放射素子によるテラヘルツ波の偏光制御技術の確立を目指し放射器マウントの開発を行う

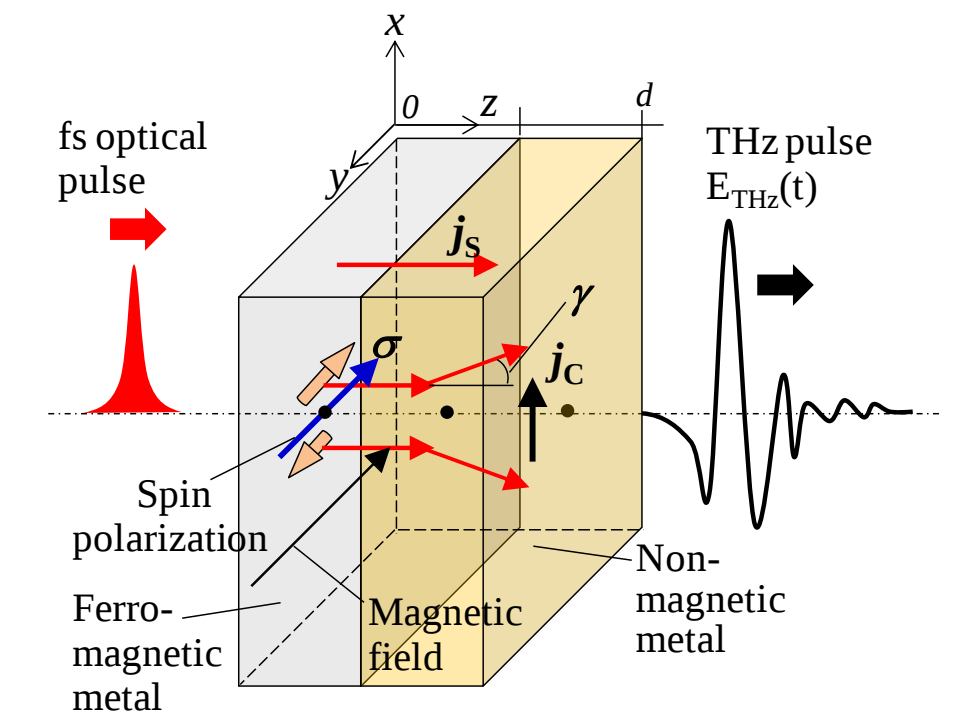


図1. 磁性金属／非磁性金属の薄膜2重層からのテラヘルツ波放射機構模式図。テラヘルツ波の偏光は磁場ベクトルの方向(σ 方向)と垂直になる

設計と製作

- リング型のネオジウムマグネットを使用してリング中央部のスピントロニックエミッタを装荷する領域へ15mTの磁場を印加できるようにする
- リング磁石は円環面に磁場が向いており、スピントロニクスエミッタの膜面に磁場バイアスを印加できるので、磁石を回転することにより磁場の方向を自由に変更可能 → 放射偏光角を自由に制御
- マウントの形状が複雑になるため、スピントロニクスエミッタの押え部品は3Dプリンタにて製作

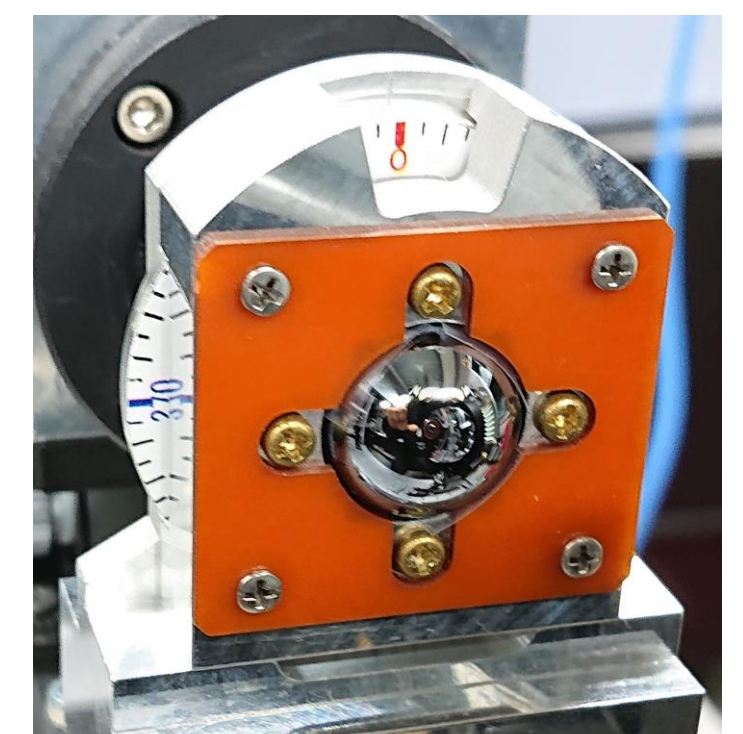
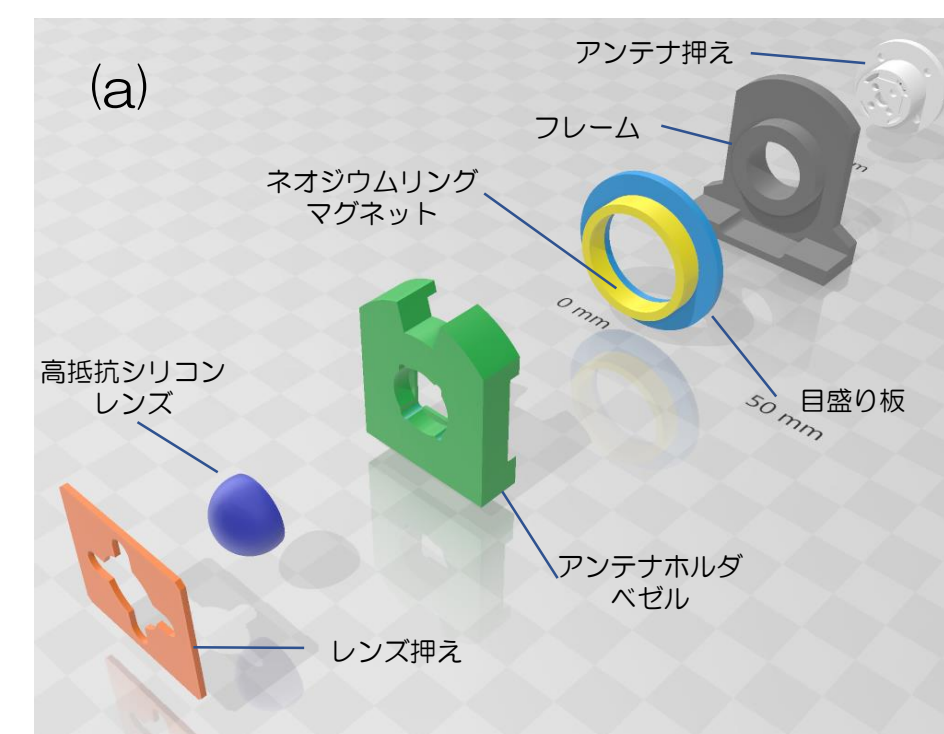


図2. (a) アンテナホルダの分解図、(b) 製作したアンテナホルダの外観、試験用の分光器に設置した状態。

実験

- 研究室で標準的に使用しているテラヘルツ時間領域分光器(THz-TDS)のエミッタアンテナと交換する形で分光器(図3)に設置し時間波形を計測
- 装荷したアンテナにはFe(2nm)/Pt(3nm)薄膜積層のスピントロニクスエミッタを使用
- デテクタの光伝導アンテナはダイポール型を使用
- 計測した窓時間は ~ 35 ps

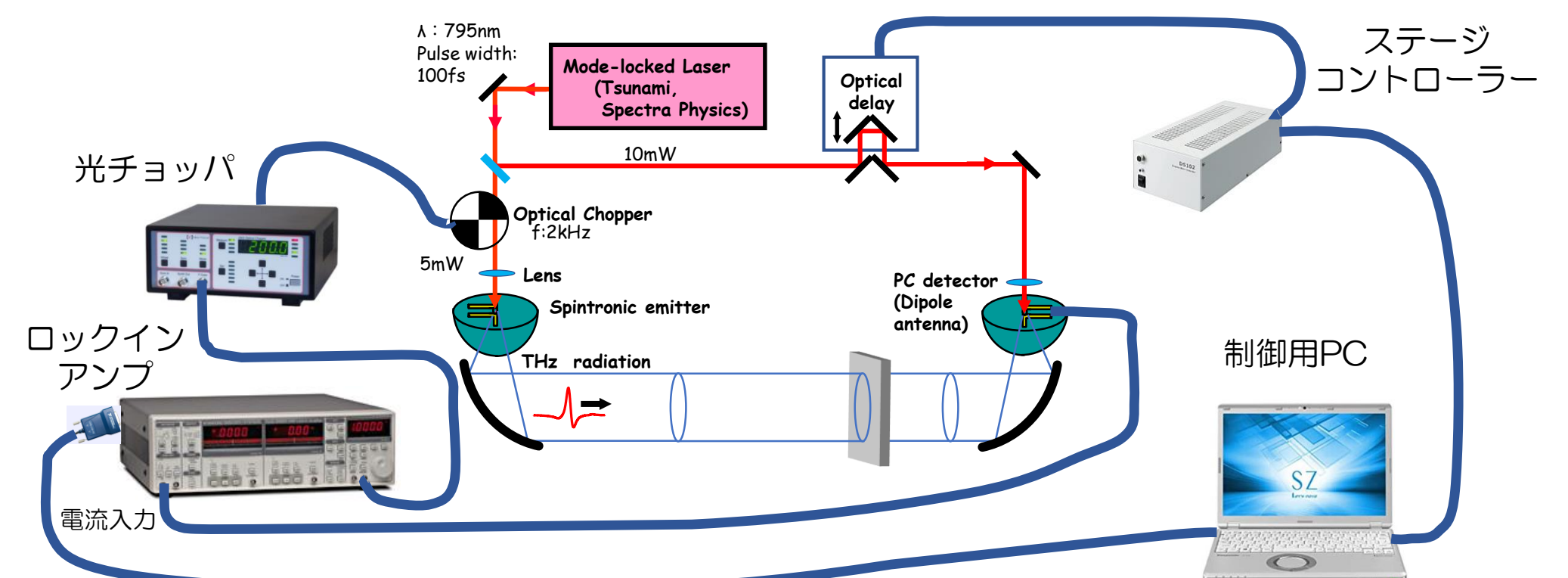


図3. 計測系分光器の概念図、図中左の放射器に製作したアンテナを設置した。

結果

- THz-TDSを用いてスピントロニクスエミッタからのTHz波放射の観測を行い、図4に示すTHz波の時間波形が得られた
- 磁場が反転している条件での時間波形は振幅が反転(位相が反転)している(図4中、0deg(黒線)及び180deg(赤線))
- 90deg(緑線)の時にはデテクタの検出可能な偏光方向に対して直交する偏光のTHz波がエミッタから放出されているため、THz波が殆ど検出されていない
- 図5において0degと180degのスペクトル形状が一致、マウントの磁場印加特性が回転角に依らず安定している

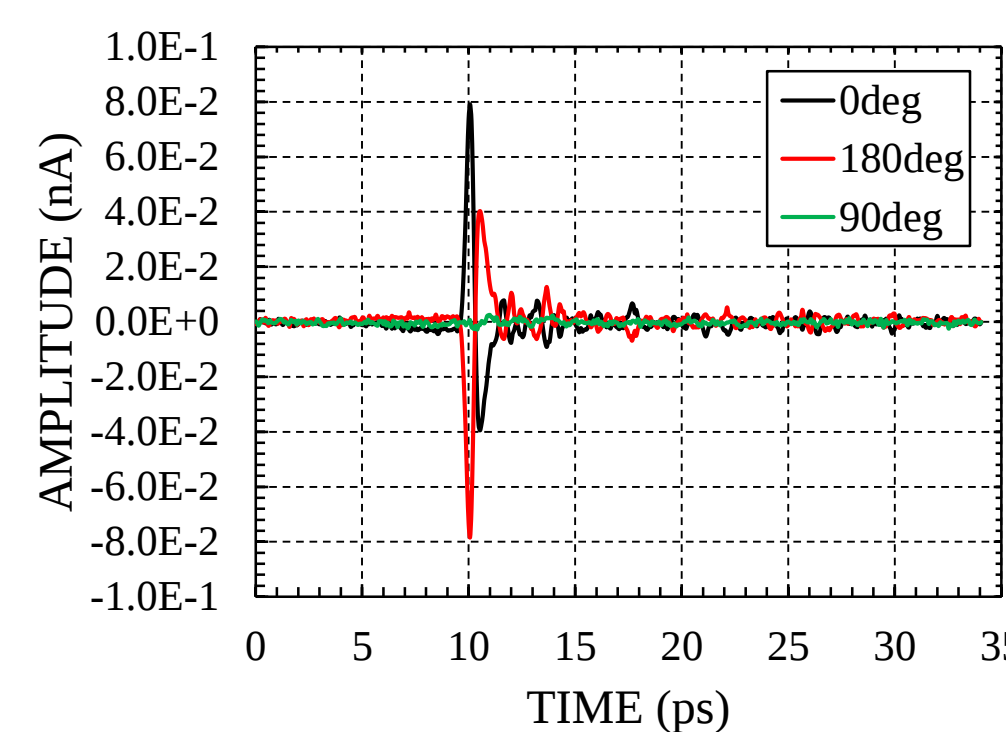


図4. 放出されたTHz波の時間波形、リング磁石の回転位置で波形が変化し偏光制御が行われていることが分かる。

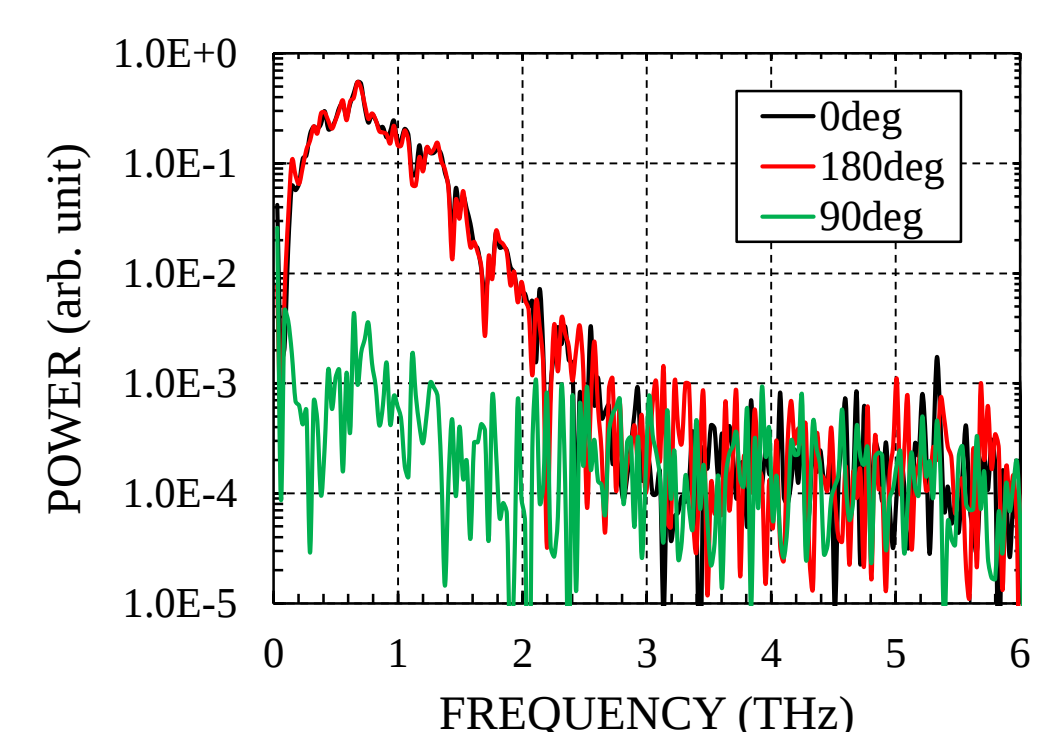


図5. 放出されたTHz波のスペクトラム、0degと180degではスペクトル形状が一致している。

まとめ

連続的偏光制御可変型アンテナマウントの開発を行った。リング磁石を使用して15mTの強度を持つ磁場の方向を、回転面内で自由に配向制御できるようにアンテナマウントを設計製作した。アンテナマウントをTHz-TDSに組み込み時間波形を測定した結果、計画通りの偏光面回転特性が得られていることを確認した。以上、目的とした連続的偏光制御可変型アンテナマウントの開発に成功した。