

文部科学省科学技術試験研究委託事業

「リング型光源とレーザーを用いた光発生とその応用」

(光利用技術の開発)

平成20年度成果報告書

国立大学法人京都大学

本報告書は、文部科学省の平成20年度科学技術試験研究委託事業による委託業務として、国立大学法人京都大学が実施した平成20年度「リング型光源とレーザーを用いた光発生とその応用」（光利用技術の開発）の成果を取りまとめたものです。

平成20年度成果報告書

課題名：「リング型光源とレーザーを用いた光発生とその応用」

業務名：（光利用技術の開発）

実施機関：国立大学法人京都大学

1. 委託業務の目的

レーザーとリング型加速器を用いてテラヘルツ領域及び真空紫外・軟X線領域の極短パルス光、大強度コヒーレント光を生成する技術を確立し、これら従来のシンクロトロン光にない特質をもつた光の利用技術を開拓することを目的とする。このため、大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所及び国立大学法人名古屋大学、国立大学法人京都大学と共同で業務を行う。国立大学法人京都大学では、光利用装置に関わる研究開発を実施する。

2. 平成20年度の実施内容

2.1 実施計画

①コヒーレントテラヘルツ光利用技術の開発

レーザーと電子ビームを用いて生み出される極短パルスシンクロトロン光、コヒーレントシンクロトロン光の利用の具体化に向けた技術的な検討を進める。テラヘルツ領域でのコヒーレント光の利用に関する近接場イメージング技術の開発に向けて、京都大学原子炉実験所の直線加速器を用いて、テラヘルツ近接場分光の予備実験を行い近接場プローブ及び光学系の性能評価を行う。また、分子科学研究所 UVSOR 加速器からのテラヘルツ光取り出しビームラインに関する基本設計を分担して行う。

2.2 実施内容

①コヒーレントテラヘルツ光利用技術の開発

一つ目の実施項目として、テラヘルツ領域でのコヒーレント光の利用に関する近接場イメージング技術の開発に向けて、京都大学原子炉実験所の直線加速器を用いて、回折限界以下の微小領域におけるテラヘルツ近接場分光の予備実験を行い近接場プローブ及び光学系の性能評価を行った。まず透過型近接場照射プローブとして、中空アルミ円錐の先端に直径 $260\text{ }\mu\text{m}$ のピンホールを開けたものを製作し、厚さ $50\text{ }\mu\text{m}$ のステンレス板に開けた直径 1 mm の開口及び標準ターゲットを測定試料として、照射モードでの空間分解の測定を行った。光源には原子炉実験所のコヒーレント遷移放射を用い、検出器（Siボロメータ）には集光効率を上げるために集光プローブを取り付けた。第1図は、 1 mm 開口をその

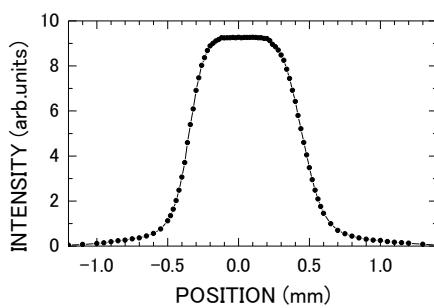


Fig.1 Scan of a hole ($\phi 1\text{ mm}$).

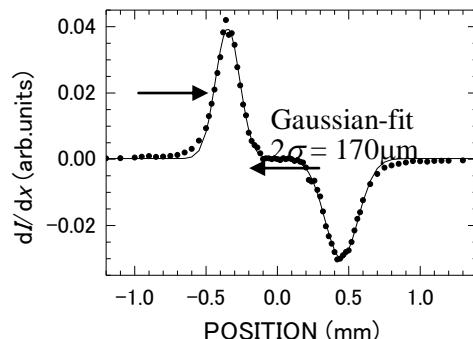


Fig.2 First derivative curve of Fig.1.

直径に沿って一軸スキャンした結果であり、第2図はその1階微分である。微分图形の幅が空間分解に対応しており、ガウス分布をフィッティングした結果 $170\text{ }\mu\text{m}$ が得られた。また第3図に示すように、Martin-Puplett型フーリエ変換干渉分光計を用いて $4\sim25\text{ cm}^{-1}$ の範囲で 16 cm^{-1} 付近にピークを持つスペクトルが測定され、照射プローブを通す場合（図中実線）と通さない場合（破線）で波長分布に違いがあることがわかった。この波長分布を考慮した結果、透過型近接場分光装置における空間分解能は約 $\lambda/4$ であると評価された。さらに本技術の性能を例示するため、ICカード内部配線及び紙幣すかしのテラヘルツ波近接場透視（2次元イメージング）を行った。第4図にICカードの測定結果を示す。XY自動ステージを用いて、横 $7.8\text{ mm}\times$ 縦 9.4 mm の範囲を $100\text{ }\mu\text{m}$ 間隔でサンプリングを行った。検出精度を上げるために、ロックインアンプを使用して、テラヘルツ放射光のパルス繰返しに同期した信号のみを増幅して検出した。図では青色表示ほど透過率が低くなっている。測定の結果、カードの内部にループアンテナと思われる6本の線が巻かれていることが透視できた。

その線の太さは波長よりも十分に小さいことがわかる。第5図には千円札中央の透かしをテラヘルツ透視した結果を示す。人物像の目や周辺の細かい模様が、波長よりも十分に小さい精度で鮮明に透視できていることがわかる。

二つ目の実施項目として、UVSORに設置予定のテラヘルツ光取り出しビームラインに関する基本設計を分担して行った。今年度は光路上に設置されるテラヘルツ領域窓材の検討のため、結晶水晶（厚さ 5.4 mm ）、合成石英（ 3.1 mm ）、TPX（ 4.9 mm ）、Tsurupica（ 6.1 mm ）、カプトンフィルム（ $50\text{ }\mu\text{m}$ ）、マイラーフィルム（ $100\text{ }\mu\text{m}$ ）の透過スペクトル測定を行った。測定には、Martin-Puplett型フーリエ変換干渉分光計とSiボロメータを用い、100W高圧水銀灯を光源とした。測定されたテラヘルツ領域での透過スペクトルを第6図に示す。TPXは透過率が高いものの現在入手が困難であり、またビームライン調整用レーザー光の透過率が低いため使用は難しい。カプトン及びマイラーは厚さ 1 mm 以下の薄いフィルムのため、外力に対する強度的な問題があり真空窓として使いにくい。合成石英は短波長の透過率が急激に

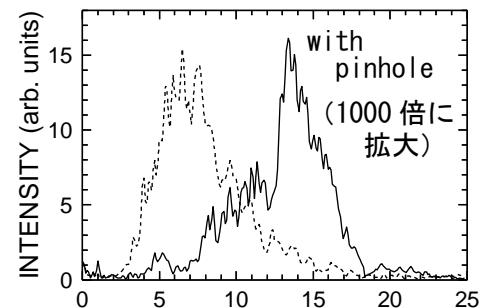


Fig.3 Observed spectra of CTR.

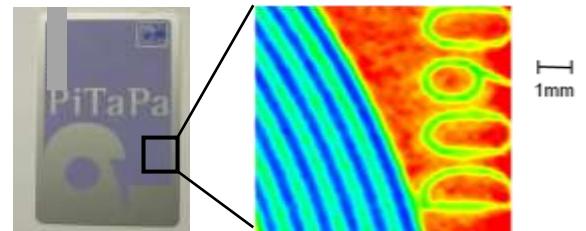


Fig.4 THz imaging of an IC card.

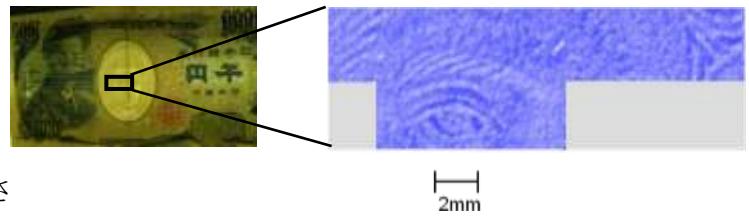


Fig.5 THz imaging of a watermark of a thousand-yen bill.

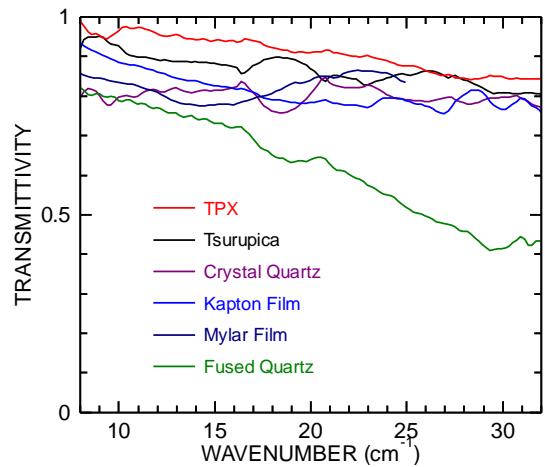


Fig.6 Transmittivity of six kinds of windows.

低下し、テラヘルツ領域での窓材として不適であることがわかつた。したがつて、本ビームライ
ンでは結晶水晶あるいはTsurupicaを窓材として採用することとした。

2.3 成果の外部への発表

別添様式第21 学会等発表実績

2.4 活動

該当なし

2.5 実施体制

別表1 平成20年度に於ける実施体制

別表1 平成20年度に於ける実施体制

研究項目	担当機関等	研究担当者
1. コヒーレントテラヘルツ光利用技術の開発	京都大学 原子炉実験所 京都大学 原子炉実験所	◎ ○ 高橋 俊晴 佐藤 信浩