

京大炉ライナックのコヒーレント放射を光源としたサブテラヘルツ近接場分光装置の開発 Development of Near-field sub-THz Microscopy using Coherent Transition Radiation

京大原子炉 高橋俊晴

Toshiharu Takahashi (Research Reactor Institute, Kyoto University)

短バンチ電子ビームから発生するコヒーレント放射光(CSR)は、テラヘルツ領域における大強度の光源として利用されており、特徴的な利用法のひとつに回折限界以下の微小領域でのイメージング分光を行う近接場分光がある。BESSY では 2cm^{-1} の波長で $\lambda/40$ の空間分解能を得たという報告がなされている [1]。UVSOR において平成 20 年度よりスタートしている文科省・量子ビーム基盤技術開発プログラムの事業の一環として、技術的な基礎データを得るため、既にコヒーレント放射専用の分光ステーションがある京大炉ライナック [2]において、今回簡易な近接場プローブを作成し、コヒーレント遷移放射(CTR)を光源としてサブテラヘルツ領域における空間分解能やスペクトルなどの基礎的性質を実験的に調べた。

スペクトルの測定には Martin-Puplett 型フーリエ変換干渉分光計を、検出器として Si ボロメータを用いた。まず透過測定配置では、中空アルミ円錐の先端に直径 $260\ \mu\text{m}$ のピンホールが開けられた照射プローブを用いた。Fig.1 に照射プローブを通した場合 (実線) とプローブのない場合 (破線) のスペクトルを示す。ピンホールを通すと長波長側での減衰がより大きいことがわかる。Fig.2 は厚さ $50\ \mu\text{m}$ のステンレス板にあけた直径 1mm の開口を、直径に沿って一軸スキャンした結果であり、Fig.3 はその 1 階微分である。幅が空間分解能に対応しており、ガウス分布をフィッティングした結果 $170\ \mu\text{m}$ が得られた。Fig.1 に示す波長分布を考慮すると約 $\lambda/4$ の空間分解能に相当する。

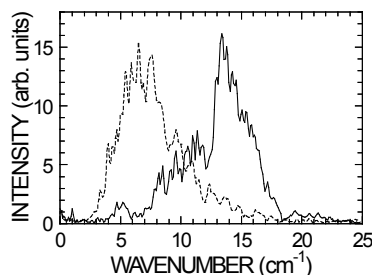


Fig.1 Observed spectra of CTR.

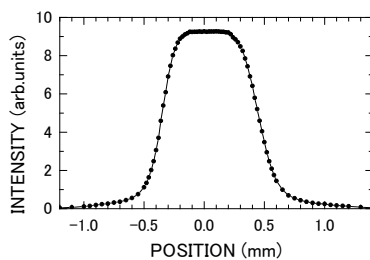


Fig.2 Scan of a hole ($\phi 1\text{mm}$).

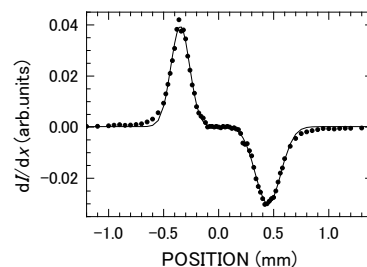


Fig.3 First derivative curve of Fig.2.

次に反射配置での測定を試みた。検出方法は、反射光の一部を半透膜で取り出すビームスプリッター方式(Fig.4)と、照射プローブと同軸上に配置したライトパイプで直接検出器まで反射近接場光を導くライトガイド方式(Fig.5)の 2 種類を評価した。先端に直径 $775\ \mu\text{m}$ のピンホールが開けられた円錐プローブを用意し、前者の方式では照射プローブと同時に集光プローブとして、後者の方式では集光プローブとして使用した。サンプルとして厚さ $300\ \mu\text{m}$ の SUS 板を 1 次元スキャンし空間分解能を測定した結果、ビームスプリッター方式で $\lambda/4.4$ 、ライトガイド方式で $\lambda/4.6$ が得られた。これらの値は透過測定の場合とほぼ同様の数値となっている。測定で得られたスペクトルにはサンプルを置かない場合でもビームスプリッター方式で 75%、ライトガイド方式で 30%程度を受光強度が残っており、サンプルまで達せず照射プローブの途中で反射して戻ってくる迷光と考えられ、分光測定の際にはこの迷光成分を差し引く必要がある。

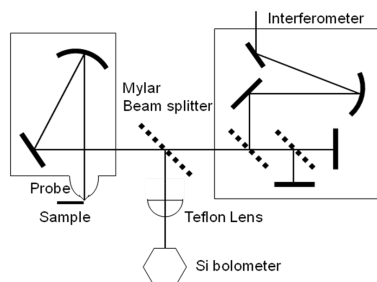


Fig.4. Schematic layout of the optics of the beam-splitter type.

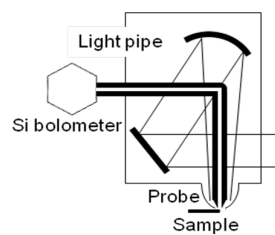


Fig.5. Schematic layout of the optics of the light-guide type.

[1] U. Shade et al., Appl. Phys. Lett. 84 (2004) 1422.

[2] T. Takahashi et al., Rev. Sci. Instrum. 69 (1998) 3770.