

放射光を用いた高感度・高空間分解能赤外顕微鏡の開発

育成研究：JSTイノベーションプラザ・サテライト滋賀 平成18年度採択課題
「放射光を用いた高感度・高空間分解能赤外顕微鏡の開発とナノデバイス・医薬・バイオ研究への応用」



代表研究者：立命館大学・グローバルイノベーション研究機構
教授、SRセンター長 太田 俊明

■ 研究概要

立命館大学 SR センター超電導小型リング内にミラーを装填し、できるだけ広い取りこみ角で放射光の赤外光成分を取り出し、これを FT-IR 赤外顕微鏡に導入する。併せて、近接場手法の開発、光学系の改良による高輝度化もはかり、高分解能の赤外顕微鏡を目指す。

■ 研究内容、研究成果

放射光赤外光の強度を大きくするには、電子蓄積リングが大型、小型であることを問わず、いかに大きな取り込み角度で赤外光成分を取り出すかが鍵になる。立命館大学 SR センターには世界で最も小さい放射光蓄積リング AURORA があり、リング内部にミラーを装填することで、水平 250 mrad 垂直 50 mrad の放射光赤外成分の取り込みが可能である(図1)。この光を FT-IR、赤外顕微鏡に導入した。強度的には内蔵光源に劣るものの、輝度では近赤外から遠赤外の幅広い領域で優れており(近赤外で8倍、中赤外で1.5倍、遠赤外で3倍)、顕微鏡の光源として有効であることを明らかにした。図2にも示すように、内蔵光源では観測できない微小領域のピークも観測が可能である。放射光源の形状は扁平な楕円状であり、これが赤外顕微鏡でも結像されるので、1次元アレイ型検出器を用いることで、測定時間の短縮化も可能になった。

一方、赤外領域で高空間分解能を得るためには、回折限界がネックになる。これを克服する目的で、開口型の近接場手法を開発した。特に、光ファイバーを用いなくて、それより1桁以上の高い透過率の特殊プローブを製作し、これを用いた赤外顕微鏡を開発した(図3)。図4は髪の毛の断面をアクリル樹脂に埋め込んだ試料で性能評価したものである。境界領域で髪と樹脂に特徴的なピーク強度の比から、近接場プローブを用いることで5ミクロンの空間分解能が達成されていることを確認した。

■ 今後の展開、将来の展望

これまで、放射光赤外光源の高度化と内蔵光源を用いた近接場プローブの開発を並行しておこなってきた。近接場手法ではより大強度が必要となるので、放射光赤外光源をさらに高輝度化して近接場手法の光源とし、空間分解能2ミクロンに挑戦する。また、放射光源と並行して、実験室光源を用いた高輝度、大強度赤外顕微鏡の開発も併せて行う。

放射光は今ではナノテク、バイオ材料評価にとってなくてはならないツールとなっているが、SRセンターにおいても、放射光X線を用いた吸収分光、軟X線顕微鏡などさまざまなユニークな実験装置があり、外部のいろいろな企業の材料評価のための利用研究、依頼分析が盛んに行われている。これに加えて、放射光赤外顕微鏡が利用可能になれば、実験室赤外顕微鏡よりも優位であり、同じセンター内の他の分析手法と組み合わせることによってナノ、バイオ材料評価をさまざまな角度から有効に行うことができる。

したがって、本研究成果の事業化にあたっては、赤外顕微鏡を中心にした「分析サービスセンター」を創設することを予定している。

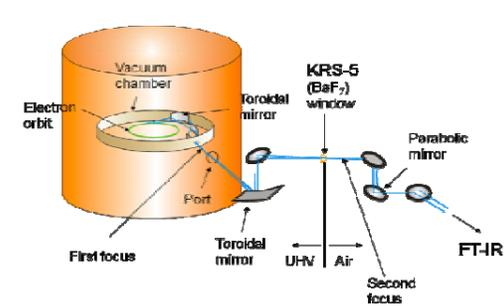


図1. 赤外分光ビームライン光学系
リング内のトロイダルミラーにより、250 mrad^h x 50 mrad^vの赤外成分を取り出す。

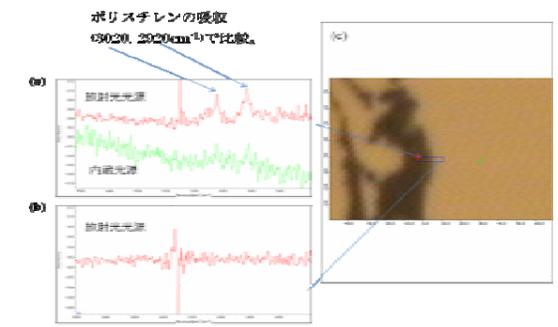


図2. マイカ上のポリスチレン球の顕微赤外吸収スペクトル。放射光光源(赤線)と内蔵光源(緑線)の比較。(c)はビデオイメージ



図3 本プロジェクトで開発された開口型近接場光学系の写真。市販顕微鏡に組み込んである。

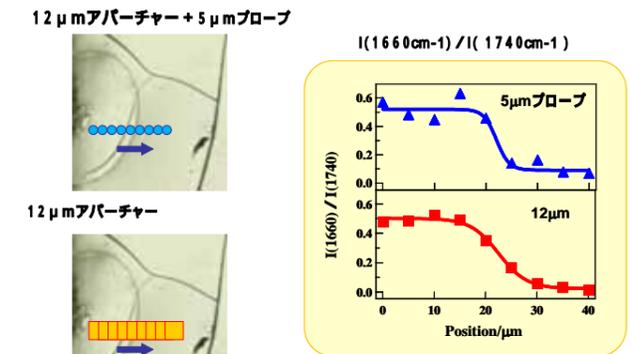


図4 .アクリル樹脂に埋め込んだ毛髪切片境界でのアミド(1660 cm⁻¹)/アクリル(1740 cm⁻¹)ピーク強度比の変化。5 μmの近接場プローブを取り付けることによる空間分解能の向上を示している。

■ 研究体制

- ◆ **代表研究者**
立命館大学・グローバルイノベーション研究機構教授、SRセンター長 太田俊明
- ◆ **研究者**
小堤和彦、山田広成、三浦信広(立命館大学)、吉川正信、村木直樹、青木靖仁、関 洋文、三橋和成、村上昌孝、加藤 淳、馬殿直樹(東レリサーチセンター)、山本章嗣(長浜バイオ大学)、佐々木宗生(滋賀県工業技術センター)、家路豊成(科学技術振興機構)
- ◆ **共同研究機関**
東レリサーチセンター、長浜バイオ大学、滋賀県工業技術センター

■ 研究期間

平成19年4月 ~ 平成22年3月