

BL43IR 赤外物性

BL43IR 赤外物性ビームラインでは、赤外放射光を利用した分光研究を行っている。赤外分光光源として最もよく利用されるのはグローバルランプなどの熱輻射光源だが、これと比較すると赤外放射光は2桁以上高い輝度と低波数への拡張性が特徴である。広帯域をカバーする点も特徴で、1.0～0.012 eV (波数は8000～100 cm⁻¹、波長は1.2～100 μmに相当) でほとんどの実験が行われている。高エネルギー側は、光学系の最適化がされておらず強度が低下するが、1.8 eV程度まで利用可能である。BL43IR の利用実験では、これらの特徴を活かした顕微分光を主として行っている。2015年度は、分光装置内部光軸調整方法の再検討と改善、ビーム安定化システムの開発などを行ったので報告する。

1. 分光装置内部光軸調整方法の改善

赤外顕微分光装置の内部光軸調整は、光源にグローバルランプを用いる場合と赤外放射光を用いる場合で、要求される精度が大きく異なる。一般的にグローバル光源は、内部光学系に使われるミラーなど光学素子のサイズを上回る領域を均等に照らす光であるために、おおそミラー全体に照射する程度の調整精度で十分である。一方、赤外放射光は光学素子のサイズより小さく、なおかつビーム断面に波数強度分布を有するため、光学素子上の同じ場所に再現良くビームが照射されるように調整する必要がある。

分光装置内部光学系の光軸調整は、干渉計ビームスプリッタ (Ge/KBr) の波数領域 (7800～370 cm⁻¹) により視認ができないうえに、従来は干渉計上流 (可視光成分を含む) と顕微鏡試料観察用 CCD カメラ (赤外カットフィルターを取り外し、近赤外領域光をモニター上で

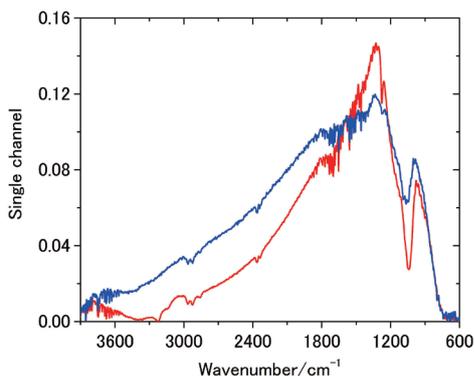


図1 光軸調整の違いによるスペクトル強度分布の違いの例

視認できる) の、いわば入口と出口での視認による位置調整を行い、その結果得られるスペクトル強度と波数分布をモニターするのみで、直接的な可視光視認による内部光学素子上の光軸調整ができなかった。そこで、2015年度に可視光領域のビームスプリッタ (Si/CaF₂: 波数領域15000～1200 cm⁻¹) を導入し、すべての光路を可視化した状態で光軸調整を行い、スペクトルの強度分布と光軸調整との関係を確認した。従前は光路が見えないために、例えば図1の青や赤で示すような、異なるスペクトル強度分布をもつスペクトルが「結果的に」得られる状態であったが、可視光領域のビームスプリッタを導入し光路を同じように再現すると、スペクトル強度分布もよく再現することが分かった。このようにスペクトルの強度分布を再現良く調整できるようになったことで、各種実験の再現性が向上すると期待される。

2. ビーム安定化システムの開発

BL43IRでは、実験ステーションにおけるビームを安定化させるための様々な対策を実施している。ビーム振動は、BL43IRの主要な測定である顕微分光測定において、空間分解能の悪化や、スペクトルのS/N比の増大を招く。また、近接場分光においても、プローブに照射される光が揺らぐため、近接場信号を低下させる。2013年度より、ビームライン上流から実験ステーションに至る30箇所以上の場所で真空チャンバーや架台の振動計測を行い、ポンプの固定や場所の変更、架台の重量化、ダンパー挿入など様々な対策を施してきた。これらは振動そのものを抑制する方策であったが、2015年度、ビーム振動を抑制する安定化システムの開発を行った。図2は、フィードバックシステムの模式図である。このシステムはMRC

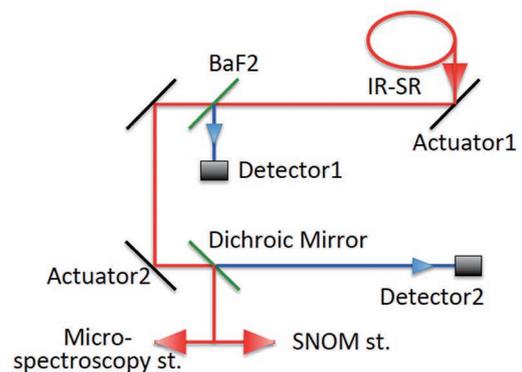


図2 フィードバックシステム模式図

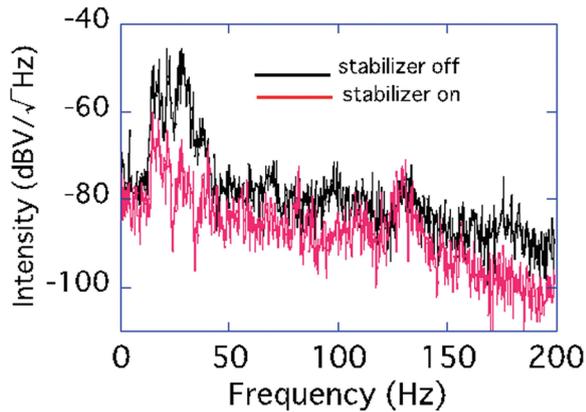


図3 近接場ステーションで測定したMCT信号の周波数解析

Systems社製の4軸ビーム位置安定化装置 Compact Beam Stabilizerを利用して構築した。BL43IRで利用する放射光のうち、可視光の一部をBaF₂窓とDichroic Mirror (Spectral Systems社製、450～750 nmの可視光50%透過、2～15 μmの赤外光は90%反射)で切り出し、Position Sensitive Detector(図2におけるDetector1, 2)でビーム位置をモニターする。Detectorで検出された位置変動をPiezo Actuator (図2におけるActuator1, 2)にフィードバックする。Actuatorにはミラーが組み込まれており、ビーム位置の安定化が達成される機構である。図3は、近接場ステーションにおいてMCT検出器で検出した信号をスペクトルアナライザーで周波数解析した結果で、黒はフィードバックシステムを作動していないとき、赤は作動している時のスペクトルである。全体に振動が減少しており、特に20～50 Hzの帯域で20 dB程度減少していることが分かる。このほか、顕微分光ステーションにおいても、特定の周波数に現れるスパイクノイズが減少している結果が得られた。しかし、2015年度に使用したDichroic Mirrorは、赤外光を反射させる金属蒸着膜が薄すぎて、使用中に劣化が進み、赤外光の反射率が低下することが分かった。今後、Dichroic Mirrorの材質を検討するほか、Detector上におけるビームサイズ、ActuatorとDetectorとの距離など各種パラメータの最適化を行い、安定的にシステムを運用できるよう開発を進める。

利用研究促進部門
分光物性IIグループ
森脇 太郎、池本 夕佳、中村 哲也