

SPring-8 BL43IR 評価報告書

SPring-8 BL43IR 評価委員会
2006年1月13日－14日

SPring-8 BL43IR 評価報告

委員長 野末 泰夫 (大阪大学大学院)
小宮山 進 (東京大学大学院)
近藤 寛 (東京大学大学院)
柳下 明 (高エネルギー加速器研究機構)
G. Lawrence Carr
(Brookhaven National Laboratory)

1. はじめに

本評価委員会は平成 18 年 1 月 13 日、14 日の 2 日間、SPring-8 で開催された。本委員会には予め、Beamline Report BL43IR (Infrared Materials Science) と SPring-8 Overview 2005 の資料が送付され、全委員から事前に個別意見書が提出された。委員会当日には、4 名の国内委員が出席した。施設側からの評価についての概要説明、SPring-8 の全体説明の後、ビームラインの視察を行った。引き続き、ビームライン担当者から装置の概要・研究成果・将来計画の詳細な説明を受け、質疑・応答、意見交換を行った。以下の評価報告書は、国内委員による審議と Carr 氏からの意見書に基づき取りまとめたものである。

2. ビームライン及び実験装置の技術的状況

* 評価

SPring-8 の高輝度赤外放射光の特性を利用して、顕微分光、表面科学、吸収放射分光、磁気光学の 4 つのステーションを立ち上げた。MO ミラーの融解という重大な事故があったが、担当者の尽力により装置としてほぼ予定した性能が得られていることは評価される。

特に、顕微分光ステーションでは約 $10\mu\text{m}$ のスポットサイズの赤外光が得られ、放射光の偏光特性も利用できる赤外顕微分光装置としての優れた性能が得られている。特に、ワーキングディスタンスが 100mm と長いシュヴァルツシルト鏡を用いていることから、大きな測定の自由度があり、例えば、高温および低温用ダイヤモンドアンビルセルを用いた高压下の分光実験が可能である。また、磁気光学ステーションでは、強磁場下での顕微分光という多重極限条件における分光が可能となっており、他ではできない実験が可能となっている。これらのステーションではマッピングも可能となっている。

SPring-8 では電子軌道の安定性を反映して、赤外放射光の安定性が他の施設と比較して格段に優れており、強度において他の施設の赤外放射光よりも劣るが、実際に得られるスペクトルにおいてほぼ同等の S/N 比が得られている。一方、通常の熱光源を用いた赤外顕微分光装置は、近年その性能が向上してきており、空間分解能や偏光を必要としない場合は必ずしも放射光による測定の方が優れているわけではない。しかし、 $10\mu\text{m}$ 程度の空間分解能や偏光を必要とする顕微分光においては中赤外域 (約 $5,000\text{cm}^{-1}$ 以下) で優位に立っている。一方、テラヘルツの実時間領域分光 (TDS) の性能も向上してきており、 500cm^{-1} 以下の

領域の強力な測定法を提供し始めている。しかし、現状では 500 cm^{-1} 以上のエネルギーで放射光による測定が優位に立っている。

次に、表面科学ステーションでは 87 度という入射角での表面赤外分光が可能となっており、また高分解能電子エネルギー損失分光装置も装着されている。しかし、通常光源と比較して放射光を利用するメリットが必ずしも十分でない。

吸収反射分光ステーションでは、Ti サファイヤレーザー光と同期した赤外ポンプ・プローブ分光が可能となっているが、実用上のメリットが必ずしも十分でない。

* 提言

高輝度赤外放射光の特徴を最も生かすことができるのは、顕微分光（磁気光学分光を含む）である。その性能を維持して活用するだけでなく、光学系や検出系などにおいて可能な範囲で改良を行って分光性能を補強し、特徴を更に生かせるようにすることが望ましい。

3. 研究活動

* 評価

顕微分光ステーションを用いた研究は、着実に成果が出ており、今後の発展が大いに期待される。特に赤外顕微イメージングを用いた有機伝導体の金属・絶縁相分離の様子をマッピングした研究や、ダイヤモンドアンビルセルと高輝度赤外分光を使った鉱物結晶中のプロトン移動を伴う圧力誘起相転移の発見は秀逸である。赤外顕微分光を用いた高分子材料のケミカルマッピングの研究も、赤外分光の化学結合認識能の高さを活かした研究の良い例であり、今後、高分子や生体試料などのソフトマテリアルの研究に大いに有効であることを示している。磁気光学ステーションを用いた強磁場中での赤外顕微分光も物性科学の強力なツールであることを示す研究成果が発表されている。

一方、表面科学ステーションを用いた研究と吸収反射分光ステーションを用いた研究は、通常的光源を用いた分光と比較して、装置性能についての優位性が必ずしも十分でないことから、研究成果は十分とはいえない。

* 提言

顕微分光ステーションを用いた研究は優れた成果が得られており、磁気光学ステーションも含めて、これらを中心にして維持発展させる。また、より広い範囲の分野における利用を促進する。

4. 共同利用支援体制

* 評価

赤外顕微分光測定では、試料の扱いと赤外光の調整に手間取るため、熟練を必要とする事が多い。したがって、マニュアル的に進められない部分があり、支援体制への期待が非常に大きい。その点で、支援者のこれまでの努力は高く評価される。その点での利用者の評価も高い。しかし、期待した分光性能と実際との不一致が見られる。これは、顕微分光の性能の説明が不十分なためであり、具体的

なスペックが必ずしもわかりやすく示されてはいない。

物理系や化学系の研究が多いが、生物系の利用はあまり見られない。

* 提言

装置の性能について、その特徴だけでなく、限界を明確に伝えた上で、課題申請がなされるように、情報を十分に伝える必要がある。可能な範囲でわかりやすいマニュアルを整備し、特に決まった内容の測定については、わかりやすい操作マニュアルを整備することは有益である。

より広い範囲の利用者を開拓するために、装置性能だけでなく、具体的な測定例や、何ができて何ができないかも含めたわかりやすい資料を広く公開すると良い。その際、熱光源を用いて得られるデータとの比較が示されていると良い。生物系の利用についても開拓する価値がある。

5. 将来の装置開発と研究の方向性

* 評価

この5年間のR&Dで、赤外放射光の特質や分光光源としての長所・短所が明らかにされ、短所に対しては必要な改善処置が施されてきている。より高いS/N比や空間分解能について、システム全体としての性能向上求める工夫はまだ若干残されている。また、当初に予定していた4つのステーションを立ち上げたが、すべてに力を注ぐのは負担が大きすぎる。顕微関係を中心に装置開発と研究を進める方向は評価できる。

また、マッピングのシステムはよく整備されている。

* 提言

より高品質なスペクトルを得るために、より安定した信号を得るための改良と、光源の強度を稼ぐことは非常に有益である。近接場光を用いた赤外分光は利用価値は高いが、新たな技術開拓を必要とするため、外部の専門家との共同研究が必要であろう。その際、現実の開拓を進めるかどうかについては十分に調査してから判断すべきである。「2. ビームライン及び実験装置の技術的状況」で述べたようにTDSの開発動向も見極めながら本顕微ステーションの開発を進めなくてはならない。

マッピングのシステムについて、より充実した仕様にする。

6. まとめ

ビームライン立ち上げ当初は赤外分光が関わる幅広い分野の研究をカバーすべく、4つのステーションを立ち上げてきたと思うが、これまでの5年間の経験を踏まえて、赤外放射光の特徴を活かせることが分かった顕微分光に関わる分野（高磁場・高圧下を含む）は集中的に予算とマンパワーを注いで、最先端の研究が展開できるユーザーフレンドリーなステーションにしていくべきであろう。