

角度分解光電子分光 (ARPES) は、固体のバンド分散、フェルミ面、エネルギーギャップ等を直接観測できることから放射光施設、特に VUV・SX 領域で盛んに活用されている実験手法である。本稿では海外の放射光施設での一例として、米国 [Stanford Synchrotron Radiation Lightsource \(SSRL\)](#) の ARPES ビームライン (BL5-2、BL5-4) を紹介する。

SSRL [BL5-4](#) は強相関電子系、特に銅酸化物高温超伝導の研究で成果をあげてきた。[1] また、鉄系高温超伝導、トポロジカル量子相の研究にも近年多くの貢献をしている。高分解能で安定した測定が行える ARPES ビームラインであり、超伝導ギャップなどの微細な電子構造の研究に適している。[1,2] 昨年、薄膜の *in-situ* 測定にも対応した [BL5-2](#) 実験ステーションも新たに稼働し始め、ビームライン・実験ステーションの性能と実験の柔軟性が飛躍的に向上した。世界でも有数の高分解能 ARPES ビームラインとして、今後の研究成果とユーザーコミュニティの発展が期待される。

Stanford Synchrotron Radiation Lightsource (SSRL)

米国カリフォルニア州サンフランシスコ市の近郊、スタンフォード大学に隣接している [SLAC 国立加速器研究所](#) では LCLS、LCLSII (建設中) 及び SSRL の共同利用施設が運用されている。1970 年代に建設された SSRL は、現在、第三世代放射光施設として 3GeV、500mA、Top-off モードで運転されている*。30 を超える実験ステーションのうち、VUV・SX ビームラインの実験ステーションは 1/3 程度である。

ビームライン

アンジュレータビームライン BL5 は APPLEII タイプの EPU が設置され、下流は PGM (BL5-2) と NIM (BL5-4) の 2 つのブランチラインからなる。BL5-2 では (1) 光エネルギー 20-200eV、(2) 分解能 40,000 以上、(3) スポットサイズ $10 \times 40 \mu\text{m}^2$ 以下、(4) 強度 $\sim 10^{13}$ photons/秒、BL5-4 では (1) 光エネルギー 7-40eV、(2) 分解能 20,000 以上、(3) スポットサイズ $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ 以下、(4) 強度 $\sim 10^{12}$ photons/秒の光が利用できる。2 つのブランチラインにはそれぞれ専用の ARPES 実験ステーションが接続されており、広範囲の光エネルギーで縦・横・左右円偏光を用いた柔軟

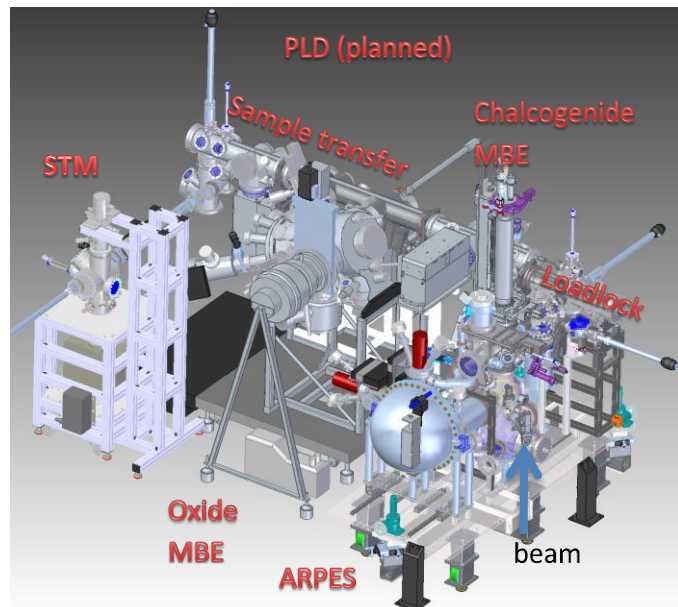


図 1 SSRL、BL5-2 の模式図

性の高い高分解能 ARPES 測定が行える。

実験ステーション

実験ステーションの基本的な構成は Scienta アナライザー(D80, R4000)、低温多軸マニピュレーター(6 軸、5 軸、<10 K)、及び超高真空($\sim 10^{-11}$ Torr)チャンバーとなっている。ビームライン・実験ステーションは分解能数 meV からの ARPES 測定に最適化されており、バルク及び薄膜単結晶試料の測定が可能である。2016 年よりユーザー利用の開始された BL5-2 実験ステーションは、薄膜作成・評価装置と超高真空で接続されており、薄膜の *in-situ* 測定に対応している。現在、2 つの MBE と STM が稼働しており、PLD も接続される計画である。(薄膜作成・評価装置は現在ユーザー利用対象外)。ユーザーインターフェイスは LabVIEW で統合されており、直感的なグラフィックスに加え、スクリプトによる柔軟で制御された自動測定に対応している。

まとめ

以上概略したように、SSRL の ARPES ビームライン・実験ステーションの性能は、広範囲な光エネルギー(7–200 eV)、偏光制御、小さなスポットサイズ($\sim 10\mu\text{m}$)、高光強度、高分解能と魅力的なものとなっている。BL5-2 の完成により、多様なバルク単結晶試料を最適な実験条件で測定できるようになった。さらに、*in-situ* 薄膜 ARPES [2]によりビームライン・実験ステーションの可能性は大きく広がる。近い将来には、スピン分解 ARPES にも対応する。現在、米国のみでなく、日本、中国、韓国、及び欧州からのユーザーが SSRL の ARPES ビームラインを利用している。今後の成功のためには、新しい魅力的な研究のアイデアと実行力を持ったユーザーコミュニティの発展が欠かせない。ビームラインは年 3 度(6, 9, 12 月)プロポーザルを受け付けている*。興味を持たれた方は筆者までぜひ連絡をいただきたい。

謝辞

Stanford Synchrotron Radiation Lightsource is operated by the U.S. Department of Energy, Office of Science, Office of Basic Energy Sciences.

参考文献

[1] M. Hashimoto *et al.*, *Nat Phys* **10**, 483 (2014); M. Hashimoto *et al.*, *Nat Mater* **14**, 37 (2015)

[2] J. J. Lee *et al.*, *Nature* **515**, 245 (2014); Y. Zhang *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **117**, 117001 (2016)