

近況 Trieste

ここ Trieste では現在 2 つの光源が稼働しています。一つは周長 259m、2.0-2.4GeV のシンクロトロン Elettra で、もう一つは軟エックス線自由電子レーザー Fermi です。Elettra は最初期の第 3 世代シンクロトロン施設として 1991 年に建設が始まり 1993 年 10 月に運転を開始しました。後にリング中央の空き地にブースターを建設して 2010 年からは Top-up 運転をしています。Fermi は 2009 年に建設が始まり、2012 から稼働している外部 seed 光型の自由電子レーザーで、波長域 100-20nm の Fermi1 と波長域 14-4nm の Fermi2 の 2 つの光源があります。ただし 2 つの光源を同時には使えませんし、Fermi1 と Fermi2 の切り替えには時間を要するため、実験はどちらの光源を使うかをあらかじめ決めなければいけません。Fermi の特徴はレーザー光をシード光として用いているためコヒーレントな光が得られること、AppleII 型のアンジュレータの採用で、縦横の直線偏光のみならず、左右円偏光も使用可能なことです。現在 4 つのビームラインが使用されており、建設中のビームラインと計画中のビームラインが 1 つずつあります。シンクロトロンリングと違って光源は 1 つしかないためビームラインを増やすことは、それぞれのビームラインのマシントイムを削ることになるため、これ以上の建設は難しいのではないかと思います。一方第 3 世代光源の Elettra には 18 の挿入光源ビームラインと、9 のベンディングマグネットビームラインがあり、エネルギー領域は赤外からエックス線まで幅広い構成になっています。ビームタイム申請の採択率はイタリア以外からの申請に関しては、おおむね 1/3 から 1/4 で、施設の性能からすると健闘していると思います。というのも、シンクロトロンリングの性能が emittance で評価されるのであれば、Elettra の 7nmrad (水平方向 2.0GeV 運転時) という数値はこの規模の第 3 世代リングとしては最低クラスの性能だからです。そこで、2013 年から Elettra もアップグレードの準備に入りました。他の多くの施設と同じく、アップグレードの条件は、現在の挿入光源、ビームラインを基本的に移動させずにそのまま利用して emittance をできるだけ小さくするというものです。新しいリングの名称は Elettra2.0。この制限のために流行りの 3GeV, 500mA は採用されず、2GeV に据え置かれます。最終案では Lattice の変更により、emittance は水平方向で 250pmrad となんとか「現在の」世界最高水準に改良されることになっています。さすがにベンディングマグネットビームラインを同じ場所に据え置くことは無理なようで、どうせ分光器を動かさないといけないのであれば、各ベンディングマグネット横に新たに作られる短直線部に short Wiggler を挿入して、それを新たな光源とすることが推奨されています。詳しくは

www.elettra.trieste.it/lightsources/elettra/elettra-2-0.html/ を見てください。この改良により、輝度は $h\nu=1\text{keV}$ で 1 桁以上あがりますが、低エネルギー領域ではさほど改良されず、100eV で 4 倍、20eV では 2.5 倍のようです。リング電流が現在の 310mA から若干増えて 400mA になるため (現在も公式には 350mA なのに、実際は 310mA なので、本当に 400mA にできるか疑わしいですが。)、Flux も若干増えることになりませんが、多くの VUV 領域のユーザーにとってはアップグレードの利点はほとんどないという感じです。VUV 領域のユーザーにとって最も大きく変わる点は coherence です。100eV 以下では coherence はほぼ 100%で、いわゆる回折限界光源になります。現在一つ一つのビームラインごとに、アップグレード後にエンドステーションでの光がどう変わるかを光学エンジニアグループが評価しています。特に光学素子の振動などの不安定性や、スロープエラーによる回折など、coherence が上がることによる弊害が慎重に評価されています。現在の挿入光源、分光器をそのまま使えるアップグレードという計画のために「未来の」世界最先端には届かない割には、アップグレードの恩恵を受けるためには、結局はアンジュレータや光学素子を入れ替えたり、場合によっては分光器を作り替えなくてはならないということで、正直言って個人的にはこのアップグレードでよいのかなと疑問に

思います。今回のアップグレードを好意的に見ているのは、顕微分光ビームラインと X 線ビームラインの関係者です。それ以外の多くのビームラインは、ある意味戦略の見直しを迫られています。加速器のアップグレードの予算は 100Meuro と見積もられており、その予算が獲得できた 2 年後に Elettra は shutdown だそうですので、ビームライン側の対策が急がれます。

我々の APE beamline は 2015 年に ARPES 部($h\nu=10-85\text{eV}$)に奥田型のスピン検出器を導入したため、in-house の実験、ユーザー実験ともスピンの測定が多くを占めるようになってきました。Weyl Fermion 関係で遷移金属カルコゲナイドなど、semimetal の測定がさかんになっています。高性能のスピン検出器といえども角度およびエネルギー分解能を上げようと思うと、やはり光の強度が重要で、新しい光源 Elettra2.0 が、このエネルギー域でほとんど性能に変化がないというのは残念です。対して XPS,XAS 部($h\nu=150-1500\text{eV}$)ではちょうど operando と ambient pressure 実験に特化しようとしている時期なので、光源の輝度の改善による効果が少しは期待できそうです。

Fermi のビームタイム申請は毎年年末の年 1 回です。これまで 5 年で日本からは東大物性研のグループが DiProl(Diffraction and Proejction Imaging) beamline に、東北大多元研のグループが LDM (Low Density Matter) beamline で実験を行っています。Elettra のビームタイム申請は毎年 3 月と 9 月の 2 回。Elettra2.0 へのアップグレード時期はまだ未定なので、しばらくはこれまで通りのビームタイム申請スケジュールでしょう。

これまではユーザーに便利な空港-Elettra 間の民間の送迎サービスは Science Bus (www.science-bus.com/) だけでしたが、これからは GoOpti (www.goopti.com/en/) のサービスも使えるようになりました。Science Bus は Trieste 空港-Elettra 間には便利だったのですが、Venezia の空港への送迎料金が高額で、人数が少ないと使いづらかったのですが、GoOpti の料金設定はかなり良心的です。比較的安価な日本-Venezia 便もこれからは選択肢に入れられると思います。