

## 直線部増強報告とその後の方針(利用系)

### BL-16: 高速可変偏光スイッチングアンジュレータービームラインと軟 X 線分光研究

伊藤健二、小出常晴（物構研 PF）

PF リングは、アンジュレーター用直線部が大幅に増強されました。特に B1 B2 直線部 (BL-2)と B15 B16 直線部 (BL-16)の 2 箇所你最長直線部は ~9 m に達します。このうち、B15 B16 直線部 (ビームライン BL-16) に関しては、「直線部に 2 台の左/右円偏光 (及び水平/垂直直線偏光) アンジュレーターを直列に配置し、リング内のキッカー電磁石で電子軌道を水平面内に振ることにより、交流的な (~10Hz) 左/右円偏光 (及び水平/垂直直線偏光) を下流分光ビームラインに供給する」という計画・検討が進んでおります。それらは主に、期待されるサイエンス、アンジュレーターと電子軌道制御、及び分光光学系の観点から、検討されました。

PF リングの Emittance は、第 3 世代 (又は新第 3 世代) リングのそれと比べると、10 倍近くも大きく、我々はアンジュレーター放射の Brilliance ではなく、Photon Flux 又は Brightness で勝負すべきだ、と考えます。次に見るように、このような“戦場”を選ぶならば、PF 直線部はまだ十分に国際的競争力があるからです。PF リングは、(1) リングエネルギーが軟 X 線アンジュレーターに適度の大きさで、アンジュレーターの基本波が軟 X 線をほぼカバーできること、(2) B15 B16 長直線部のベータatron 振幅 (正確にはその平方根) が平均して小さいので、アンジュレーターの周期数を大きく取れること、(3) ~9 m の長直線部により 1 台 ~3.5m のアンジュレーターを 2 台設置できること、及び (4) リング電流が高い (平均 ~400mA) こと、の強みにより、高 Photon Flux 又は高 Brightness が得られます。

新 BL-16 からの可変偏光軟 X 線を利用するサイエンスは、[I] 偏光の交流スイッチングをフルに利用する研究と、[II] 可変偏光を主に利用する研究、に大別されます。[I] は基本的に、重要だけれどシグナル強度 ( $10^{-3} \sim 10^{-5}$ ) が小さ過ぎてこれまで検出できなかった二色性 (Dichroism) の検出が、メインテーマになるでしょう。具体例は、自然円二色性 (XNCD) によるカイラル対称性分子・物質、特に生命体分子のホモカイラリティと生命との相関の研究、微小な軟 X 線磁気円二色性 (XMCD/XMLD) によるナノスケール磁性体、及びスピントロクス用物質 (希薄磁性半導体など) の研究、強相関電子系化合物 (ペロブスカイト Mn 酸化物や高温超伝導 Cu 酸化物など) の特に臨界点近傍の研究、及び温度可変・常磁性磁気円二色性 (ParaXMCD) による磁気秩序を持たない物質の研究、等が挙げられます。実験手法は、少なくとも当初は、光源の 10Hz に同期させたロックイン・アンプ利用の位相敏感検波法による高 S/N 比測定が主流になると予測されます。[II] の研究として、時間分解 XMCD 測定による表面磁性ダイナミックスの研究、軟 X 線共鳴散乱・回折の CD/LD によるナノ構造と電子状態の相関の研究、スピン分解光電子分光による磁性体/(非)磁性体の表面・界面及び巨視的磁化のない物質の価電子帯スピンの研究、光電子分光顕微鏡による微小磁気ドメインの実空間観察と局所電子状態の研究、カイラル分子の内殻光電子放出と分子解離の角度分解円二色性、円二色性ダイナミックススコープ、円 (可変) 偏光を利用した新質量分析法、等が提案されています。

上述の軟 X 線分光研究をターゲットに、BL-16 のハード技術に関して合計数年間の検討が行われました。現時点までに、以下の方向性がほぼ固まり、PF 内でのコンセンサスも得られております。(i) 2 台のタンデム配置アンジュレーターで左/右円偏光、及び水平/垂直直線偏光の可変偏光を発生する。(ii) キッカーマグネットで電子ビームを水平面内に振り、偏光の交流的な (~10Hz) 切り替えが可能とする。(iii) リング内直線部の電磁石で電子ビームの軌道をフィードバック補正する。(iv) ビームライン分光光学系は、可変偏角 Monk-Gillieson 型不等刻線間隔回折格子 (VLSG) 分光器を採用する。(v) 分光器の入射スリットありとする。(vi) 光子エネルギー領域は、アンジュレーターの 1 次光が 250(or 200) ~ 1000eV, 3 次光を利用すれば高エネルギー側は 1500 ~ 1600eV までカバーする。(vii) ビームライン分光光学系は、偏光をスイッチングした時に、試料上で 2 台のアンジュレーター (試料からの距離が異なる) からの光ビームのスポット位置や光強度が、可能な限り一致することが重要かつ必須である。この問題は、従来の分光光学系では考慮されなかったが、新 BL-16 では決定的に重要であり、それを補正するメカを検討・考慮してある。