

◁研究会報告▷

第8回欧州粒子加速器国際会議報告

持箸 晃 (分子科学研究所極端紫外光実験施設)

2002年6月3日から6月7日までの5日間、パリ郊外にある Cité des Sciences & de l'Industrie において第8回ヨーロッパ粒子加速器国際会議 (Eighth European Particle Accelerator Conference, 略して EPAC2002) が催された。EPAC は2年毎にヨーロッパで開催されている世界的規模の粒子加速器国際会議であり、前回はオーストリアのウィーンで開催された。この国際会議はその名の通り粒子加速器全般に渡る会議となっており、放射光源用加速器はもちろんのこと素粒子物理学や原子核物理学に用いられるシンクロトロンやサイクロトロン、がん治療用加速器などその内容が多岐に渡っている。会議の最終日の Closing Session では Contribution 数がおよそ900と発表され、まさに世界中の加速器科学の研究者が一同に会するような会議であり、様々な分野からの参加があって大変興味深かったが、ここでは特にヨーロッパにおける放射光源加速器に関する発表について幾つか簡単にまとめてご紹介したいと思う。

1. SOLEIL 計画

1999年に出された SOLEIL 計画のデザインとは一部変更されるようであるが、今年中に SOLEIL 計画は着工となり、phase1 として2005年の終わりまでに光源加速器と10本のビームラインのコミッショニングを終了させることを目標としている。次いで phase2 として、2009年を目標としてさらに14本のビームラインの建設を終了させることのであった。

次に光源性能であるが、「高エネルギー領域 (3-18 keV) における高輝度光源を」という需要を満足させるべく、ビームエネルギーを当初の2.5 GeV から2.75 GeV へと引き上げたことのであった。また、できるだけ多くの挿入光源を設置することをデザインの方針としており、リング周長を当初の計画より若干長くすることで24の直線部 (12 m×4, 7 m×12, 3.6 m×8) を設けることが可能となった。リング周長354 m に対して直線部がそのおよそ3割 (合計104 m) を占めることになり、まさに第三世代の光源加速器といった感がある。現在のデザイン値では水平方向エミッタンスが3.73 nrad, マルチバンチ運転時におけるビーム電流は500 mA, ビーム寿命が20時間とことのであった。

挿入光源についての研究開発も進んでおり、(1) VUV 領域 (5-40 eV) をカバーする長周期型 (周期長500 mm) 電磁タイプの楕円偏光アンジュレーター、(2) 主に軟 X 線領域 (10-200 eV) をカバーする短周期型 (周期長200

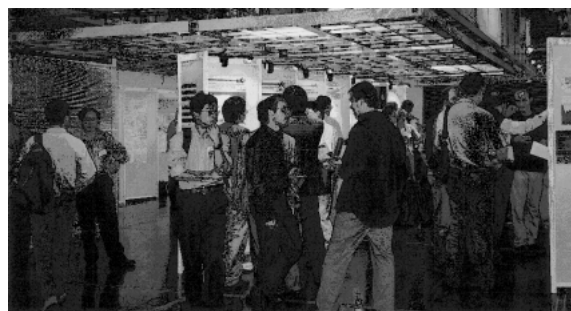


図1 ポスターセッション会場風景。連日参加者で盛況であった。

mm) 電磁タイプまたは永久磁石タイプのアンジュレーター (1.5 keV までエネルギー領域を拡張するために周期長80 mm の永久磁石タイプのアンジュレーターと組み合わせるそうである)、(3) 18 keV までの高輝度光を供給する周期長20 mm の真空封止型アンジュレーター、などの話題が紹介されていた。

2. DIAMOND 計画

前回の EPAC (EPAC2000) の後、全体設計が行われてデザインレポートの完成に至っているとのことである。また資金供給、建設や施設の運営を行う合弁ベンチャー企業 (DIAMOND Light Source Ltd) が組織され、DIAMOND 計画は公式に調達段階に入ったそうである。予定としては2003年3月から建設を始め、2004年7月から加速器の設置を始めることのであった。

DIAMOND 計画のビームエネルギーは3 GeV であるが、光源設計は高輝度光の生成に最適化された設計となっており (水平方向エミッタンスのデザイン値は2.7 nrad), なおかつ周回する電子ビームの動的特性を良好に保つことで比較的長寿命 (10-20時間) を実現することが可能なものとなっている。リングの周長は562 m であり、そのうち全長5 m までの挿入光源を18台、全長8 m までのものを4台設置可能な直線部が導入される設計となっている。さらに20の偏向電磁石が光源として使用可能とことのであった。

挿入光源についてであるが、2001年9月に8本のビームラインが選ばれて各ビームラインで要求されるスペクトラムの議論をもとに導入する挿入光源のタイプが固まったそうである。それらを列挙すると、(1) 高エネルギー領域 (20-100 keV) をカバーする超伝導マルチポールウィグラー (周期長60 mm, 周期数16)、(2) 3.4-20 keV をカバーするアンジュレーター (周期長33 mm, 周期数149)、(3) 5-

25 keV をカバーする真空封止型アンジュレーター (周期長23 mm, 周期数85) 3台 (うち1台は短周期とする可能性があるとのこと), (4)1.5-20 keV をカバーする真空封止型アンジュレーター (周期長27 mm, 周期数72), (5)200-1300 eV をカバーするヘリカルアンジュレーター (周期長64 mm, 周期数75), そして(6)6.5-20 keV をカバーするアンジュレーター (周期長27 mm, 周期数72), となっている。これらの挿入光源は2005年の終わりにはリングに設置可能とする予定であるとのことであった。

3. Swiss Light Source の現状について

Paul Scherrer Institute (PSI) にある Swiss Light Source (SLS) はビームエネルギー2.4 GeV (最大エネルギーは2.7 GeV) の光源加速器で, 2000年12月にビーム蓄積に成功し翌2001年6月までにビーム電流のデザイン値 (400 mA) に到達することで調整の最終段階に入った。2001年8月から同年終わりにかけて4本のビームラインに対して放射光を供給し, 運転時間の70%をユーザー運転に割り当てた。2002年1月から4月の期間は1300時間がユーザー運転に割り当てられており, これは積分電流値にしておよそ250 Ah に相当しているとのことである。

SLS は入射器として100 MeV の線形加速器と最大エネルギー2.7 GeV のブースターシンクロトロンが用いられている。線形加速器のコミッションング状況であるが, 2000年4月の段階で実機が長期間の安定性を含めてスペック値を全て満たすことが確認されたそうである。運転の初期段階ではもっぱらマルチバンチ運転を行っていたが, ストレージリングの蓄積パターンに対応するため現在はシングルバンチ運転を行っている。電子ビームの線形加速器の通過効率は90%, またブースターシンクロトロンへの入射効率として ($\pm 0.5\%$ のエネルギーフィルターを通して) 65% が得られていることが報告された。2002年4月の段階で, 線形加速器の運転時間はおよそ6000時間にのぼるとのことであった。

SLS では線形加速器のビームをブースターシンクロトロンに入射し, さらに電子ビームをストレージリングのビームエネルギーまで加速して入射する, いわゆる Full Energy Injection の方法が採られている。ブースターシンクロトロンへのコミッションング状況であるが, 2000年7月にコミッションングが始まり7月中にビーム周回に成功した。翌月には2.4 GeV まで加速したビームを取り出すことに成功している。その翌月には1 nC (1.1 mA に相当) のビーム取り出しが行われており, この取り出しビーム強度はストレージリングに400 mA のビームを入射するのに3分間で終了することを意味する。ストレージリングへの入射効率も良好で, 線形加速器~ブースターシンクロトロン間にエネルギーフィルターを設けた場合, ブースターシンクロトロンからストレージリングへの入射効率はほぼ100% のことであった。

ストレージリングの水平方向エミッタンスのデザイン値

は5 nmrad であるが, 実際の水平方向エミッタンス値はデザイン値と等しいことが確認されたそうである。SLS では蓄積電流400 mA が実現されているが, 電流値を増加させるために高周波加速空洞における高次モード (Higher Order Mode, HOM) 励起によるビーム不安定性, 並びに多バンチ運転時におけるビーム不安定性などの問題を克服する必要があった。HOM については, 空洞の温度調整や HOM 周波数の変調を行うことで HOM 励起によるビーム不安定を抑制する対策が採られている (現在, 通常では300 mA で運転が行われており, 400 mA 運転では HOM 抑制のための対策を行うとのことであった)。また多バンチ運転時のビーム不安定性については Ion Trapping と Resistive Wall Impedance が原因であろうと議論されており, 現時点では Chromaticity を大きく正值にして抑制しているとのことであった。それと同時に Transverse Multi-Bunch Feedback System のテストも行われており, Feedback はかなり効果的であるとの報告があった。

SLS では2001年4月から11月にかけてまず4つの挿入光源が設置された。それらを列挙すると(1)強磁場ウィグラー (5-40 keV), (2)真空封止型アンジュレーター (8-14 keV), (3)電磁タイプのツインアンジュレーター (8-800 keV), (4) Sasaki/Apple II タイプのツインアンジュレーター (90 eV-3 keV) である。また, SLS では2002年の間はユーザー運転時にトップアップ運転を行っており, 軌道フィードバックシステムによってトップアップ運転中の軌道安定性はおよそ $1 \mu\text{m}$ に収まっており, またビームエネルギーの安定性はおよそ 10^{-5} という報告があった。以上のように SLS のコミッションングは順調に行われており, 諸性能もデザイン値を満たす結果が得られているとのことであった。

EPAC ではプロシーディングスの提出が全てネットワーク経由で行われており, なおかつ提出締め切りが会議の開催前となっている。参加者は会場に赴いて自分が提出した原稿が正しく受理されたかどうかを確認することができ, 従ってプロシーディングスが配布される時期も比較的早い。また内容が Web 上で公開される予定になっており, キーワード検索等もできて大変便利である。近日中に今回のプロシーディングスは Web 上で公開される予定である (<http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/top-page.html>) 興味のある方はご参照されたい。

EPAC は数多くの参加者によって盛大に行われた。筆者もポスターセッションに参加したが, 実験や解析等についてかなり具体的なアドバイスを受けた。筆者はこれが2回目の参加であるが, 前回と同様, 触発されたり励まされたりショックを受けたりと, 本当に良い刺激になった。初夏の爽やかな風に吹かれながら, 心地の良い焦りを覚えてパリの街を歩く毎日であった。次回 EPAC は2年後の2004年にスイスのルツェルンで行われる予定である。