

動向

小型光源と放射光の工業利用について

早坂 東亜 (オックスフォード・インストゥルメンツ㈱)

1. はじめに

1985年ころからの数年間、X線リソグラフィ用光源として小型蓄積リングの開発が話題を賑わした時期があった。日本、米国、西独(当時)、フランス、英国などで小型蓄積リングの設計案の報告があいつぎ、1988年につくばで開催されたSRI '88では専門のアドホックセッションが持たれて話題性が最高潮に達した。そして、幾つかの小型リングは初期の性能を発揮し、本来の目的のために使用されている。

一方、学術研究領域での放射光利用は年々多くの成果を産み出し、より先端的研究を目指して第三世代の放射光源施設が建設されるにいたっている。しかし、日本の放射光施設における産業界の利用状況を見るかぎり、放射光の工業利用についてはまだ切迫したニーズが多くないと認識するのが妥当と思われる。また、小型光源を現時点で見ると、実際稼働しているビームラインの数はそんなに多くはない。リングの性能が発揮されているのに利用率が低い理由は様々であろうが、産業界における放射光利用の必然性がいまだにそれほど高くないことが最大の理由であると思われる。

本稿では、リング、ビームライン、実験装置のサプライヤーの立場から、当社の超伝導小型蓄積リング HELIOS をめぐる状況を紹介するとともに、放射光利用が産業界に広まることを目指して行なっている活動についても言及する。

2. 超伝導小型蓄積リング HELIOS をめぐる状況

当社では、X線リソグラフィ用光源として超伝導小型蓄積リング HELIOS を開発した。空芯超伝導偏向磁石を2個用いるレーストラック軌道の電子蓄積リングで、最大エネルギーは700 MeV、入射器として100 MeV 電子線型加速器を2台直列に配置している。米国 IBM 社の East Fishkill 事業所にある Advanced Lithography Facility (ALF) に1991年3月に搬入された。

この装置の特徴は、工業利用を考慮して小型・軽量化し、頑丈なフレームの上に蓄積リング全体を一体として組み立てる設計としたことにある。このような構造なので、工場内で蓄積状態までの試験を行ない、そのままの状態での輸送・搬入・設置を行うことができる。リングの運転条件が確定しているので、入射器およびビーム輸送系を接続して直ちに運転に入ることができる。いわゆる commissioning の時間が短縮でき、放射線防御に対する負荷も少なくすむ。当社は、リングのみならずビームラインもあわせて設計・製作できるので、単に装置としてではなく施設として全体を考慮した設計を行うことができる。事実、ALF にはフロントエンドを含むビームライン全体を納入している。

ALF に搬入後5年を経過したが、稼働率は平均で95%を越えている。故障の原因はすべて解析され、対策が講じられている。運転状況は英国の工場へ通信回線を通して送られ、故障に対する

迅速な処置に役立っている。入射は当初200 MeVで行なっていたが、途中から、線型加速器の第一加速部のみを動作させる100 MeV 運転に切り替えている。蓄積電流は入射直後で平均約300 mA、寿命は200 mA 時に約30時間である。この長寿命は、偏向磁石部の真空槽内壁にクライオパネルになっていることによる真空度の高さによると考えている。通常朝7時には入射を終え、その日は2回目の入射を行なわない。このような状態でルーチンの運転を行なっている。

上記の運転経験を踏まえて、HELIOS 2を開発している。基本的設計は1号機と変わらないが、①入射器を100 MeVのマイクロトロンとしたこと、②RF加速系をクライストロンから3極管としたこと、③直線部と偏向磁石部の間に真空弁を挿入したこと、が主たる変更点である。これらは、設置スペースの削減、スペアパーツの経済化、保守の容易化を目的としている。現在工場において電子ビームを用いた最終試験を進めている。

3. 小型リングの工業利用について

HELIOS 2を備えた利用自由度の高い放射光施設の建設を目指して、懇談会活動が展開されてきた。マイクロマシン/LIGA プロセス研究、表面分析、アルミビームライン技術等への応用を対象とし、専門の教授を中心として関心のある企業への働きかけ、ビームラインと施設への要求事項の取りまとめ、事業化計画の作成等を行ってきた。これらの活動を通じて得られた第一の感触は、X線リソグラフィへの小型光源の適用が、学会レベルの話題はもとより、事業展開の見通しの中で真剣に議論されはじめていることである。また、その他の応用については、未だ利用領域を模索しているのが現状である。放射光を利用した研究をしたい、との欲求を持つ企業の研究者が決して少ないわけではないが、ビームラインと実験

装置への投資、或いは使用料といった具体的に必要な予算を考慮すると、おいそれと踏み出せないというのが正直なところであり、上記活動のみならず他の類似の活動においても同様の状況が生じていると考えられる。

象徴的な意味において今や SPring-8 の運転開始が間近に迫っていることと、産業界の放射光利用がなかなか進まないこととのギャップはかなり大きいと思われる。来年の SRI 97では、放射光の産業応用がテーマの一つとして考えられていると聞くが、活発な議論によって産業界にも放射光科学のプレゼンスをぜひ確立してほしいものである。

4. むすび

半導体製造技術の核心部分の一つであるリソグラフィの分野では、X線リソグラフィが永年にわたり次世代を担う技術とされ、本文の冒頭で述べたように放射光を用いる露光法も有力な方式として研究されてきた。この流れに沿って小型蓄積リングが開発されてきた。前述したように、リソグラフィにおける重要性は高まっており、これをきっかけに産業界が放射光源に対する認識を地に足がついたものとするのもそう遠いことではないであろう。

一方、リソグラフィ以外の応用に関しては、使い易い光源としての魅力が高いと思われる。大学や公的研究機関を皮切りに、小規模かつ使い易い放射光施設が建設され、産業界の利用が広がっていくことを夢見ている。応用範囲を拡大するため挿入光源の設置を可能とする設計も進められており、放射光利用がさらに様々な場所で進められる下地が着々と整いつつあると考えられる。放射光ユーザとの議論を通じて簡易な小型光源が放射光科学のさらなる発展に寄与することを願って結びとする。