

レーザーコンパス

第4世代の放射光 自由電子レーザーの実用化

冨 増 多喜夫*

Takio TOMIMASU*

自由電子レーザー(free electron laser, 略してFEL)は、Madeyらが1976年からスタンフォード大学の43 MeV超電導電子リニアックを使ってFEL発振実験に成功して以来、世界の注目を集めるようになった。1980年代にはレーガン大統領時代のSDI(戦略防衛構想)計画により米国のFEL装置開発は大いに進んだ。その結果、スタンフォード大学、カリフォルニア大学サンタバーバラ校、バンダビルト大学等の遠赤外～赤外域のFEL利用研究施設で、半導体量子井戸構造でのキャリア寿命測定など新素子の探究から9.4 μm で虫歯が音もなく削れるといった生体アプリケーションと幅広い利用研究が着実に進められている。

FELは広波長域にわたって波長可変であり、在来レーザーのないミリ波から赤外域のギャップを、さらに深紫外域を埋めるレーザーである。特に、電子リニアックを用いる場合、電子ビームがピコ秒にバンチ化された高電流であるため、発生するFELはピコ秒パルスで高出力であり、21世紀の光として期待されている。

一方、FELをビーム兵器としてその開発に批判的であった日本は、超LSI産業に必要なリソグラフィ光源としてシンクロトロン放射光(synchrotron radiation, 略してSRまたは放射

光と呼ぶ)を発生する小型電子蓄積リングの開発にのめり込んだ。いずれも円軌道からのSRを利用するが、1989年の1年間に世界で稼働中のリングの約1割に当たる7台の小型リング(NIJI-II, NIJI-III, SORTEC, Super-ALIS, AURORA, JSR)が稼働し、SORTECの1 GeVリングは蓄積電流、寿命ともに世界記録を保持している。SRの利用が素粒子研究用リングに寄生している頃のSRを第一世代の放射光と呼ぶのに対して、これらの専用放射光は第2世代の放射光と呼ぶ。兵庫県の播磨科学公園都市には、すでに筑波の電子技術総合研究所から住友電気工業(株)西播磨研究所に移された超電導リングNIJI-IIIが稼働中だが、第3世代の放射光である大型SR研究施設SPRING-8が建設されている。

第3世代の放射光は、電子蓄積リングの直線部に置かれたアンジュレータと呼ばれる高速電子を規則正しく蛇行させる装置で発生する放射光で、方向が揃いスペクトル幅が狭い準単色パルス光である。FELは、この準単色パルス光を合せ鏡で往復させて蓄え、往路は必ずパルス電子ビームと同期させてアンジュレータを通し、鏡の間隔を調節して発振させたものでコヒーレントであり、第3世代の放射光と比べて光のエ

* (株)自由電子レーザー研究所(〒573-01 枚方市大字津田4547-44)

* Free Electron Laser Research Institute, Inc.(4547-44, Tsuda, Hirakata-shi, Osaka 573-01)

エネルギーは低いが、スペクトル幅はさらに狭く、輝度はさらに数桁高輝度となる。FELが第4世代の放射光と呼ばれる所以である。

このような第4世代の放射光であるFELが1994年10月31日、関西学術文化研究都市津田サイエンスヒルズの(株)自由電子レーザー研究所(基盤技術研究促進センター出資プロジェクト)で誕生した。装置を組み立て始めて10ヶ月で、6 μm 、MWレベルのFEL発振に成功し、現在波長域の拡大、出力の増強とともに利用研究用

装置の試作を急いでいる。このような短時間でMW級のFEL実用装置を試作できたのは、築き上げるのに20年、30年とかかる電子リニアック、マイクロ波源、極高真空のような基盤技術のお陰である。今後の深紫外FELの開発においても、リングの大電流化、電子銃の長寿命化において 10^{-9} Paの極高真空を必要とする。学研都市の地の利を生かして、大阪府や関連企業、大学や研究所の皆様にFELを活用して戴ければ幸いである。