

超電導小型SRリングの開発

三菱電機株式会社	中央研究所	山田 忠利氏
	材料デバイス研究所	奥田 荘一郎氏
	中央研究所	中村 史朗氏

1. はじめに

SRはSynchrotron Radiationの略である。日本語ではシンクロトロン放射光、または単に放射光という。

光速に近い速度まで加速した電子を磁界が存在する空間に打ち込むと、磁界で電子の軌道が曲げられた際に、軌道の接線方向に極めて輝度が高く指向性がよい光が発生する。これがSR光である。SR光はX線から紫外線、可視光、赤外線にわたる連続スペクトルをもつ光である。特に、X線は高強度であり、X線管の1万倍以上である。SR光は基礎科学から産業まで、極めて広い分野で利用できる。

従来のSRリングは、産業用に使用するには一般に大型であった。また、これまでに、国内外の4社が超電導磁石を用いた小型のSRリングを試

作して運転しているが、いずれの装置も超電導電磁石の運転に必要な液体ヘリウム消費量が多く(10ℓ/h以上)、取り扱い上の課題があった。産業用には、小型で取り扱いやすいSRリングが望まれている。

我々は、産業に適用できる、取り扱いが容易な超電導小型SRリングを開発した。これによって小型のSRリングの設計・製作・電子ビーム調整・装置運転技術を確立した。

この小型SRリングが発生するSR光は波長7オングストロームで最大の光強度を有することから、特に軟X線領域での利用に最適である。

2. 超電導小型SRリング

SR装置の全体図および超電導小型SRリングの平面図を図1に、小型SRリングおよびSR光の写真を図2に示す。

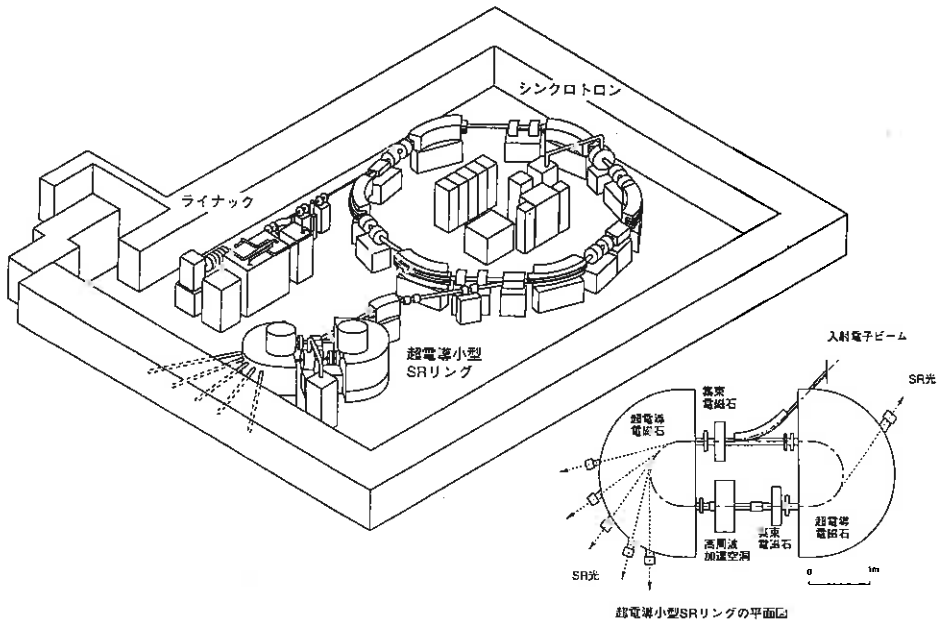


図1 SR装置

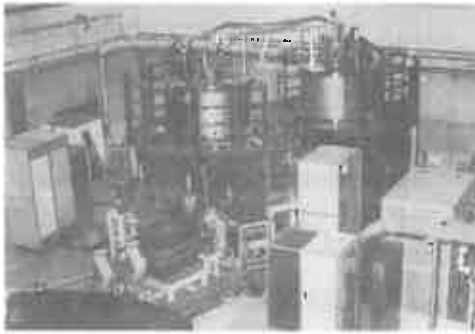


図2 (a) 超電導小型SRリングの全景
(シンクロトロン側から撮影)

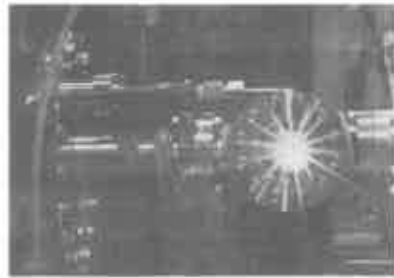


図2 (a) 超電導小型SRリングの全景
(鏡で反射させたSR光を撮影)

今回開発した超電導小型SRリングは次の特長を有している。

* SR装リングは、電子ビームの入射および蓄積が容易で、且つ小型化が可能なレーストラック形である。

* 電子ビーム軌道の周長は9.2mである。この値はレーストラック形では世界最小である。

SRリングの従来の設計法では、磁界分布を2次元近似して、電子ビーム軌道の近似解を用いていた。このため、小型SR装リングでは電子ビーム軌道の誤差が大きくなり、限界設計ができなかった。今回、電子ビーム軌道の3次元解析コードを開発した。これを用いて、出来るだけ小型のSRリングを設計した。

* この超電導小型SR装リングには、超電導電磁石が2台使用されている。2台の超電導電磁石の液体ヘリウム消費量の合計は3ℓ/hであり、これまでに試作された超電導SRリングの中では世界最小である。

これは、3次元磁界解析を駆使することによって、極低温領域の超電導巻線と室温のもれ磁界遮蔽用鉄体の形状とそれらの相対位置を工夫して、両者の間に働く電磁力を最小化したこと、および両者の間に設けられている断熱支持構造材の工夫によって可能になった。

* 超電導電磁石に電流を流して励磁した後、電磁石の電流端子間を超電導スイッチで短絡して、

電源を切り放している（永久電流運転）。

すなわち、電磁石の励磁電力なしで、非常に安定な磁界を発生している。これも、超電導SRリングでは、世界で初めての試みである。

* 超電導電磁石にはもれ磁界の磁気遮蔽が設置されている。電磁石から3m以上離れると、もれ磁界の大きさは地磁気以下である。従って、SR装置の近くで、CRTなど磁界の影響を受けやすい機器を使うことができる。

* 超電導小型SRリングの電子ビーム性能をまとめて示す。

電子ビームエネルギー	600MeV
SR光の強度が最大になる波長	7Å
SR光の最大強度	30mW/Å/mrad ²
電子ビーム電流	250mA

3. あとがき

開発した超電導小型SRリングを長期連続運転して、次世代半導体の露光技術、材料の原子レベルの分析技術、超微細加工技術、光化学反応技術などの研究開発に適用する。これにより、SR光利用研究を加速すると共に、一層取り扱いが容易で高性能な小型SRリングの技術を確立することができる。

なお、超電導小型SRリングの開発によって取得した多くの要素技術は、各種の仕様のSR装置の他に、高エネルギー物理研究用の加速器や医療用のイオン加速器に適用できるものである。