

ニュースバル放射光施設でのEUVリソグラフィ研究と放射光分析研究



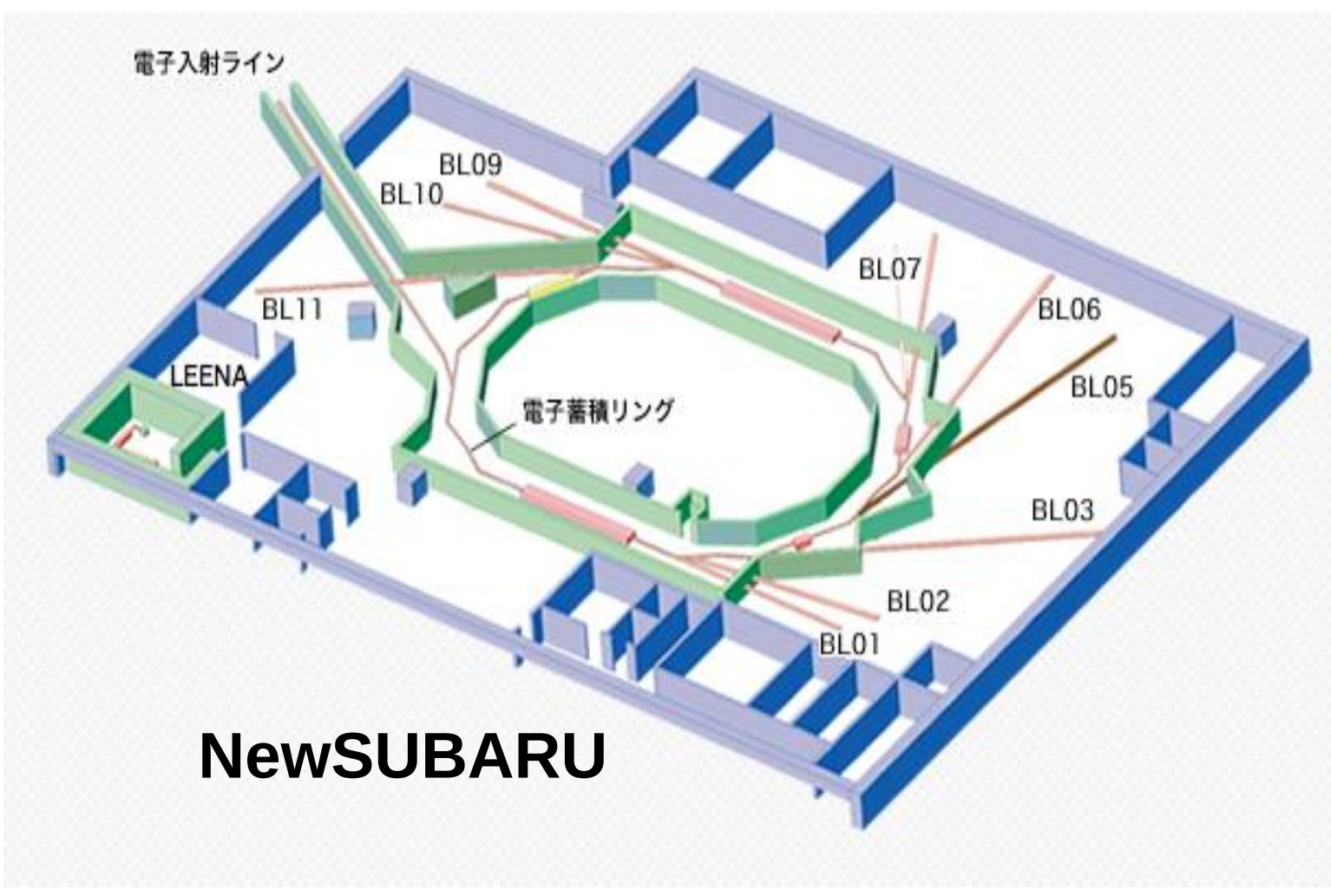
兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所 ニュースバル放射光施設
連絡先：所長 原田哲男 e-mail: harada@lasti.u-hyogo.ac.jp



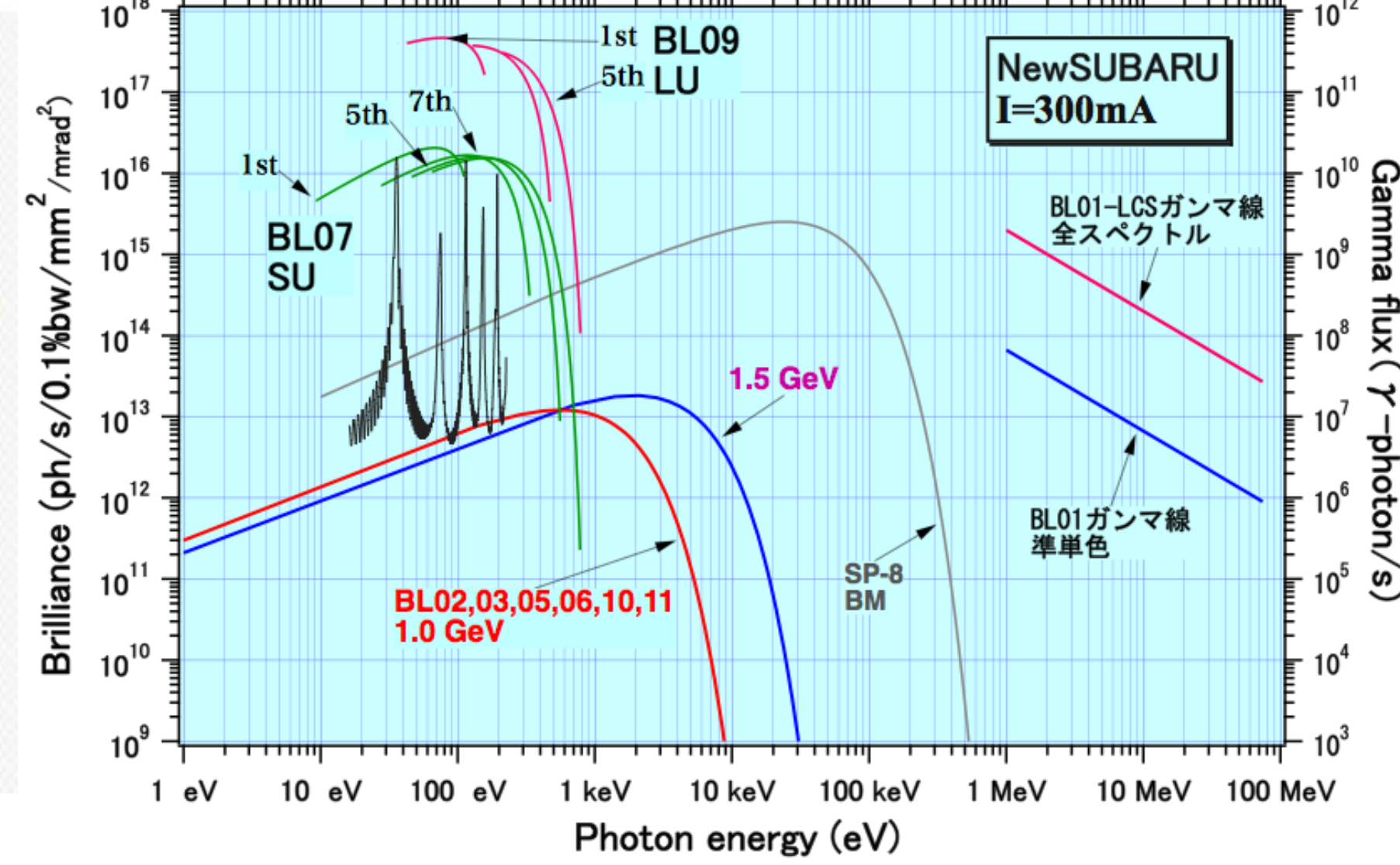
ニュースバル放射光



NewSUBARU 全景写真
SPring-8サイト内に設置された大学所有施設
周長 119 m



NewSUBARUビームライン
9本のビームラインが稼働中
蓄積エネルギー 1.0 GeV Top-up / 1.5 GeV Decay



ニュースバルの輝度
現在の1 GeV運転時の蓄積電流は350 mA

- 「EUV」が得意で国内最高出力、計算上 0.9 W @ 2%バンド幅
- 「炭素領域」が得意、高エネルギー出力が高くないため、光学素子汚染が少なく、ドリフトも小さい。
- 「テnder領域」など小回りを生かした測定が得意
- 世界唯一の逆偏向電磁石によるユニークな光源開発
- 輝度ではなくFlux重視
- 偏向電磁石 11 keVまで利用可能

兵庫県立大学・高度産業科学技術研究所

高度産業科学技術研究所は姫路工業大学(現・兵庫県立大学)の附置研究所として1994/4に設立されました。当研究所は「ニュースバル放射光施設」における光科学技術を中心とした先端的研究を推進すると共に、企業等との共同研究により新産業技術基盤の創出を図り、産業支援を行うことを目的としています。

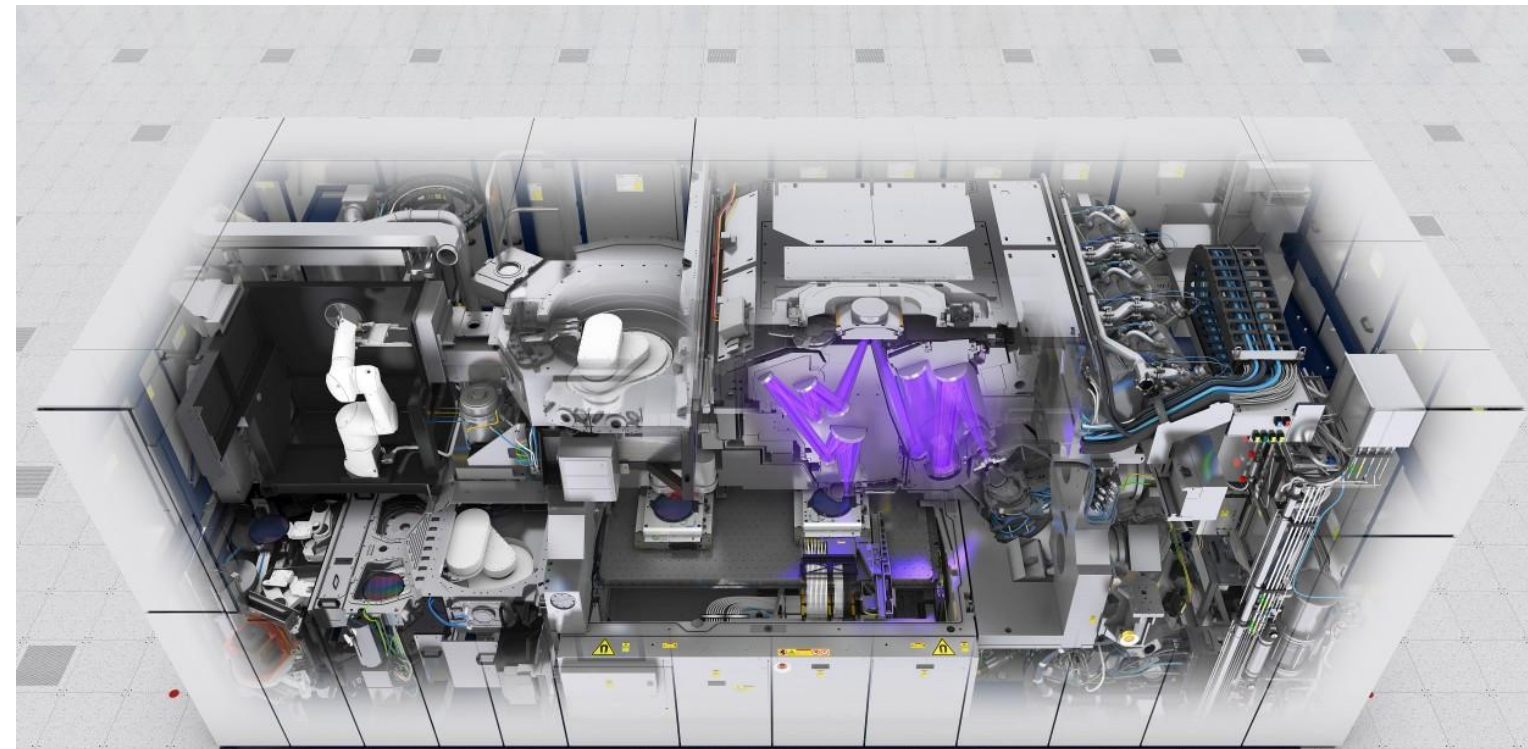
蓄積エネルギーは1.0 GeVトップアップ運転と1.5 GeV Decay運転である。1.0 GeVでは光子エネルギー 3 keV程度までが効率よく利用でき、1.5 GeV運転では11 keV程度まで効率よく利用できる。高強度のEUVや偏向電磁石からの安定したEUV出力を利用した「EUVリソグラフィ研究」と「放射光分析」を進めている。

EUVリソグラフィ研究

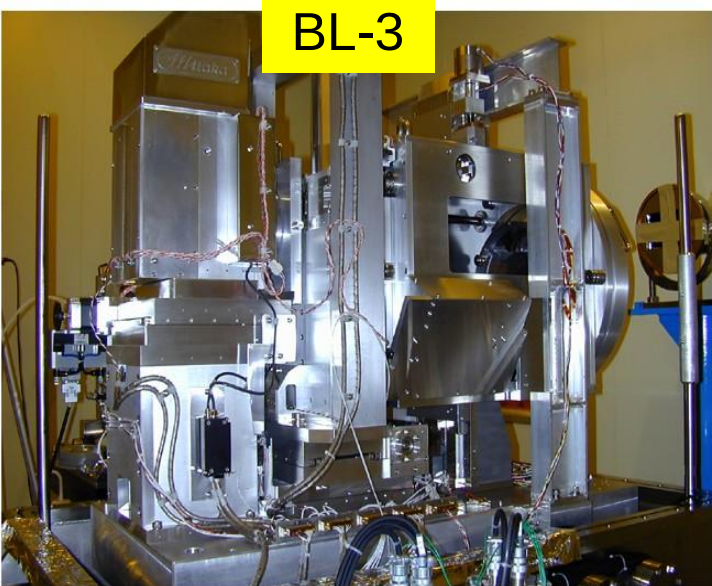
2019年以降、X線領域のEUVによる微細加工が最先端の半導体加工が、スマートフォンやAI計算に必須となっている。



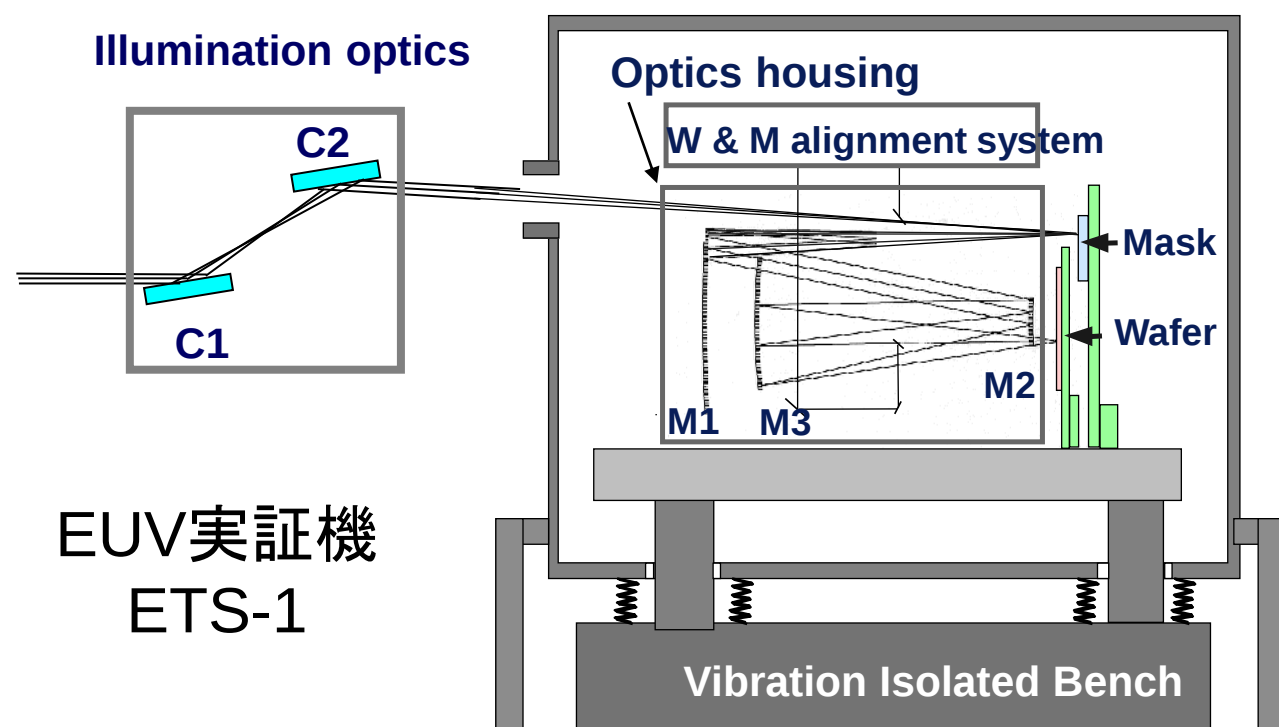
EUV加工されたMPUを搭載した最初のiPhone12



ASML社のEUV露光機 (ASML website)



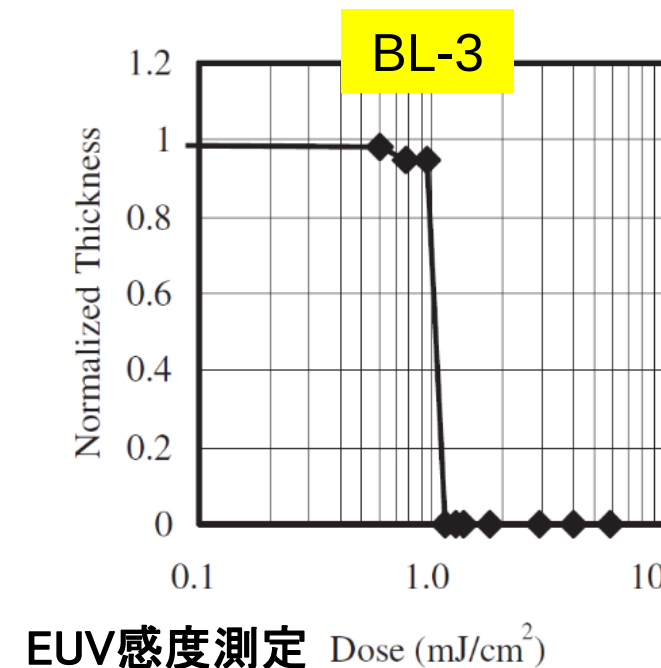
1995年からニュースバルでのEUV露光機の開発研究開始から、一貫してEUVリソグラフィ研究を進めています。



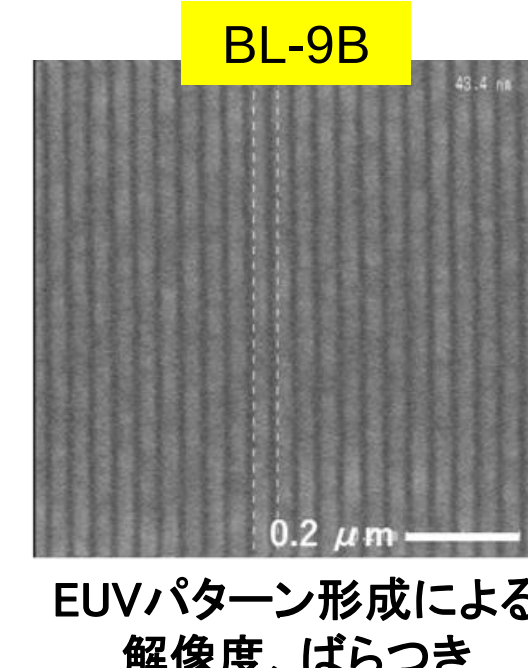
EUVリソグラフィ研究開発センター

センター長：原田哲男

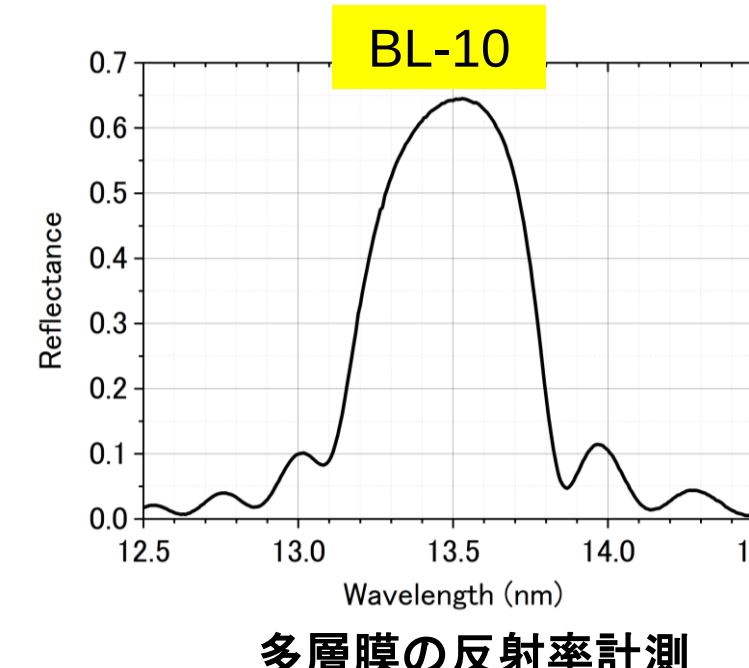
EUVリソグラフィ用の材料開発にはEUVでの評価が必須である。当センターではレジストやマスクなどのEUV評価装置を開発し、EUV材料開発をサポートしている。社会実装された材料の開発に多く携わっている。



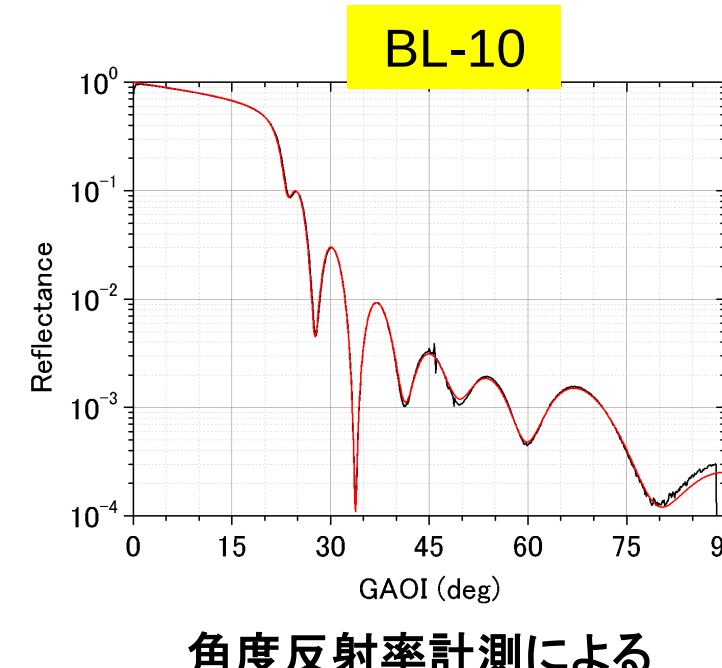
EUV感度測定 Dose (mJ/cm²)



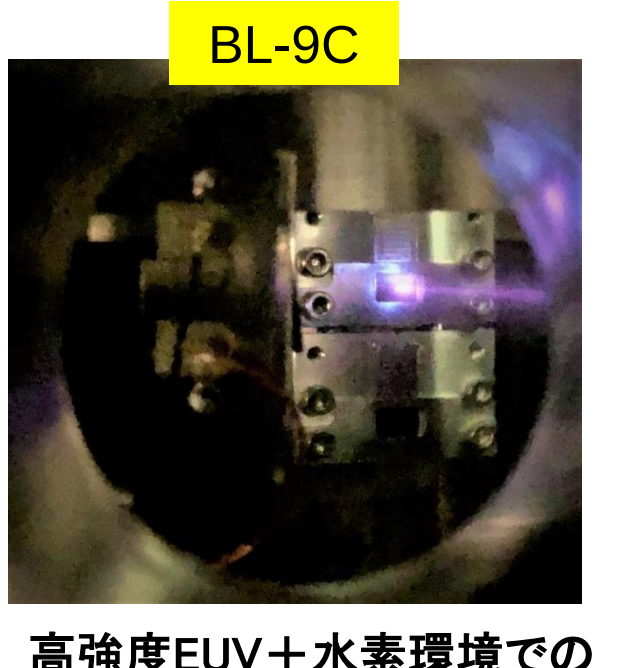
EUVパターン形成による解像度、ばらつき



多層膜の反射率計測



角度反射率計測による光学定数評価



高強度EUV+水素環境での耐久性評価

- レジスト評価
EUV感度、解像度、ばらつき、吸収係数、レジスト構造など
- 光学素子評価
多層膜反射スペクトル、光学定数評価、マスク材料、大型光学素子の反射率評価、波長6.7 nm Beyond EUV評価など

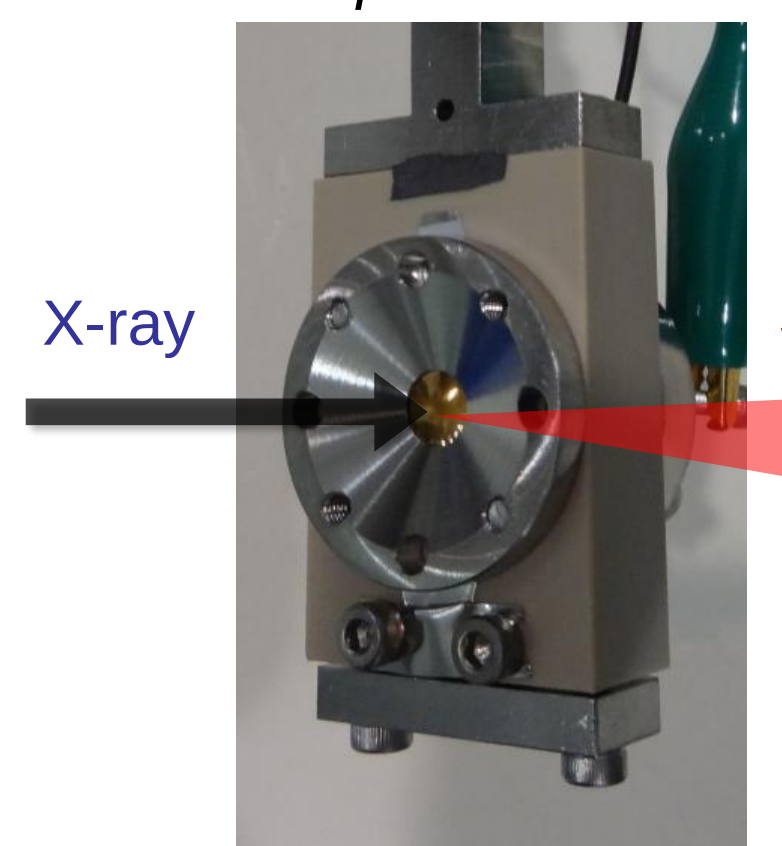
放射光分析研究 (電池／炭素材料)

放射光先端分析研究センター

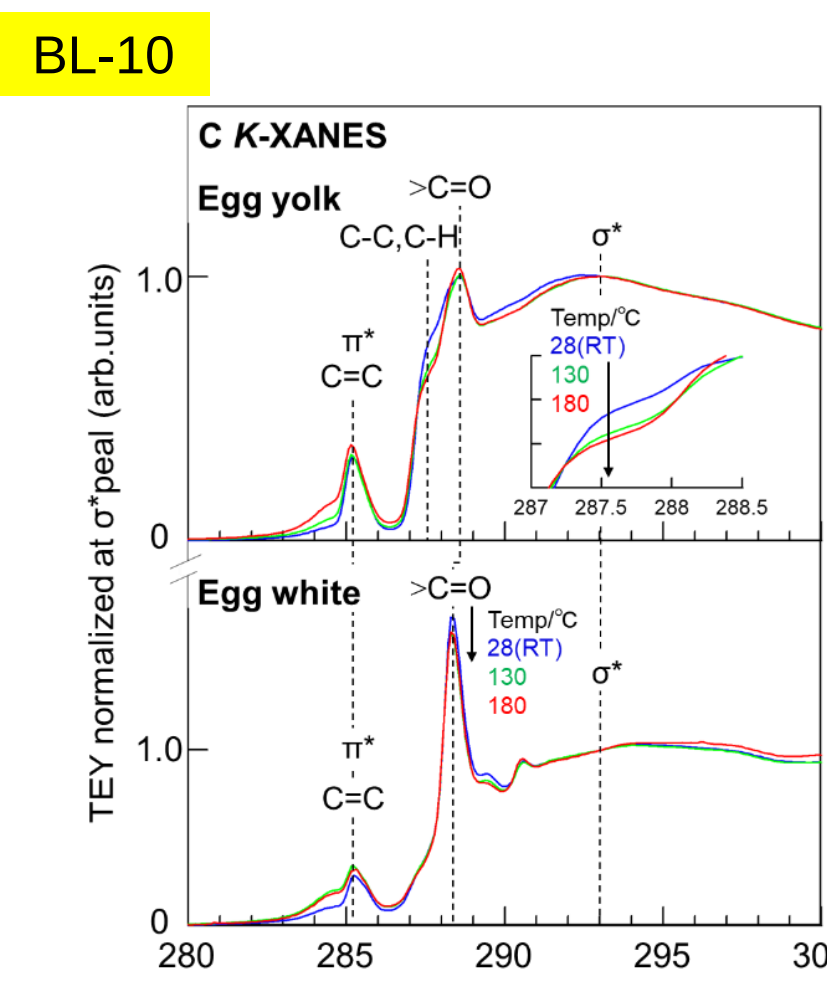
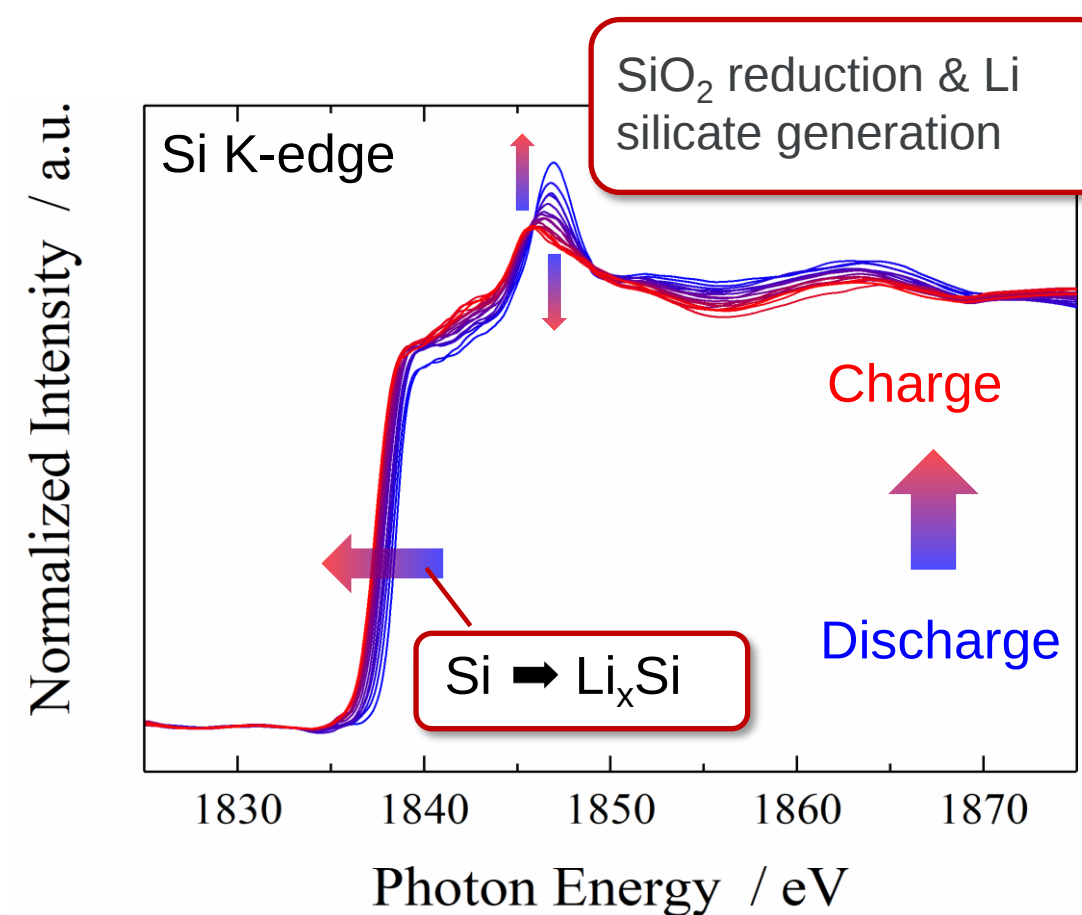
センター長：中西康次

ニュースバルでの放射光分析を責任をもって受けるために、当センターを設立いたしました。ニュースバルでの放射光分析のご相談は当センターまでお願いいたします。

BL-5 Battery-Cell for the operando XAFS



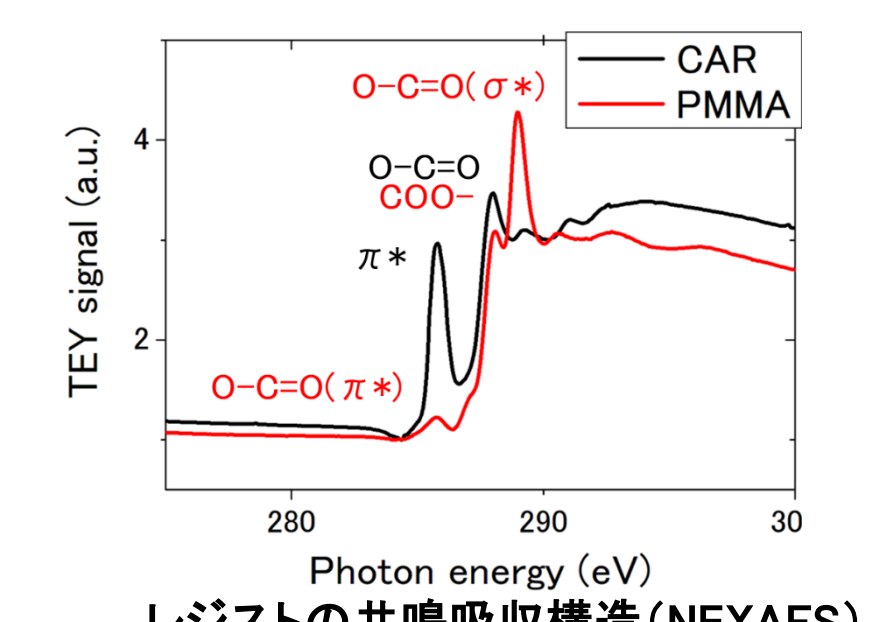
Charging operation of SiO₂ electrode
Si K absorption edge XAFS



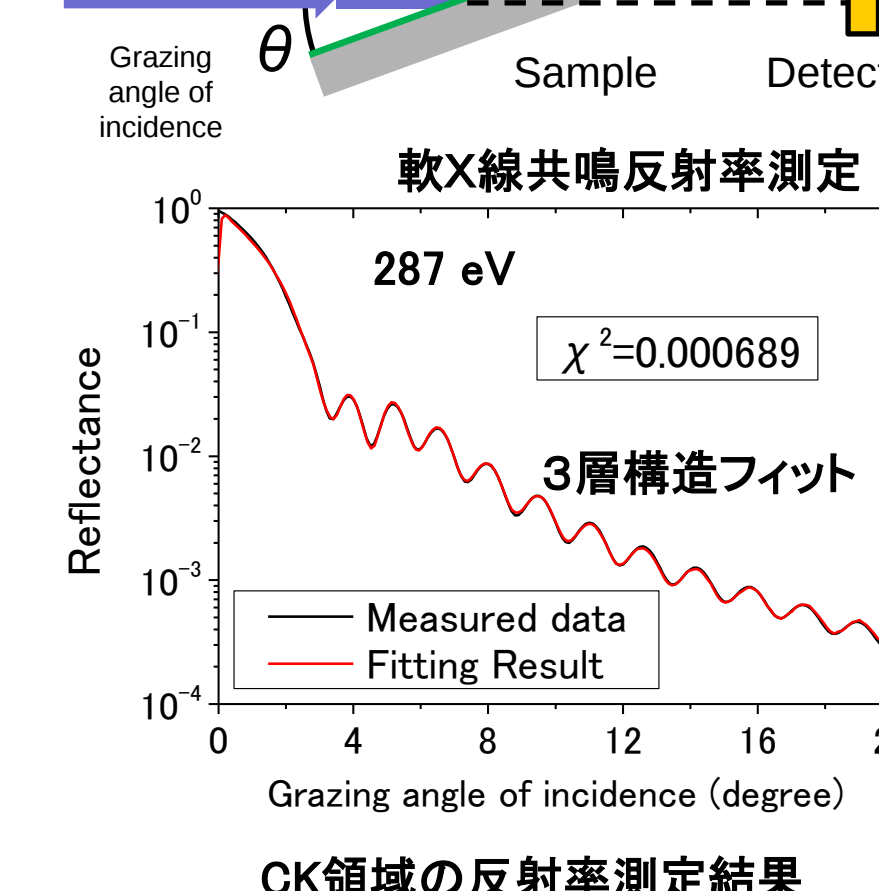
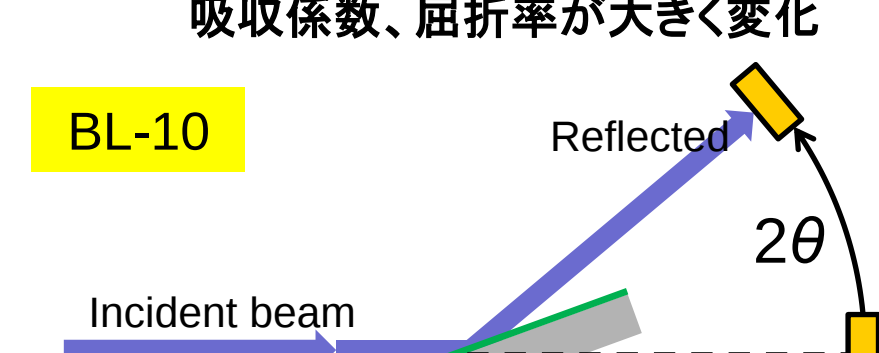
加熱温度による卵の黄身と白身の変質を測定
工学研究科 村松教授

- オペランドでの次世代電池材料評価手法としてテnder領域での電池セルを開発
- 再現性の高い炭素材料評価が可能で、加熱実験など柔軟な測定が可能である。

軟X線共鳴散乱／反射率

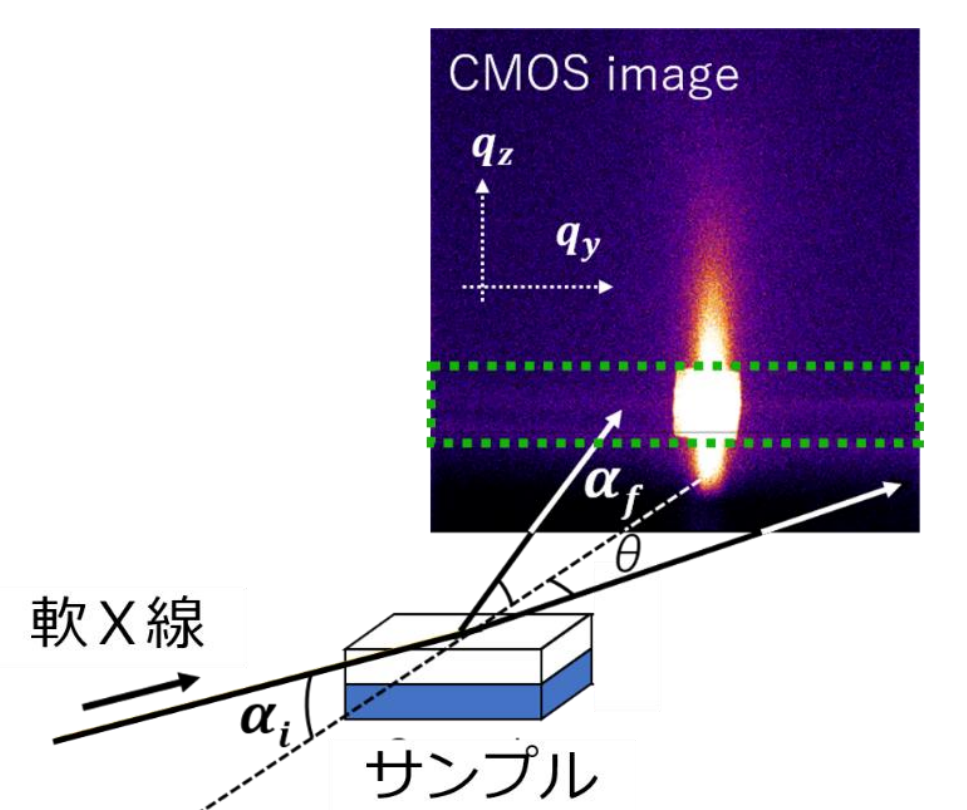


レジストの共鳴吸収構造 (NEXAFS) 吸収係数、屈折率が大きく変化



CK領域の反射率測定結果

- レジスト材料は炭素が主成分であるため、炭素領域の軟X線分析が適している。
- 共鳴吸収領域で反射率や散乱を測定すると、レジスト中の官能基のコントラストを大きく変えることができる。
- 厚さ方向の相分離や、面内方向の凝集構造など、通常はコントラストをつけることができないポリマー構造を明らかにできる。



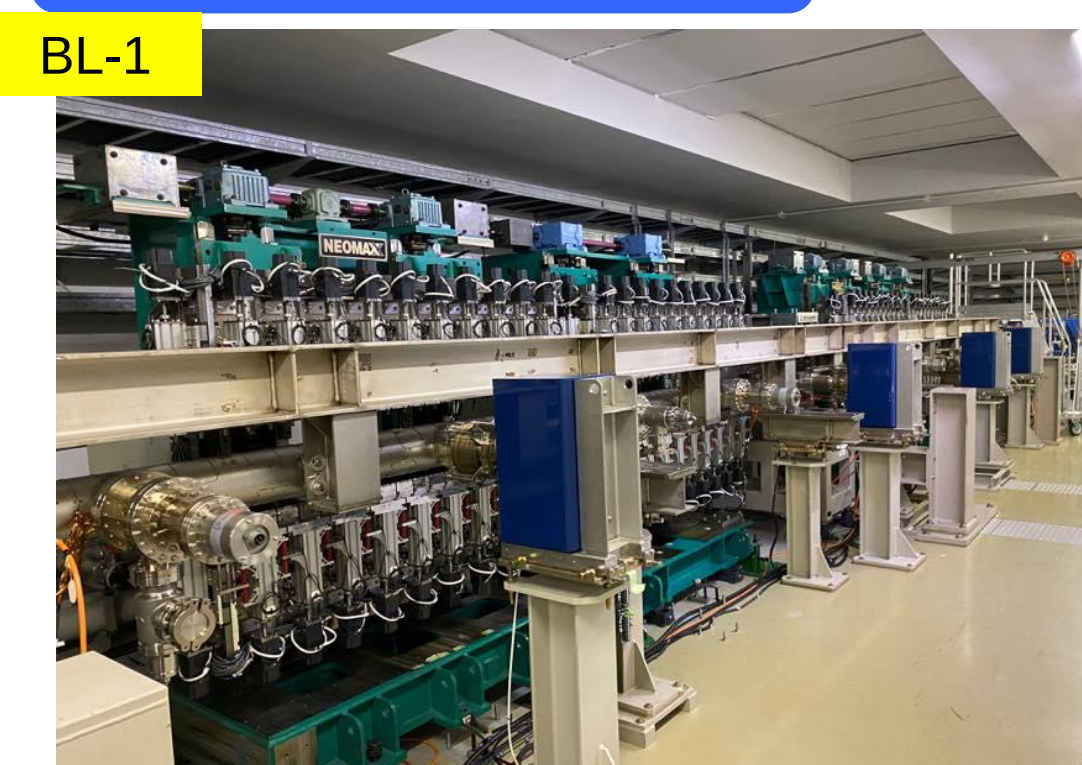
軟X線共鳴散乱測定(反射法によりウェハサンプル測定可能)

直線加速器 1 GeV



ニュースバル建設以来20数年に渡って電子ビームを供給いただいたSPring-8線型加速器がシャットダウンしたため、SPring-8加速器グループの協力を得て2021年にニュースバル専用入射器(線型加速器)を建設しました。ニュースバル専用の入射器の整備により、運転スケジュールをSPring-8とは独立して柔軟に計画可能となりました。1.0 GeV入射だけでなく、0.75 GeVや0.50 GeV入射など、低エネルギーでの入射・トップアップ運転が可能となり、運転エネルギーを大きく変更することも可能です。

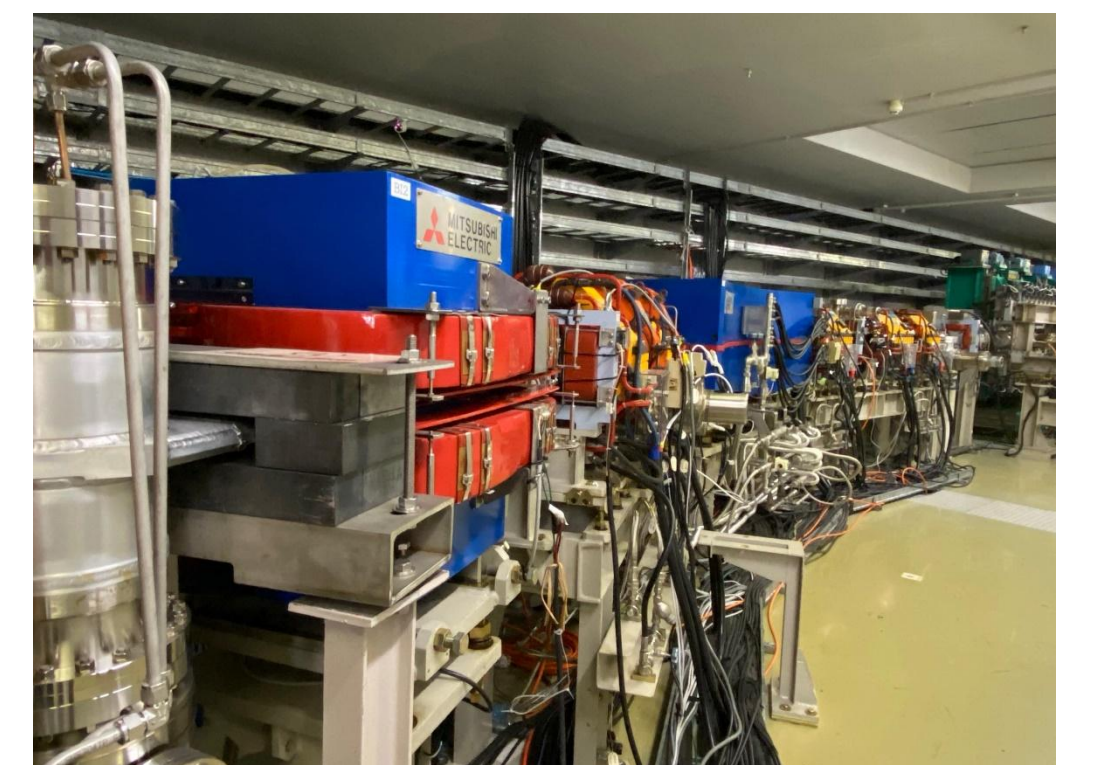
光源開発



単一サイクル自由電子レーザー (理化学研究所、理学研究科との共同研究)



レーザーコンプトンガンマ線源 0.5 - 76 MeVのガンマ線発生可能



世界唯一の逆偏向電磁石 電子ビームの時間構造の制御が可能

- 世界初の単一サイクル自由電子レーザーの実証実験や、世界で3カ所のガンマ線応用実験を進めている。
- 世界唯一の逆偏向電磁石による電子ビームの時間構造や等時性の応用研究を進める。半導体や電池などの産業応用のみならず、ユニークな光源開発により最先端の基礎研究や、学生教育が可能である。