

I 短周期アンジュレータの開発研究

Research and development on short-period undulators

北村英男

Kitamura, H.

SPring-8にクライオ型永久磁石アンジュレータのプロトタイプ器を導入する予定で建設を推進している。周期長は 15mm、周期数は92（磁石長1.4m）である。本年度は、永久磁石列、銅製ビーム、真空槽、ヒーター制御系、低熱伝導型磁石支持シャフトを製作した。来年度より、本格的な運用に必要な各種の試験を行う予定である。

II コヒーレントX線光源の開発研究

Research and development on coherent x-ray sources

北村英男

Kitamura, H.

X線自由電子レーザー(SACLA)の建設が完了し、必要な電子ビーム加速実験が終了した。この施設は、8-GeV線型加速器(400m)、アンジュレータ (110m)、及び実験ホール (70m)で構成されているが、本研究が関わっているのはアンジュレータ部の開発・建設である。アンジュレータは 5-m長のアンジュレータセグメント18台で構成され、周期長は18 mm、セグメントあたりの周期数は 277である。全てのアンジュレータについて、磁石ギャップ3.5mmから10mmの範囲で位相エラー 5度以下を確認し、8GeV電子ビームによるX線自発光を観測した。来年度はレーザー発振試験に挑む予定である。

III X線干渉計および干渉計測法の開発

X-ray interferometer and interferometry

石川哲也

Ishikawa, T.

SPring-8からの高干渉性放射光を用いて、X線干渉計および干渉計測法の開発を進めてきたが、更に高い干渉性光源としてX線自由電子レーザーを建設することになった。このための光学系、計測系の開発をSPring-8の理研物理科学研究用ビームラインI(BL29XUL)およびII(BL19LXU)で進めている。X線自由電子レーザー利用に当たっては、その高い瞬間パワーのために光学系や光学素子に特別な注意が必要となる。特に熱的性質に優れたダイヤモンド単結晶の利用が注目されており、X線光学素子としてのダイヤモンド単結晶の評価や加工法の開発が進められている。

コヒーレントX線入射による散乱パターンに、数学的手法により位相を回復し、フーリエ変換から実空間散乱体分布を求める方式のレンズレス・マイクロコピーの方法を開発し、生体試料を含む様々な試料に適用している。平成22年度には、X線自由電子レーザー用計測装置の製作を進めた。

IV 精密光学素子調整技術と調整機器の開発

High precision x-ray optics and optical instruments

石川哲也

Ishikawa, T.

大阪大学のグループと共同で、Kirkpatrick-Baez型X線集光装置の開発研究を進めており、またX線自由電子レーザー用の集光ミラーの製作を行った。

硬X線領域で数十ミリeVのエネルギー分解能を持つX線分光器を利用した硬X線励起光電子分光法の応用研究が進められている。これは、いままで不可能であったバルクの電子状態の非常に敏感な解析方法であり、また埋もれた界面での電子状態解析にも利用できることから、非常に多くの試料に適用された。

V レーザー・高輝度放射光同期照射システムの開発と 時間分解測定

Pulse synchronization between laser and synchrotron radiation

石川哲也

Ishikawa, T.

SPring-8の高輝度パルスX線と超短パルスレーザーを利用した多光子過程、非線形過程、時間分解測定法によるフォノン、光励起電子のエネルギー緩和過程等の様々な物理過程の研究とその工学的応用研究を目的としレーザーと放射光との同期照射システムの開発を進めてきたが、ここで開発されたポンプ-プローブ計測手法は、フェムト秒パルスが出る X線自由電子レーザーで重要性を増すために、一層の高精度タイミング系の開発を目指した R&Dが進められている。

発表論文 List of Publications

- II-1 T. Togashi, et al.: "Extreme ultraviolet free electron laser seeded with high-order harmonic of Ti:sapphire laser", OPTICS EXPRESS **19** (2011) 317-324.
- III-1 Y. Kohmura, K. Sawada and T. Ishikawa: "Berry-phase translation of x rays by a deformed crystal", Phys. Rev. Lett. **104** (2010) 244801-1-4.
- III-2 Y. Takahashi, N. Zettsu, Y. Nishino, R. Tsutsumi, E. Matsubara, T. Ishikawa and K. Yamauchi: "Three-dimensional electron density mapping of shape-controlled nanoparticle by focused hard x-ray diffraction microscopy", Nano Letters, **10** (2010) 1922-1926.
- III-3 Y. Takahashi, Y. Nishino, R. Tsutsumi, N. Zettsu, E. Matsubara, K. Yamauchi and T. Ishikawa: "High resolution projection image reconstruction of thick objects by hard x-ray diffraction microscopy", Phys. Rev. B, **82** (2010) 214102-1-5.
- III-4 Y. Nishino, Y. Tanaka, M. Okada, M. Okaya, Y. Uozaki, K. Nozaki, M. Yabashi, M. Nagasono, K. Tono, H. Kimura, H. Ohashi, S. Matsui, T. Ishikawa and E. Matsubara: "Femtosecond snapshot holography with extended reference using extremely ultraviolet free-electron laser", Appl. Phys. Exp. **3** (2010) 102701-1-3.
- III-5 H. Jiang, C. Song, C-C. Chen, R. Xu, K. S. Raines, B. J. Fahimian, C-H. Lu, T-K. Lee, A. Nakashima, J. Urano, T. Ishikawa, F. Tamanoi and J. Miao: "Quantitative 3D imaging of whole, unstained cells by using x-ray diffraction microscopy", Proc. Nat. Acad. Sci. , **107** (2010)

11234-11239.

- IV-1 T. Kimura, H. Mimura, S. Handa, H. Yumoto, H. Yokohama, S. Imai, S. Matsuyama, Y. Sano, K. Tamasaku, Y. Kohmura, Y. Nishino, M. Yabashi, T. Ishikawa and K. Yamauchi: “Wavefield characterization of nearly diffraction-limited focused hard x-ray beam with size less than 10 nm”, *Rev. Sci. Instrum.* 81 (2010) 123704-1-5.
- IV-2 S. Matsuyama, T. Wakioka, N. Kidan, T. Kimura, H. Mimura, Y. Sano, Y. Nishino, M. Yabashi, K. Tamasaku, T. Ishikawa and K. Yamauchi: “One-dimensional Wolter optics with a sub-50 nm spatial resolution”, *Opt. Lett.* 35 (2010) 3583-3585.
- IV-3 S. Matsuyama, M. Shimura, M. Fujii, K. Maeshima, H. Yumoto, H. Mimura, Y. Sano, M. Yabashi, Y. Nishino, K. Tamasaku, Y. Ishizuka, T. Ishikawa and K. Yamauchi : “Elemental mapping of frozen-hydrated cells with cryo-scanning X-ray fluorescence microscopy”, *X-ray Spectrom.*, 39 (2010) 260-266.
- IV-4 S. Handa, T. Kimura, H. Mimura, H. Yumoto, S. Matsuyama, Y. Sano, K. Tamasaku, Y. Nishino, M. Yabashi, T. Ishikawa and K. Yamauchi: “Extended knife-edge method for characterizing sub-10nm x-ray beams”, *Nucl. Instrum. Methods A*, 616 (2010) 246-250.
- IV-5 M. Okawa, M. Matsunami, K. Ishizaka, R. Eguchi, M. Taguchi, A. Chainani, Y. Takata, M. Yabashi, K. Tamasaku, Y. Nishino, T. Ishikawa, K. Kuga, N. Horie, S. Nakatsuji and S. Shin: “Strong valence fluctuation in the quantum critical heavy fermion superconductor β -YbAlB₄: a hard x-ray photoemission study” , *Phys. Rev. Lett.* 104 (2010) 247201-1-4.
- V-1 T. Shimizu, K. Yamamoi, E. Estacio, T. Nakazato, K. Sakai, N. Sarukura, D. Ehrentraut, T. Fukuda, M. Nagasono, T. Togashi, A. Higashiya, M. Yabashi, T. Ishikawa, H. Ohashi and H. Kimura: “Response-time improved hydrothermal-method-grown ZnO scintillator for soft x-ray free-electron laser timing-observation”, *Rev. Sci. Instrum.*, 81 (2010) 033102-1-4.
- V-2 S. Y. Liu, Y. Ogi, T. Fuji, K. Nishizawa, T. Horio, T. Mizuno, H. Kohguchi, M. Nagasono, T. Togashi, K. Tono, M. Yabashi, Y. Senba, H. Ohashi, H. Kimura, T. Ishikawa and T. Suzuki: “Time-resolved photoelectron imaging using a femtosecond UV laser and VUV free-electron laser”, *Phys. Rev. A*, 81 (2010) 031403(R)-1-4.