

自由電子レーザーで単色赤外線と準単色X線の同時発生

赤外線とX線のエネルギー可変2色ビーム光源を開発



清 紀弘

せい のりひろ

sei.n@aist.go.jp

計測フロンティア研究部門
光・量子イメージング技術研
究グループ
主任研究員
(つくばセンター)

ミリ波からX線領域まで、電子加速器を利用した光源開発に従事しています。自由電子レーザーが誘起する短波長単色光は以前から研究が進められておりましたが、最近はさらに幅広い波長域で強い放射を行っていることが明らかになってきました。自由電子レーザー起源の光源を開発し、自由電子レーザーとのコラボを目指しています。

関連情報:

● 共同研究者

山田 家和勝、小川 博嗣 (産総研)

● 参考文献

N. Sei *et al.*: *Infrared Phys. Technol.* 51, 375 (2008).

N. Sei *et al.*: *J. Phys. Soc. Jpn.*, 77, 074501 (2008).

N. Sei *et al.*: *Opt. Lett.*, 34, 1843 (2009).

● プレス発表

2009年8月3日「小型自由電子レーザー装置を用いて赤外線-X線の同時発生に成功」

赤外域で蓄積リング自由電子レーザーの発振

自由電子レーザー専用の電子蓄積リングNIJI-IVに、赤外線専用の挿入光源である光クライストロンETLOK-IIIと振幅が0.5 μm以下の高安定光共振器を加え、波長域0.84 ~ 1.58 μmにて自由電子レーザーの発振に成功しました。線幅は赤外自由電子レーザーとしては最も狭い0.5 nm以下で、高精度の分光測定に利用可能です。光共振器から取り出せる最大出力は1.6 mWですが、光共振器内には最大で約5 Wのレーザー光を蓄積できます。最大輝度は約 10^{15} Photons/s/mm²/mrad²/0.1 %b.w. で、赤外域の蓄積リング光源としては世界最高輝度を達成しました。今後の波長域の拡大によって、赤外多光子分解を利用した高精度の同位体効果測定に応用でき、医学分野などから切望されている同位体分離・濃縮法の開発に寄与できると期待しています。

逆コンプトン散乱による準単色X線の発生

自由電子レーザーの発振のためには電子蓄積リング内に一つの電子バンチがあれば良いのですが、複数の電子バンチを用いて自由電子レーザー発振を行う技術を開発しました。上記赤外自由電子レーザー光と電子バンチとを用いた逆コンプトン散乱によって、準単色のX線ビーム

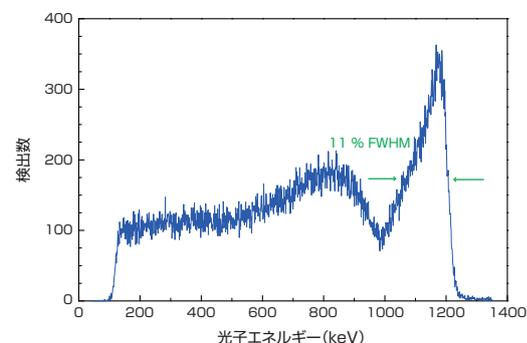
の発生にも成功しました。電子バンチの間隔を任意に選択できますので、磁場のない領域で逆コンプトン散乱を生じさせることが可能になり、発生するX線ビームの単色度を良くすることができます。X線ビームのエネルギーは自由電子レーザーの波長によって可変で1.2 ~ 2.1 MeV、最大収量は 10^6 Photons/sでした。エネルギーが0.3 MeV以上の単色X線ビームは大型放射光施設でも発生が困難です。赤外自由電子レーザーと準単色X線ビームは完全に同期して射出されるため、赤外線とX線を複合させて材料開発分野で新たな研究領域の開拓を目指しています。

今後の展開

私たちは複数の自由電子レーザーパルスと電子バンチとを挿入光源外で逆コンプトン散乱させる技術を新たに開発しました。この技術を先端加速器へ応用すると、 10^{12} Photons/sにも達する収量の準単色X線ビームが得られると予想されます。このようなX線ビームは、電子運動量密度分布の定量的測定のような巨大磁気抵抗効果などの電子状態研究の光源に適していると考えられます。準単色X線ビームの高収量化へ向けてさらなる研究を進めていきます。



自由電子レーザー専用の電子蓄積リングNIJI-IVの写真



自由電子レーザー逆コンプトン散乱X線のエネルギースペクトルの一例