共振器型 X 線自由電子レーザーによる狭帯域 GeV 光子の発生

Generation of Narrow-band GeV Photons from X-ray FEL Oscillators

*羽島　良一 [1]，藤原　守 [1,2]
[1] 原子力機構，[2] 大阪大学

共振器型 X 線自由電子レーザーにおいて、共振器に蓄積された X 線と電子ビームの衝突 （レーザーコンプトン散乱）による高エネルギーガンマ線（GeV 光子）ビーム生成を提案する。超相対論領域のコンプトン散乱の結果、狭帯域（～0.1%FWHM）の GeV 光子ビームが得られる。

キーワード：自由電子レーザー、レーザーコンプトン散乱

1. はじめに

UV 領域で動作する共振器型自由電子レーザー(FEL Oscillator; FELO)では、電子ビームと FEL パルスを共振器内で衝突させることで、レーザーコンプトン散乱による MeV 領域のガンマ線ビームの発生が可能であり、Duke 大学の HIGS などでガンマ線のユーザー利用が行われている。われわれは、これと同様に硬 X 線領域の自由電子レーザー共振器から GeV ガンマ線の発生が可能であることを示し、この GeV ガンマ線の特性を評価した[1]。

2. ガンマ線源の構成と性能

完全結晶サファイアは硬 X 線に対して直入射で高い反射率を示す。このような結晶を用いた硬 X 線領域の自由電子レーザー共振器（XFELO）が Kim らによって提案されている[2]（図 1）。ここで、電子ビームの繰り返し周波数を X 線パルスが共振器を往復する周波数の 2 倍に選ぶと、電子と X 線は共振器の中央で正面衝突し、コンプトン散乱によって反跳した光子は GeV ガンマ線となる。XFELO におけるコンプトン散乱では、電子の静止系における入射光子のエネルギーが電子の静止質量よりもはるかに大きくなるため、散乱光子のエネルギーは電子のエネルギーとほぼ等しくなり、エネルギースペクトルは狭帯域（~0.1% FWHM）となる。典型的なパラメータ例として、電子エネルギー7 GeV、電子バンチ 40 pC、繰り返し 3 MHz の XFELO を仮定すると、発生するガンマ線は、ピークエネルギー 6.9922 GeV、フラックス 1700 ph/s（1%BW）が得られ、このようなガンマ線ビームはハドロン物理の研究に有用なプローブとなる

講演では、電子ビームのエミッタンスとエネルギー広がり、X 線レーザーの波長広がりと角度発散が、それぞれガンマ線のスペクトルに及ぼす影響、ガンマ線のエネルギー可変方法、フラックス増大の可能性などについて述べる。

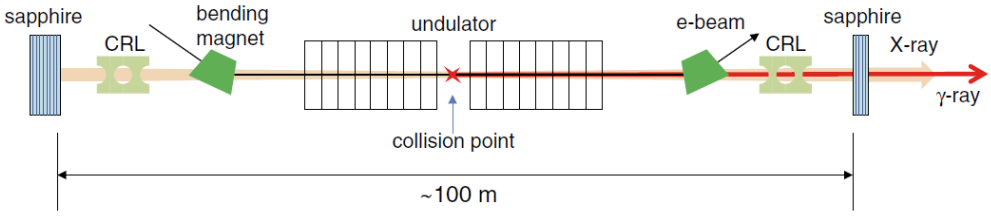

図 1: サファイア結晶と屈折レンズ（CRL）からなる共振器型 X 線自由電子レーザーによるガンマ線発生。

参考文献

[1] R. Hajima and M. Fujiwara, Phys. Rev. Accel. Beams (accepted)
[2] K-J. Kim et al. Phys. Rev. Lett. 100, 244802 (2008).

*Ryoichi Hajima[1]and Mamoru Fujiwara[1,2]
[1]Japan Atomic Energy Agency, [2]Osaka Univ.