

# Tunable Gamma Ray Facility Using Inverse Compton Scattering at the Electrotechnical Laboratory

Tsutomu NOGUCHI, Tetsuo YAMAZAKI, Suguru SUGIYAMA, Tomohisa MIKADO  
Mitsukuni CHIWAKI, and Takio TOMIMASU  
Quantum Technology Division, Electrotechnical Laboratory

## ABSTRACT

Quasi-monochromatic gamma ray beams of 0.71-10.2 MeV has been produced by back scattering laser light from 800 MeV electron storage ring TERAS of ETL.

The 1.064 eV light from external Nd-YAG laser (c.w.: 30-100 W) was arranged to collide head on with electron beam (200-760 MeV) at a 1.8 m straight section of the ring.

Photons scattered at 180° pass through a collimator located at 7142 mm away from the center of interaction region.

The determination of the gamma ray beam energy has been achieved with an intrinsic Germanium detector (155 cm<sup>3</sup>) and a PHA. The photon intensity has been measured with an 8"  $\phi$  × 8" NaI(Tl) scintillation counter placed behind the collimator.

## 電総研逆コンプトン散乱 $\gamma$ 線発生装置

### 1. はじめに

大強度レーザー技術の進展と電子蓄積リングの普及により、高エネルギー電子からのレーザーのコンプトン後方散乱を単色光子発生源とするアイデア<sup>(1)</sup>が実用化されるようになった。電総研の電子蓄積リング“TERAS”（電子エネルギー：200-800 MeV）では、その直線部にYAGレーザーを導入し逆コンプトン散乱により準単色 $\gamma$ 線の発生をおこなっている<sup>(2)</sup>。この装置から得られる数100 KeVから10 MeV領域のエネルギー可変準単色 $\gamma$ 線は、放射線検出器の校正、光子吸収の精密測定等、放射線物理及び原子核実験等の分野で有用と考えられる。

### 2. 原理

レーザー・コンプトン散乱の図式を第1図に示す。レーザー光子と電子ビームは相対角度 $\phi$ で衝突し、散乱された光子( $\gamma$ )線は電子ビームの直進方向から少角 $\theta$ の方向に出現する。この後方散乱 $\gamma$ 線は電子ビームの方向に鋭い指向性を持ち、そのエネルギーは電子ビーム方向からの角度によって決定される。散乱光子の最大エネルギーは電子ビーム方向（レーザービームの逆方向）で得られるのでコリメーターを用いて散乱光子の方向を限定することにより狭いエネルギー幅を持つ準単色 $\gamma$ 線が得られる。

電子ビームとの正面衝突により散乱されるレーザー光子の最大エネルギーは近似的に次式によって表される。

$$K_{r,max} = 4 \gamma^2 K_i \cdot a \quad (1)$$

ここで

$$a = [1 + (4 K_i / m_0)]^{-1} = 1$$

$$\gamma = E_i / m_0, \quad E_i = \text{電子ビームのエネルギー}$$

$m_0$  = 電子の静止質量、  $K_i$  = レーザービームのエネルギー

(1) 式より逆コンプトン散乱で得られる  $\gamma$  線の最大エネルギーは元のレーザー光子のエネルギーのほぼ  $4\gamma^2$  倍に増強されることを示している。

### 3. 逆コンプトン散乱 $\gamma$ 線発生装置の概要

本装置は電総研電子蓄積リング "TERAS"<sup>(3)</sup> (200-800 MeV) の入射直線部を使用している。第2図にリングの概要を示す。電子蓄積リングへの電子入射には直線加速器を用い通常 320 MeV, 1.6 pps にて入射される。入射後、蓄積された電子ビームは加速または減速により 200-800 MeV の間で任意のエネルギーに設定する事が出来る。レーザーと蓄積電子ビームの衝突によって後方コンプトン散乱を生じさせる領域は第8及び第1偏向電磁石間の電子入射用インфлекターの直線部 (1800 mm) を利用している。使用したレーザー光源には多重モードの連続発振、出力 30-100 w の装置を設置し、全反射ミラー、集光レンズを通してサファイアビューイングポートよりリングに導入した。レーザー出力は、リングを透過した光束を集光レンズの後ろに置いたレーザーパワーメータで常時モニターしている。第3図に逆コンプトン散乱ガンマ線発生装置の配置を示す。蓄積電子ビームの直進軌道とレーザーの光軸のアライメントは前後する偏向電磁石のフリレンジングフィールドによる放射光の投影パターンを利用して行った。衝突領域におけるレーザービームのプロファイルは直線部 1.8 m の両端で  $\phi = 3.2$  mm ( $2\sigma$ )、中央でのビームウエストは約 0.17 mm となる (第4図)。YAGレーザー発振波長はレーザー出射窓からの光束を減衰させ分光器にて測定を行った結果、1.0641  $\mu$ m であった。衝突領域に於ける電子ビームの径は  $\sigma_x = 1.0$  mm,  $\sigma_y = 0.7$  mm となる。

後方へ散乱された高エネルギー光子 ( $\gamma$  線) はレーザー入射光学系を透過し、電子ビーム軸の延長線上に置いた鉛製コリメーターに達する。このコリメーターは 0.9 mm  $\phi$   $\times$  150 mm の孔を持った鉛ブロック (100  $\times$  100  $\times$  150 mm) である。有効散乱角を定める本コリメーターの前に 2 mm  $\phi$  の補助コリメーターを加える事によって、リング内で発生する制動輻射に起因する高エネルギーのバックグラウンドを低減する事ができる。

コリメーターを通過した散乱光子のエネルギー及び光子数を Ge 検出器 (155 cm<sup>3</sup>) および全吸収型 NaI (Tl) シンチレーション検出器 (8"  $\phi$   $\times$  8") を用いてそれぞれ測定した。

### 4. 実験結果

蓄積電子ビームのエネルギーを変化させたとき得られる逆コンプトン散乱ガンマ線のエネルギーを第5図に示す。ガンマ線の最大エネルギーは 0.2% の精度で測定できるので、蓄積リングの電子ビームのエネルギーも同じ精度で決定できる。600 MeV 蓄積ビームを使用した逆コンプトン散乱で得られる準単色ガンマ線の収量は略 25  $\gamma$  光子 / mA  $\cdot$  sec  $\cdot$  W であり計算値の 76% であった。この差はビームアライメントの不適正、ビーム形状のガウシアンからのずれ等が原因とみられる。0.9 mm  $\phi$  コリメーター (0.12 mrad) を通して得られる準単色ガンマ線のエネルギー幅は約 2% 程度と見積れる。200 MeV 電子ビームによって得られた逆コンプトン散乱準単色  $\gamma$  線のスペクトルを第6図に示す。

1. R.H. Milburn, Phys. Rev. Lett., 10, 75, (1963).
2. T. Yamazaki et al., IEEE Trans., NS-32, 3406, (1985).
3. T. Tomimasu et al., IEEE Trans., NS-30, 3133, (1983).

