

[P8-13]

## Generation of high-brightness X-ray using inverse Compton scattering

T.Kobuki, S.Kashiwagi, R.Kuroda, M.Washio, T.Hirose<sup>1</sup>, T.Kumita<sup>1</sup>, K.Dobashi<sup>1</sup>, T.Muto<sup>1</sup>  
T.Omori<sup>2</sup>, J.Urakawa<sup>2</sup>, I.Ben-Zvi<sup>3</sup>, X.J.Wang<sup>3</sup>, I.Pogorelsky<sup>3</sup>, Tsunemi<sup>4</sup>, A.Endo<sup>4</sup>

Waseda University

Okubo3-4-1, Shinjuku-ku, Tokyo, 169-8555, Japan

<sup>1</sup>Tokyo Metropolitan University, <sup>2</sup>High Energy Accelerator Research Organization

<sup>3</sup>Brookhaven National Laboratory, <sup>4</sup>Sumitomo Heavy Industries, Ltd.

### Abstract

Laser-Compton scattering with picosecond CO<sub>2</sub> laser pulses is proposed for generation of high-brightness x-rays. The interaction chamber has been developed and the experiment is scheduled for the generation of the x-rays of 4.7keV, 10<sup>7</sup> photons in 10-ps pulse width using 50-MeV, 0.5-nC relativistic electron bunches and 6 GW CO<sub>2</sub> laser.

## 逆コンプトン散乱による高輝度 X 線の発生

### 1.はじめに

レーザーコンプトン散乱では、高いピークパワーを持つレーザーと、相対論的な速度にまで加速した電子ビームとを衝突させることにより、非常に輝度の高い X 線を発生させることができる。このとき発生する X 線、γ線は偏極度を容易に変えることもできる。BNL-ATF では、この方法を用いて発生させた X 線を利用して、様々な実験が行われる。またJLCプロジェクトでの偏極陽電子源として、偏極γ線の発生も予定されている。BNL-ATF の計画ではピコ秒 CO<sub>2</sub>レーザーをコンプトン散乱の光源として用いる。これは高い繰り返し周波数での運転が可能であることなどによる。一般的に CO<sub>2</sub>レーザーによるレーザーコンプトン散乱は、非常にコンパクトに、高輝度の単色 X 線を得ることができる。このレーザーコンプトン散乱によって

発生するフェムト秒 X 線は偏極陽電子源としてだけでなく、さまざまな分野への応用が大いに期待されている。

### 2.逆コンプトン散乱

コンプトン散乱は光子と電子の弾性散乱であるが、通常は静止している電子に X 線やγ線のよう高エネルギーの光子が衝突して、電子を反跳する現象である。このときエネルギーの付与を考えると、光のエネルギーは一部が電子の運動エネルギーになるために減少してしまう。逆に高エネルギーの電子が、可視光のように低エネルギーの光子を反跳する場合を、特に逆コンプトン散乱と言う。この場合、エネルギーの付与を考えると、上記の場合とは逆に光のエネルギーは衝突前に比べて増加する。

### 3. 実験

レーザーコンプトン散乱のために開発されてきたコンプトンチャンバーでは、電子と CO<sub>2</sub>レーザーとが、それぞれの焦点で衝突する。ピコ秒 CO<sub>2</sub>レーザービームは側面にある窓から入射され(Fig.1 参照)、直径50mm、焦点距離 15cm の放物面 Cu ミラーによって 絞込まれる。このミラーには直径5 mm の穴が空いており、この穴を電子ビームが通過する。コンプトンチャンバー直前の CO<sub>2</sub>レーザー軌道上にはアキシコンレンズが設置してある。このレンズにより、ほぼガウス分布をしている CO<sub>2</sub>レーザーのビームプロファイルはいわゆる‘ドーナツ型’へと変化する(Fig.2-a)。これによって CO<sub>2</sub>レーザーはミラー中心の穴を避けて絞込まれていくのである。焦点における CO<sub>2</sub>レーザーのビームサイズの見積もりは、FWHM で約100 μm 程度である。これは衝突点での BNL-ATF における電子ビームのビームサイズに相当する。焦点を通過した後の CO<sub>2</sub>レーザーは反対側の放物面ミラーで反射しチャンバーの外へと導かれる。

CO<sub>2</sub>レーザーの励起及び RF-GUN 内での光電子発生にはピコ秒 YAG レーザーが用いられる。YAG レーザーのパルスは分割され、それぞれが RF-GUN、CO<sub>2</sub>レーザーへと送られる。CO<sub>2</sub>レーザーへと送られたレーザーにより、CO<sub>2</sub>レーザーは FWHM で 180ps のパルスに分けられる。分けられた CO<sub>2</sub>レーザーのパルスは、再生増幅器にかけられ、6GW にまで増幅される。

RF-GUN によって発生する、電子ビーム 1 バンチあたりのチャージ量は約 0.5nC であり、それらは LINAC によって 50MeV まで加速され4極電磁石によって、チャンバーの中心で絞込まれる。

同じmode-lockをされたYAGレーザーによって、CO<sub>2</sub>レーザーを分割する過程と、光電子の発生する過程とはそれぞれ制御され、CO<sub>2</sub>レーザーと電子のバンチとのジッターは、パルス幅に比べて無視できる程度の大きさにしかならない。

レーザーと電子ビームの衝突点でのアライメント

と、それらの空間的分布の観測を速やかに行うために、チャンバー内にバナジウムオキシサイトのターゲットを挿入した。このターゲットは電子及び赤外領域のビームに、大変敏感である。絞り込んだピコ秒 CO<sub>2</sub>レーザーパルスのテスト段階で、ビームプロファイルが約100 μm 程度の黒いスポットとしてはっきりと確認できた。この反応は、ターゲットの温度を約55度に暖めておく事により起こる。

0.5J のレーザーパルスと 0.5nC の電子ビームのバンチとの相互作用により起こるコンプトン散乱により、10<sup>7</sup>個以上の X 線が 4.7keV の最大エネルギー、角度分布 10mrad、パルス幅 10ps 程度で発生すると予想される。X 線は、電子ビームと X 線を分けるためのダイポールマグネットの下流にある Be ウィンドウの外側でシリコンフォトダイオードによって観測される。実際の実験は今夏、BNL-ATF にて行なわれる予定である。

### 4. まとめ

今回の報告では、今夏行なわれる BNL での実験の概要について説明してきた。この実験では発生する X 線のエネルギーが 4.7keV であるため、この X 線を使ったポンプ-プローブ実験システム構成と展開する予定である。一方、今秋実施される予定の KEK-ATF における偏極陽電子源としての逆コンプトン散乱実験では、電子ビーム 1.54GeV、Nd:YAG レーザーの第2高調波を用いるので、これにより発生する X 線のエネルギーは約 80MeV 程度になると予想され、高効率の偏極陽電子発生が可能となる。

### 参考文献

- [1]A.Tsunemi et al.,PAC99,WEP132
- [2]I.V.Pogorelsky,Nucl.Instr.&Meth.Res.A411(1998)172
- [3]T.Okugi,Master thesis

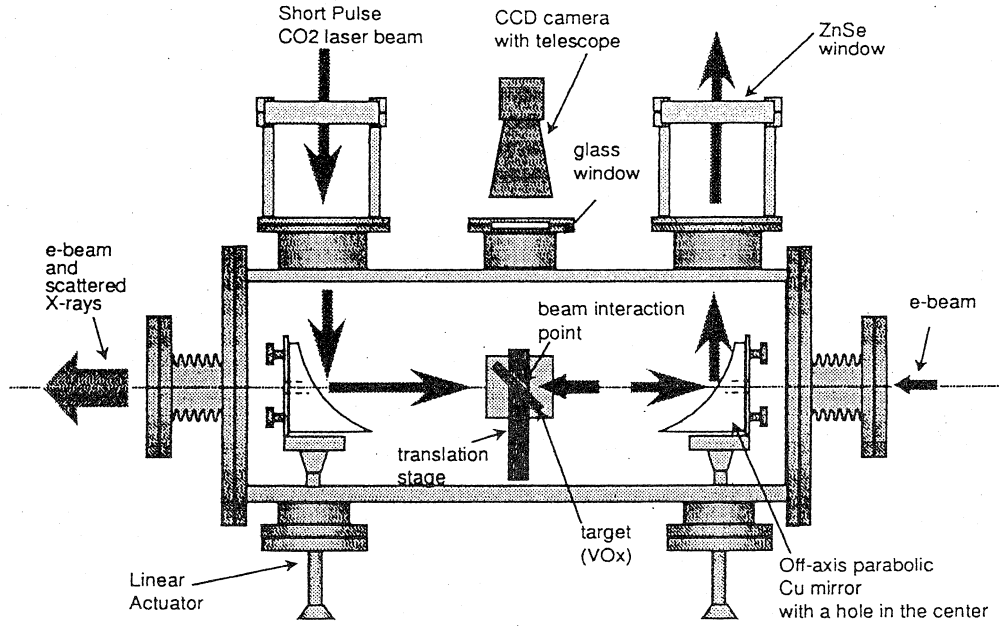


Fig. 1 Top view of the Compton chamber

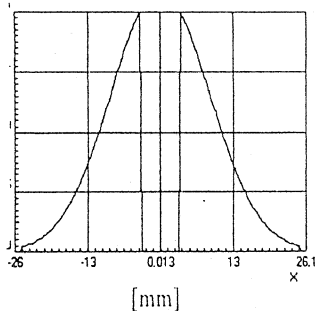


Fig. 2-(a) CO<sub>2</sub> beam profile at the entrance window

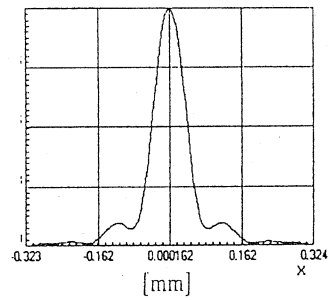


Fig. 2-(b) CO<sub>2</sub> beam profile at the focal point

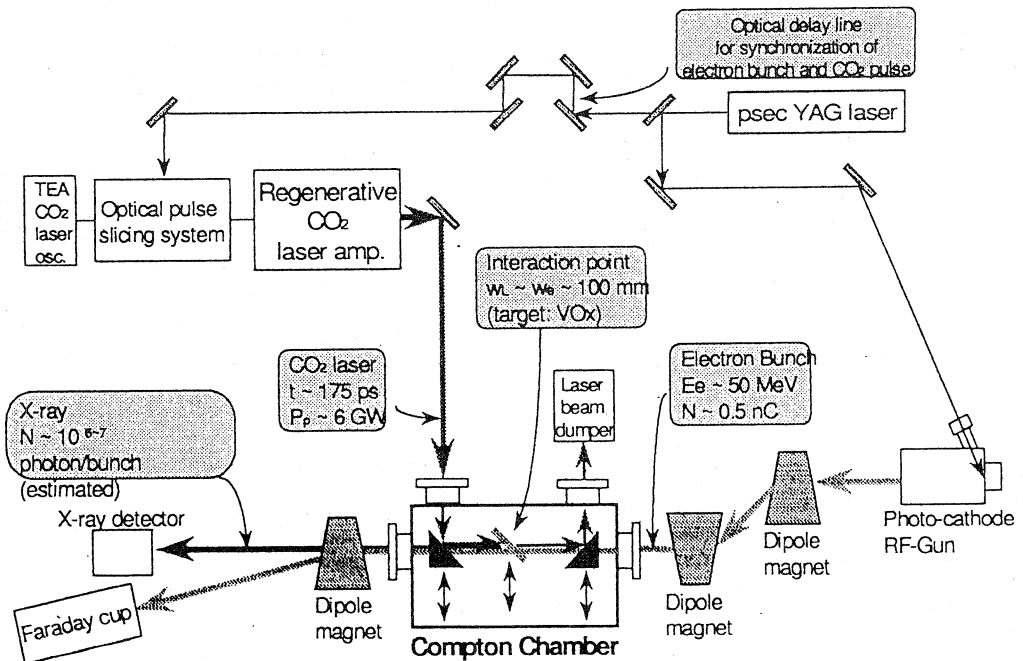


FIG. 3 EXPERIMENTAL