

[O8-A09]

Observation of Photons from Linac based Laser Compton Scattering

Hiroki Hane, Hideaki Ohgaki*, Hiroyuki Toyokawa*, Tomohisa Mikado*,
Takayoshi Mamini#, Yushi Kaneda##, Yutaka Hayashi**

LSI Business & Technology Development Group,
Core Technology & Network Company, Sony Corporation
4-14-1, Asahi-cho, Atsugi-shi 243-0014, Japan
#Frontier Science Laboratories, Sony Corporation
2-1-1 Shinsakuragaoka, Hodogaya-ku, Yokohama-shi 240-0036, Japan
##Kubota Opto-Electronics Laboratory,
Core Technology & Network Company, Sony Corporation
6-7-35 Kitashinagawa Shinagawa-ku, Tokyo, 141-0001, Japan
*Quantum Radiation Division, Electrotechnical Laboratory
1-1-4 Umezono, Tsukuba-shi 305-8568, Japan
**University of Tsukuba
1-1-1 Tennodai, Tsukuba-shi 305, Japan

Abstract

The experiment on linac based Laser Compton Scattering (LCS) is reported. Photons of LCS are to develop a light source for future lithography. Signals resulted from LCS with Nd:YAG laser(1064nm) and linac injector(6.6MeV electrons) were observed. The preliminary result was described in this paper.

リニアックを用いたレーザーコンプトン散乱により発生したフォトンの確認

1. はじめに

電子技術総合研究所のリニアック(TELL)を用いてレーザーコンプトン散乱(LCS)実験を行っている¹⁾。この実験はLCSにより発生した軟X線をリソグラフィ光源等の新規応用分野へ拡張していくことを目的としている。LCSは、リソグラフィの光源として考えた場合、一度技術を確立すれば同一線上の技術で多世代にわたって利用できる利点がある²⁾。昨年度に続き今回は、立ち上げを終了した実験装置と、LCSフォトン発生を確認した件について報告する。

2. 実験装置とLCSフォトンの確認方法

Fig.1のようにTELLのバンチャー直後に45°の分岐管を取り付け、その先に反応チャンバーを設置した。反応チャンバーの覗き窓からQスイッチNd:YAGレーザー(2J,7ns:1064nm)光を、電子の入射方向に対して135°の角度で入射し、反応チャンバーの中心で加速電子と衝突

させることにより、電子ビームの進行方向にLCSフォトンが発生する。電子ビームはバンチングに伴う加速のみで反応チャンバーに入る。分岐点に設置した偏向磁石に流した電流より、反応チャンバーに入る電子ビームの加速エネルギーは6.6MeVと計算された。電子ビームの電流量は200mA、パルス幅は1μsである。電子ビームの半径は反応チャンバー中心で最小、かつ、円に近くなるように調整した場合、x方向が2.2mmでy方向が1.7mmであった。レーザービームは半径5mmの平行ビームである。

電子ビームとレーザービームを衝突させるために時間的および空間的コインシデンスをとる必要がある。時間的なコインシデンスをとるために、電子ビームはバンチャー部に設置したコアモニターから、レーザービームはビームダンプの散乱光が入るように設置したフォトダイオードから、それぞれの信号をオシロスコ

ープ上でモニターした(Fig.2 参照)。そしてオシロスコープ上で $1\mu\text{s}$ の電子ビームパルス信号の中間に 7ns のレーザービームパルス信号が位置するように、Fig.2 のディレイ 1 を調節することで時間的なコインシデンスをとった。また、反応チャンバー中心に降りるようにしたデマルケストを用いたビームモニターを設置し、このビームモニターによりビーム位置を確認しながら各電磁石に流す電流を調整して空間的なコインシデンスをとった。

上記のようにしてコインシデンスをとり、得られる LCS フォトンの収量は電子ビーム、レーザービームともにパルス状で、ガウス分布として (1)式で近似できる。

$$y = \frac{2N_e N_p \sigma L}{A \tau c} \quad (1)$$

ここで、 y を LCS フォトンの収量として N_e はパルス当たりの入射電子数、 N_p はパルス当たりの入射レーザーフォトン数、 σ はクライン仁科の式より求められる散乱断面積、 L は有効反応長である。 A 、 τ は、それぞれ入射電子ビームとレーザービームのうち、大きいほうの断面積と長いほうのパルス幅を示す。(1)式より収量を大きくするためには、ビームの断面積を小さくすることが有効であることが分かる。電子ビーム径は現在の電磁石の配置では最小と考えられる。レーザービームに対しては覗き窓直前(反応チャンバー中心から 30cm の位置)に焦点距離 30cm のレンズを設置した。これによりレーザービームは反応チャンバー中心で焦点を結び(半径 $\sim 16\mu\text{m}$)、レーザービーム径は電子ビーム径より小さいので、収量は電子ビーム径に依存する。

LCS フォトンの発生を確認するためには、Fig.1 の様に最下流に取り付けた MCP(浜松ホトニクス社製)を用いた。制動放射に起因すると考えられるバックグラウンドの影響を低減させるために MCP の周りを鉛ブロックで遮蔽した。上記の実験条件において LCS フォトンはパルス当り 10^3

個発生しているが、MCP が見込む立体角に入るのは $2\sim 3$ 個で、オシロスコープ上では $1\sim 2\text{mV}$ のピークになると計算された。

3. MCP による測定結果

測定結果の例を Fig.3、4 に示す。これらはレーザービームからの信号をトリガーとして、オシロスコープ(テクトロニクス社製 TDS380P)で観察した MCP の波形であり、 0ns がレーザーと同じタイミングである。Fig.3 はレーザービームを反応チャンバー中心まで導き電子ビームと衝突させた時(以下レーザービーム ON 時と称す)である。一方、Fig.4 はレーザービームを反応チャンバー手前でダンプした時(以下レーザービーム OFF 時と称す)である。これらの波形観察時、ランダムに変化しているバックグラウンドの影響を小さくし、S/N 比を大きくするためにオシロスコープのアベレーシング機能を用いた。

Fig.3 には矢印で示したように 0ns 付近にピークがあるが、Fig.4 にピークは認められない。Fig.5 に両者の差をとった波形を示す。明らかに 0ns 付近にはっきりしたピークが認められる。ピークの高さは約 1mV で予想通りである。このピークは、レーザーON で電子ビームを出さなかった時には認められず、レーザー光の散乱等の影響ではないことが分かる。

よって、このピークは LCS フォトンを示していると考えられる。

4. 終わりに

今回 LCS フォトンの確認までを報告した。現在、分光器により LCS フォトンの波長の分光測定を試みている。さらにスペクトル幅、加速エネルギーと LCS フォトン波長との関係を調べる。また、LCS フォトン収量を増やす工夫を行う。例えば、今回の実験条件では 135° の角度で電子ビームとレーザービームを衝突させており、(1)式における L が非常に小さく

なっているので、この衝突角を 180° に近づけ L を大きくする。この時の収量増大を調べると同時に今後は各種のパラメータの最適化を検討し、そこから LCS 技術が将来のリソグラフィ光源となり得るための諸条件を明らかにしていく計画である。

参考文献

- 1) H. Hane et al., Proc. 23rd Linear Accelerator Meeting in JPN. p.414(1998)
- 2) T. Mamime and H. Ohgaki, JJAP Vol. 37(1998)L184

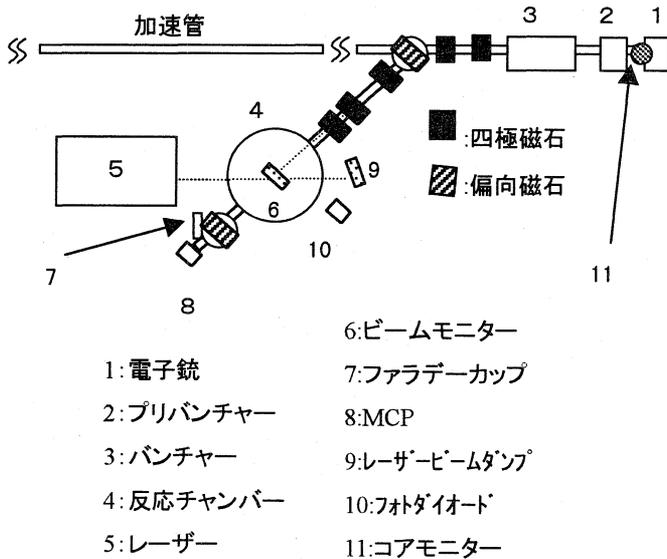


Fig.1 実験装置概略図

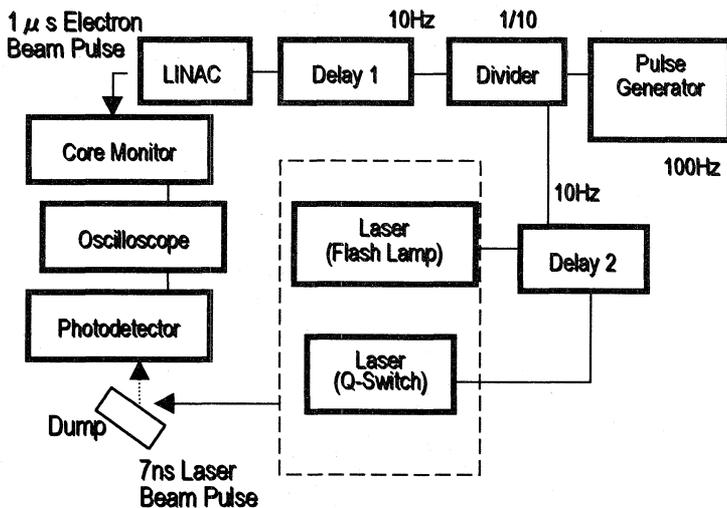


Fig.2 リニアック LCS のための信号系

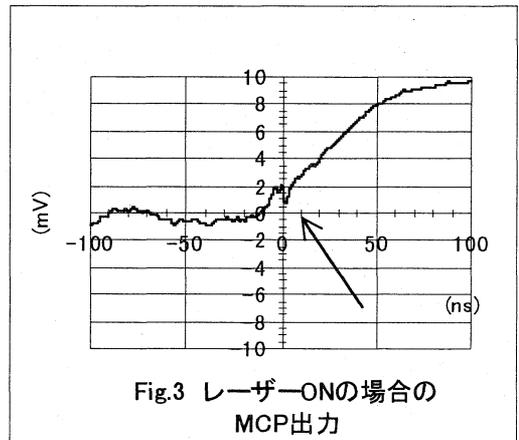


Fig.3 レーザーONの場合のMCP出力

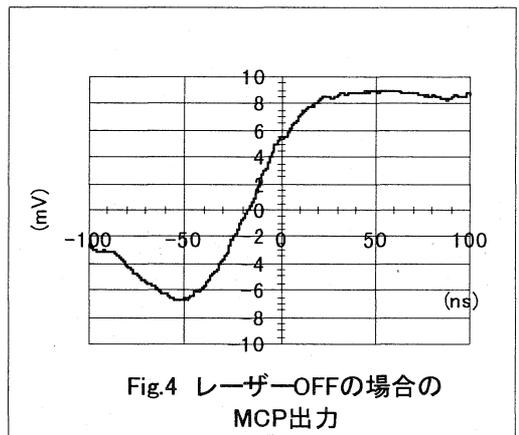


Fig.4 レーザーOFFの場合のMCP出力

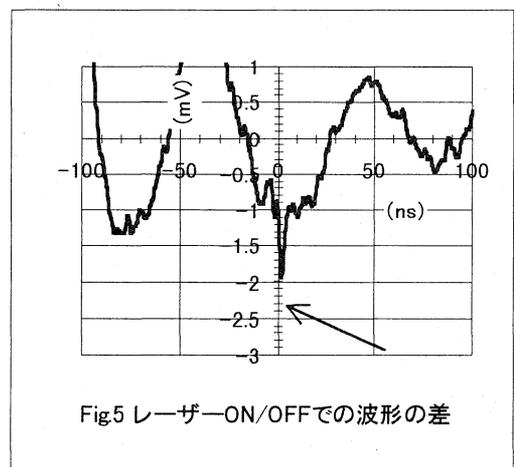


Fig.5 レーザーON/OFFでの波形の差

(ベースを揃えるために4次関数によるフィッティング分を差し引いてから差をとる)