

[12P-04]

High Quality Beam Generation Project at Waseda University

M. Washio*, S. Kashiwagi, R. Kuroda, T. Kobuki, T. Oshima, Y. Hama, J. Urakawa^{A)},
T. Hirose^{B)}, Ilan Ben-Zvi^{C)} and X-J. Wang^{C)}

Research Institute for Science and Engineering, Waseda University

3-4-1 Okubo, Shinjuku-ku, Tokyo, 169-8555 Japan

^{A)} High Energy Accelerator Research Organization

1-1 Oho, Tsukuba, 305-0801 Japan

^{B)} Faculty of Science, Tokyo Metropolitan University

1-1 Minami-Osawa, Hachioji, Tokyo, 192-0397 Japan

^{C)} Department of Physics, Brook Haven National Laboratory

Upton, New York, 11973, USA

Abstract

High quality electron beam generation project has been approved by the grant of the Ministry of Education named High-Tech Research Center Project and the project has started at Waseda University. In the project, we will install a Laser Photo-cathode RF Gun system in Kikui-cyo campus of Waseda University. The RF Gun system is composed of 1.6 accelerating structure cells of s-band with Mg cathode and a stabilized laser and RF power source. The Gun is expected to produce single electron bunch up to 1 or 2nC with around 10ps pulse.

早稲田大学における高品質ビーム発生計画

はじめに

早稲田大学では平成11年度の文部省ハイテクリサーチセンター研究の採択を受け、3つの大きなプロジェクトを展開させることとなっている。本計画の「高品質ビームの発生とその物性・反応研究への応用」はこれら3プロジェクトの1つとして採択を受けた。このプロジェクトでは、早稲田大学の喜久井町キャンパスに新規の研究棟を建設することとなっており、本研究装置はその地下2階に設置される予定である。(図1に建物の平面図を示す。)システムとしてレーザーフォトカソードRF電子銃を中心としたコンパクトなシステムを導入することとした。

ここで導入するシステムには従来利用されてきたBNL-KEK-SHIタイプのRFガン¹⁾を更に性能向上させ、早稲田大学で実施する予定の逆コンプトン散乱実験、パルスラジオリシス実験等にむけた高輝度で安定なピコ秒短パルスを得る事を目

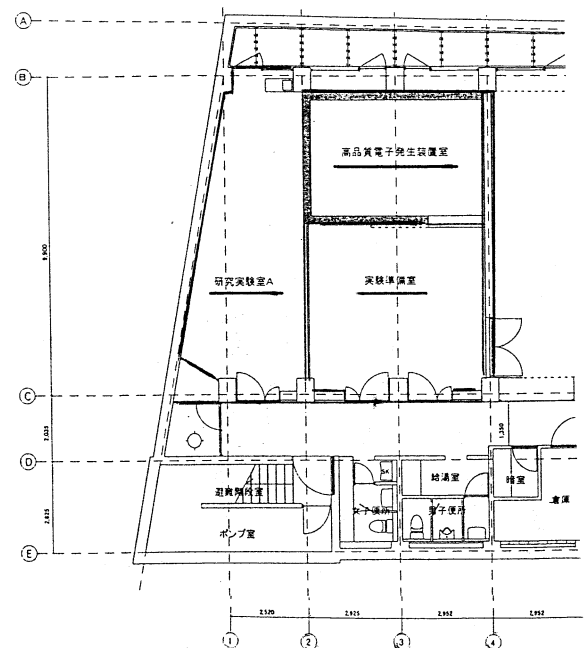


図1 新研究棟 地下2階レイアウト(一部)

*)M. Washio, 03-5286-3893,
washiom@mn.waseda.ac.jp

的としている。

装置構成

今回導入する装置は、高安定 RF 電源、クライストロンシステム、RF 電子銃、電子発生用レーザー等からなる。RF 電源は特にジッター低減のために高電圧の安定度を最大で0.3%以内となるよう仕様を決定した。クライストロンはトムソン CSF の TV2019B6 を選定した。このクライストロンは最大 10MW の RF パルスが発生することができるため、RF 電子銃の空洞に 120MV/m を超える電界を発生させることが可能である。

RF 電子銃はいわゆる BNL・KEK・SHI タイプのもので、具体的には S バンドの 1.5 セル空洞を持つものである。(システム図を図 2 に示す。)

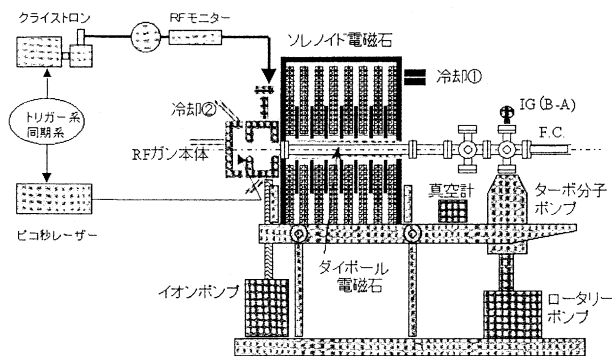


図 2 RF ガン システムレイアウト

この RF 電子銃からは極めて質の良い電子線を得ることができるため、多方面の研究へ応用することが可能である。具体的な性能としては、電子エネルギーで 3~5MeV、電荷量で 1nC 程度(銅カソードの場合)、パルス幅 2~10ps 程度(可変)、規格化エミッタンス 1~10 π mm \cdot mrad 程度といった値を得ることができる。また繰り返し数は最大 25Hz となる予定である。一方、カソード材料として現在は純銅が使われているが、本計画では更に量子効率の良い Mg カソードへの変更を行い量子効率の評価も実施する。この変更がうまく行けば、電荷量として 5nC 程度まで利用できるようになると期待される。

レーザーシステムは住友重機械製の Pulrize5型 Nd:YLF レーザーで、IR 出力 3mJ、4 倍波で 0.3 mJ の出力を持つものとなる。レファレンスとなる RF との時間ジッターは 500fs、数時間程度のパルス安定度が保証値で 4% 以内(実測地は $\pm 0.5\%$)と従来の RF 電子銃励起用レーザーと比べると一段と性能が向上している。

このレーザーの基本性能を表 1 に示す。

表 1 Pulrize 5 の主な性能

Specification	
Wave Length	Nd:YLF
Oscillator Frequency	119 MHz
Oscillator Frequency Adjustable Range	0.01MHz
Energy: IR	3mJ
Energy: UV	0.3mJ
Repetition Rate	1-25Hz
Time Jitter from External Trigger	10ns
Pulse Width	11.6PS
Time Jitter from Reference RF	0.5ps
Beam Profile	TEM ₀₀
Divergence	<2mrad
Polarization	>50:1
Pointing Stability	50urad
Energy Stability (UV,long term, 8 hours)	10% RMS
Energy Stability (UV,Short term, 10000 shots)	4% RMS
Distance from Remote Controller	50m
	-
	-
	-

我々の計画では上記のような一般的なコンポーネントの性能を極限まで高め、従来のシステムでは達成し得なかった極めて安定で品質の良い電子ビームを取り出す事ができるよう研究を進めている。特に本計画で注意を払っているのは、暗電流の低減化である。RF ガンでは従来からこの暗電流が問題になっているが、その要因を徹底的に取り除くため、空洞の加工法に特段の配慮を行っている。

部屋の構成

上で述べたように今回のプロジェクトでは、装置を設置する部屋は、新規に建設される建物の地下二階に図 3 に示すような配置でシステムを設置する予定である。本プロジェクトでは RF ガン以外に特に加速システムを設置しないので、システム全体が非常にコンパクトであり、全体の温度制御も従来システムに比べて格段の安定化が可能となると考えられる。このことは、長時間の実験においても極めて安定に高品質電子ビームを使った実験が可能になる事を意味している。

今後の計画

我々の建物は今年 9 月頃に完成の予定であり、完成後各コンポーネントの搬入、設置、接続を行い、RF ガンのコンディショニングを行う。計画が順調に進めば 11 月頃には電子ビームの取り出しが可能となると期待している。その後各種のビームテストを実施する事になる。具体的には RF 導入時の暗電流の評価を実施し、更にビームのエミッタンス及びエネルギースペクトルの評価を実

施する予定である。なおビームのパルス長については、ストリークカメラのような高速の光測定器がないので、RF キッカー法のような新規の方法の導入を考えている。

また我々は電子ビーム計測と同時に、この高品質電子ビームを用いたいくつかの発展的研究についても検討を加えている。一つは、この電子ビームとレーザーとの衝突を利用した逆コンプトン散乱による高輝度 X 線発生実験である。当面は Pulrize5 の基本波 $1.06 \mu\text{m}$ と 5MeV 電子線の正面衝突による実験を来年度以降行う予定である。

更に、我々の大きな目的の一つであるこのテーブルトップ電子線を用いたパルスラジオリシス実験をできるだけ早い時期に立ちあげる事を考えている。この場合も Pulrize5 の光を分割し、RF ガンの電子発生に用いるとともに、分析光としても利用し、時間精度の高いパルスラジオリシス実験システム(参考のためシステム概念図を図 4 に示す)を実現し超高速物理化学反応の研究を実施して行く予定である。

文献)

鷲尾方一、フォトカソード RF 電子銃による高品質電子ビームの生成、日本物理学会誌 55 巻 (3)、196-201 (2000)

本研究の一部は早稲田大学 特定課題研究助成 99B-029 の補助によって実施した。

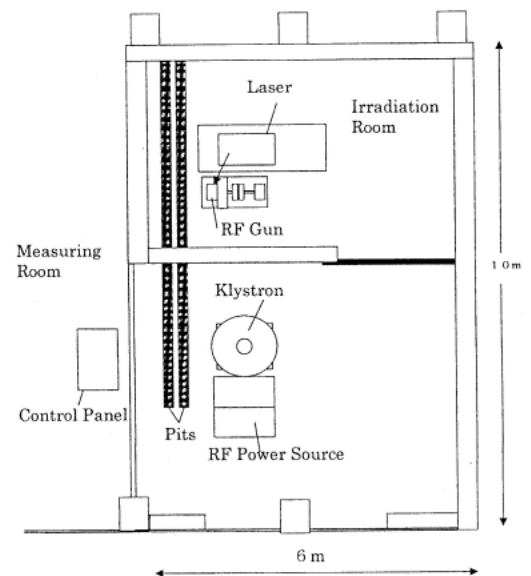


図 3 実験室のレイアウト

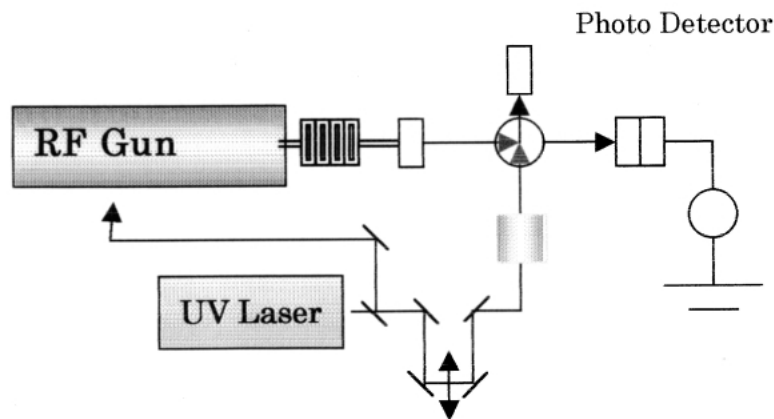


図 4 パルスラジオリシスシステムレイアウト