

Linac and Laser 2008 at University of Tokyo, Professional school

M. Uesaka^{1,A)}, K. Koyama^{A)}, A. Sakumi^{A)}, T. Ueda^{A)}, A. Yamazaki^{A)}, F. Sakamoto^{A)}, E. Hashimoto^{A)},
A. Maekawa^{A)}, T. Yamamoto^{A)}, T. Natsui^{A)}, K. Li^{A)}, Y. Taniguchi^{A)}, H. Taguchi^{A)}, K. Miyoshi^{A)}, K. Kanbe^{A)},
Y. Muroya^{A)}, Y. Katsumura^{A)}, T. Hosokai^{B)}, A. Zhidkov^{C)}, M. Yamamoto^{D)}, N. Nakamura^{D)}, E. Tanabe^{D)}

^{A)} Nuclear Professional School, School of Engineering, University of Tokyo

2-22 Shirane-shirakata, Tokai, Naka, Ibaraki, 319-1188, Japan

^{B)} Tokyo Institute of Technology

2-12-1 O-Okayama, Meguro-ku, Tokyo, 152-8550, Japan

^{C)} Central Research Institute of Electric Power Industry.

2-11-1, Iwado-kita, Komae, Tokyo 201-8511, Japan

^{D)} Accuthera Inc.

2-7-6 Kurigi, Asao, Kawasaki, Kanagawa 215-0033

Abstract

We have been developing a compact-sized cartridge-type cathode exchanging system installed in BNL-type IV photocathode RF gun. We propose the Na₂KSb cathode, which has the possibility to drive by visible light of 400 nm (violet range). We tested the cathode and obtained the quantum efficiency of 1% at the wavelength of 266nm. The lifetime of T1/2 is more than 100 hours surrounded at the vacuum pressure of 2*10⁻⁸ Torr.

We are also developing a compact Compton scattering X-ray source to apply to the medical application. X-band (11.424GHz) 3.5-cell thermionic cathode RF electron gun is adopted as an electron beam injector. We chose Nd: YAG laser which can switch a wavelength and energy (532 nm/ 1.4J, 1064nm/ 2J) as a photon source to collide the electron beam. New two key ideas are contained in a new gun. First, choke structure is adopted as an RF interceptor, which allows spring to have only to role as a stabilizer of the cathode rod, therefore stable operation will realize. Second, cylindrical waveguide is adopted as the coupler for feeding RF to the cavity. It also enables the gun to operate with few RF problems. In this presentation, we will report the details of new X-band thermionic cathode RF-gun and experimental results on cavity property measurement.

We are developing non-destructive testing (NDT) system with 9.4 GHz X-band Linac. This system adopts low power magnetron for RF source, so total size is very compact. Now, we start beam measurement, X-ray generation and X-ray imaging test. In this paper, we describe the detail result of these experiments.

東大原子力ライナック・レーザー施設現状報告2008

1. はじめに

東大原子力専攻では、Sバンドツインライナック、レーザープラズマライナックXバンド医療用小型ライナックと非破壊検査用950keVライナックを設置している。

Sバンドツインライナックは全国共同利用マシンとして、これまで同様、ピコ秒・サブピコ秒時間領域の放射線化学実験[1]に用いられるとともに、医療用小型加速器要素技術開発、極短パルス測定の為の要素試験の利用が行われるようになった。

2. 共同利用状況

平成20年度は新規課題1つを含む合計11個の共同利用課題が採択された。内、ビーム物理系4件、利用系7件である。表1に課題一覧を示す。

3. Sバンドツインライナック

Na₂KSbは光電子増倍管で使われているカソードであり、400nmで最大の量子効率を誇り、Ti:Saレーザーの2倍波で駆動可能である。図1にカソードの量子効率の波長依存性を示す。カソードのこのカソード材質をモリブデンベース上に生成し、フォトカソードRF電子銃にインストールし試験を行った。試験では266nmの波長で寿命テストまで行った。

エージングのち量子効率が1%[2]であった。続いて寿命特性試験を行った。加速器の電子源として使用していく場合、カソードの寿命が問題となってくる。寿命が短いカソードでは電流量の不安定性、メンテナンス回数が増大が見込まれ、使用に不都合が生じる。

¹ E-mail: uesaka@nuclear.jp

表1:平成20年度共同利用課題一覧

| 採番 | テーマ名 | 代表者 |
|------|-----------------------|-------------------------|
| L-1 | 水溶液の放射線効果の研究 | 勝村庸介 (東京大学) |
| L-2 | パルス&プローブ法を用いる超高速反応の研究 | 勝村庸介 (東京大学) |
| L-3 | 天然高分子材料等の放射線化学反応機構 | 工藤久明 (東京大学) |
| L-4 | 多結晶ルビー(アルミナ蛍光板)の発光特性 | 高橋浩之 (東京大学) |
| L-5 | 高速応答シンチレーターの開発と性能評価 | 浅井圭介 (東北大学) |
| L-6 | 医療用小型加速器要素技術試験 | 浦川順治 (高エネ研) |
| L-7 | 高温・超臨界溶媒の放射線化学 | 勝村庸介 (東京大学) |
| L-8 | フォトカソードRF電子銃の高性能化 | 熊谷教孝 (JASRI/SPRING8) |
| L-9 | レーザープラズママルチビーム研究 | 上坂充 (東京大学) |
| L-10 | 単色エネルギー可変X線源の応用研究 | 上坂充 (東京大学) |
| L-11 | 可搬型小型X線源を用いた非破壊検査応用研究 | 上坂充 (東京大学) |

我々の装置の真空度は真空ポンプ付近で 2×10^{-9} Torr、端板後方のカソード挿入口で 2×10^{-8} Torrであった。RFガンキャビティは奥まった構造をしており、それより真空度が悪いのが見込まれる。カソードプラグ挿入後多数の放電が観測され、イオンポンプにおいて 4×10^{-8} Torr以下に落ちることも多数あった。そのような真空度における Na_2KSb カソードの寿命特性を図2に示す。カソードの寿命が24時間以内で急激におち0.5%まで減衰する時間は100時間であった。その後量子効率の落ちが減速し、280時間後に当初の1/5の量子効率(T(1/5))に到達、その後安定した。図6にRFの印加時を示す。劣化が加速器を止めた3日間での劣化が特に激しく、RF印加によるものだけではないことがわかる。

4. レーザープラズマライナック

レーザープラズマ相互作用によって高エネルギー、短パルス、低エミッタンス、単色な高品質電子ビームを生成する安定でコンパクトなレーザープラズマ加速器を実現するために、東大12TWレーザーを用いてレーザープラズマカソードの研究を行っている。

レーザープラズマ電子源の現在の課題は安定性とビーム品質の向上である。ガス標的のメインレーザー進行方向軸に沿って外部磁場を印加する。発生した電子の分布を下流に設置された蛍光スクリーンで観測する。磁場をオンオフすることで磁場の影響を調べる。図3はスクリーン上での電子発生分布である。磁場(B=0)においては発散は約60mmと広がっている。磁場(B=0.2T)においてはスクリーン上での電子分布は3.6mmと指向性が劇的に向上する。また、この際の電子発生はショットごとのばらつきが抑制され、安定化される[3]

5. Xバンドライナック

5.1 コンプトン散乱単色X線源

SPECTRAL RESPONSE CHARACTERISTICS

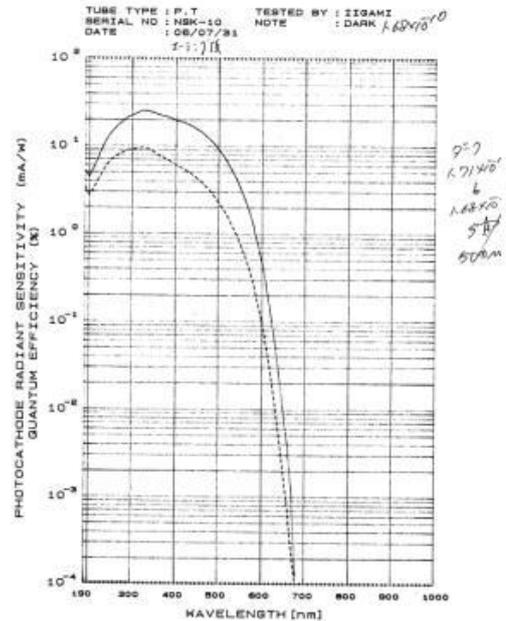


図1 Na_2KSb の量子効率の波長依存性

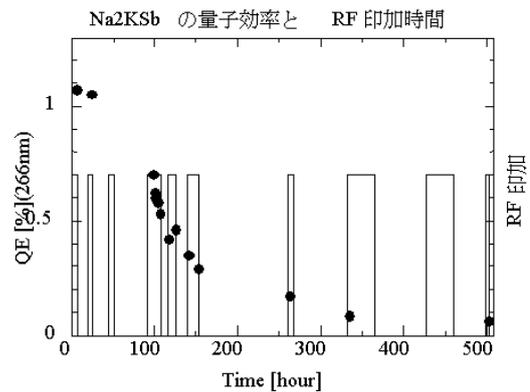


図2 Na_2KSb 寿命試験。四角は RF 印加を示す。

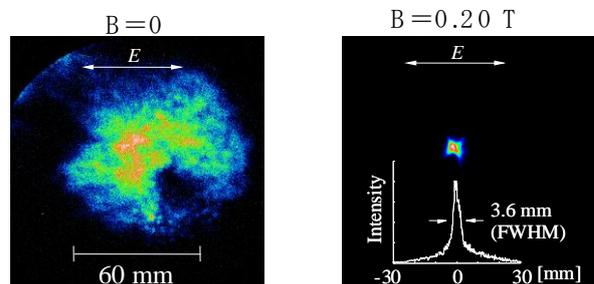


図3: DRZ上での電子ビームプロファイル

医療応用を目指したコンプトン散乱単色X線源では、電子銃カソード部分におけるRF遮断およびのタンダステン製スプリング破損問題を解決するために、カソード部分にRFを遮断するチョーク構造を採用した新規電子銃を設計した。図4に新規電子銃見取図を示す。新規電子銃の設計に際しては、大きく2つの改良点がある。第一に、カソードへのRF遮断構造としてチョーク構造を採用したこと。第二に、カ

プラ構造を従来の同軸構造を廃して、円形導波管構造に変更したことである。従来の同軸導波路構造よりも簡素な構造で、十分なRF供給が可能である。カプラと空洞に現電子銃を用いて、チョーク構造を導入したものによる試験を行った。低電力のRFを電子銃に供給し、チョーク構造を用いても空洞内にRFが供給されることが確認された(図5) [4]。

5.2 非破壊検査ライナック

最大エネルギー950 keVのX-band Linacを用いた可搬型非破壊検査装置の開発を行っている。

本装置の非破壊検査への応用として、インペラなどの回転機の回転を止めることなく同期を取り、リアルタイム静止画取得できる装置としての応用も検討している。図6に回転機リアルタイム撮像の概念図を示す[5]。被写体がドライヤにおける撮像映像を図7に示す。

6. 今後の展開

Sバンドライナックではマルチアルカリカソードの長寿命化を試みる。レーザープラズマライナックは、さらにプリプラズマ状態の制御と最適化を行い、レーザープラズマカソードの高度化を目指す。単色コンプトン散乱X線源では新規電子銃の特性を低電力、高電力の各条件下で行い、単色X線源に導入する予定である。非破壊検査ライナックでは電子ビーム・X線の詳細測定ならびにX線撮像を行っている。

参考文献

- [1] Y. Muroya, T. Watanabe, G. Wu, Xi. Li, T. Kobayasi, J. Sugahara, T. Ueda, M. Uesaka and Y. Katsumura, Radiation Physics and Chemistry, 60 (2001) pp. 307-312
- [2] A. Sakumi et al., “Comissioning of Alkali-antimonide photocathode at U-tokyo RF gun” 当学会で発表
- [3] A. Yamazaki et al., “Experimental study on femtosecond electron generation by laser plasma cathode.” 当学会で発表
- [4] Y. Taniguchi et al., “Development of X-band Thermionic RF Electron Gun using Choke Structure.” 当学会で発表
- [5] T. Yamamoto et al., “X-RAY IMAGING TEST USING 950 KEV X-BAND LINAC BASED NDT SYSTEM” 当学会で発表

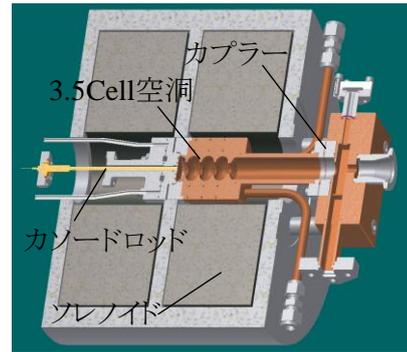


図4 新規電子銃見取図

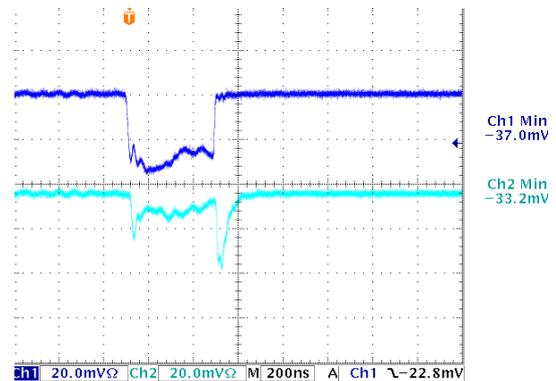


図5 カソード導入現電子銃空洞内RFパルス波形

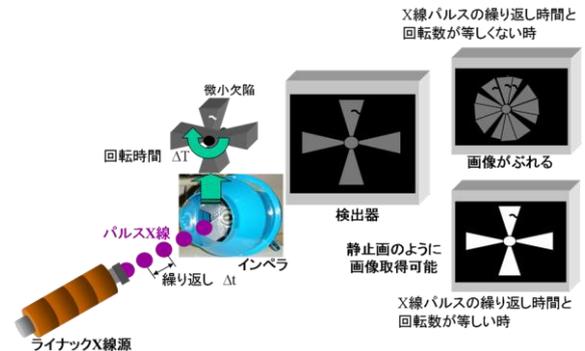


図6：リアルタイム撮像系概念図

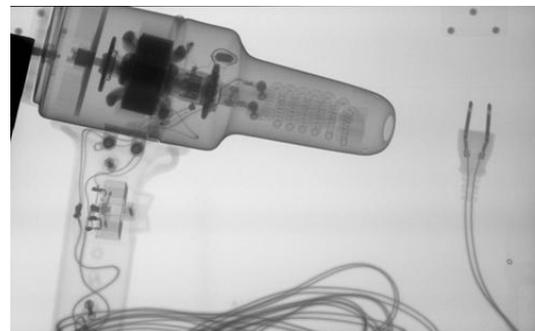


図7：イメージングプレートによる取得画像