

## COMMISSIONING OF Na<sub>2</sub>K<sub>2</sub>Sb PHOTOCATHODE RF GUN AT THE UNIVERSITY OF TOKYO

Kunihiro Miyoshi<sup>1,A)</sup>, Kohta Kambe<sup>A)</sup>, Toru Ueda<sup>B)</sup>, Akira Sakumi<sup>C)</sup> Mitsuru Uesaka<sup>A,B)</sup>

A) Department of Nuclear Engineering and Management, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo,;  
2-22 Shirakata-shirane, Tokai-mura, Nakagun, Ibaraki, Japan, 319-1188

B) Nuclear Professional School, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo  
2-22 Shirakata-shirane, Tokai-mura, Nakagun, Ibaraki, Japan, 319-1188

C) Kameda Medical Center; 929 Higashi-cho, Kamogawa-shi, Chiba Japan, 296-8602

### Abstract

A 1.6 cell BNL-typeIV photocathode RF gun can generate a short-pulse and high-brightness electron beam. At the University of Tokyo, the cartridge type photocathode exchanging system is installed in BNL-typeIV S-band RF gun which can replace a cathode without breaking a vacuum. We tested Na<sub>2</sub>K<sub>2</sub>Sb photocathode, which has possibility to be driven by 400[nm] because the workfunction of that cathode is 2.0[eV], which is lower than the photon energy of 400[nm]. The initial quantum efficiency was 1.2% and the electron charge of 1.6[nC] per single bunch by 400[nm] laser was generated.

## 東京大学におけるNa<sub>2</sub>K<sub>2</sub>Sb光陰極高周波電子銃の可視光駆動試験

### 1. 研究背景

光陰極高周波(RF)電子銃は、高エネルギー・低エミッタンス・超短パルスの電子ビームを発生することが可能な高輝度電子源として、研究開発が行われている。Cs-Teなどの高い量子効率を持つ光陰極は、陰極製膜から電子銃への導入までの間、一貫して超高真空に保つ必要がある。東京大学では電子銃の真空を破ることなく、陰極を交換できるカートリッジ式システム(SPring-8, 浜松ホトニクス、東京大学による共同開発)の導入を行っている。工場で生産されたカードリッジ管内に陰極が真空封じされているため、加速器の構成機器としての製膜装置は不要であり、システムがより小規模になるという利点がある。SPring-8では、カードリッジシステムを搭載した単セル高周波電子銃によって、Cs-Te光陰極の評価が行われた[1, 2]。Cs-Teの量子効率は3[%]-4[%]と高く、数[nC]の電荷を供給するには十分であるが、紫外領域のレーザーが必要になり、レーザーに負担がかかるという問題を抱えている。そこで、可視光領域のレーザーで駆動可能なアンチモン系光陰極の試運転を進めている。

東京大学では、光陰極高周波電子銃からの電子ビームを用いた応用実験の一つとして、放射線化学における初期反応解明のためのポンプ&プローブによるパルスラジオリシス実験を行っている[3, 4]。S/N比の向上のためには電荷量を、システムの安定性にはレーザーの負担を軽減する必要があるため、アンチモン系光陰極が大電荷かつ可視光レーザー運転できるとなると、応用実験の幅も自ずと広がっていくと考えられる。

本発表では、東京大学におけるNa-K-Sb光陰極の高周波電子銃における寿命測定及び可視光による電子ビーム試験について報告する。

### 2. Sバンド18MeV電子線形加速器

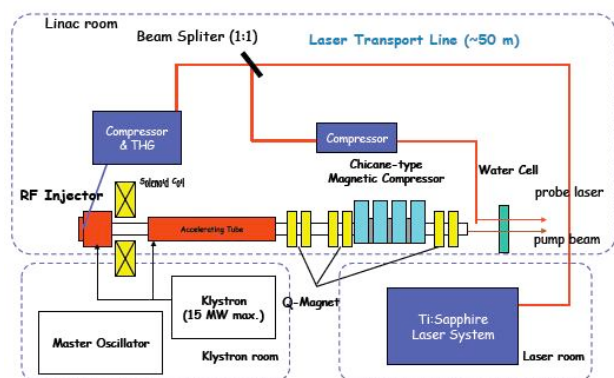


図1. 18MeV電子線形加速器の装置体系

光陰極RF電子銃を用いた線形加速器と、パルスラジオリシス実験の体系を図1に示す。18Lのビームラインは、光陰極RF電子銃(1.6セル、BNL-typeIV)、ソレノイド磁石、進行波型加速管、四極電磁石、シケイン型磁気パルス圧縮器からなる。0.3[TW]のTi:Sapphireレーザー(800[nm])を光陰極励起用及びプローブ用光源として用いている。

<sup>1</sup> E-mail: kmiyoshi@nuclear.jp

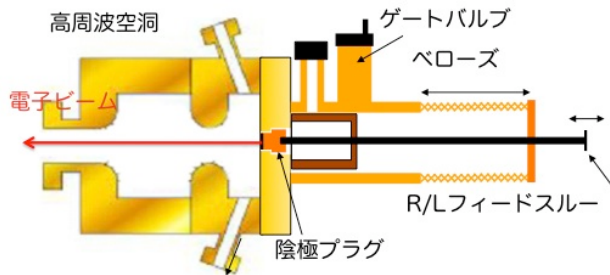


図1.カートリッジ式高周波電子銃の概略図

カートリッジ式交換システム[5]については、電子銃後方の空間的な問題から、SPring-8で使用されているものよりも、50cmから80cm程度小型のシステムが要求された。陰極プラグ、カソード輸送用直線/回転導入器からなるシステムは、陰極を超高真空に保ったまま輸送できる。陰極導入の際には、フィードスルーのベーキングを行った後、ゲートバルブを空け、カートリッジ管に封入された陰極プラグを直線導入器で端板後方まで移動させ、真空封じのためのコバール膜を破る。その後、回転導入器によって陰極プラグを端板の規定位置まで移動することで、陰極を交換できる様になっている。陰極の真空度を確認する為に、端板後方に真空計を設置している。

### 3. Na<sub>2</sub>KSb光陰極

#### 3.1 寿命測定

本施設におけるTi:Sapphireレーザーの3倍高調波(266nm)の変換効率は約2%であり、レーザーの大型化や不安定化を招いている。そこで、レーザーの安定化という観点から、可視光領域のレーザーで動作できるような光陰極が望まれている。Na<sub>2</sub>KSbは光電子増倍管で使用されている光陰極で、Ti:Sapphireレーザーの2倍高調波である400nmでもオフライン環境下において10%程度の量子効率を持つ。電子を真空に引き出すために必要なエネルギーは2.0eVで、Cs-Te(3.5eV)に比べて低く、また、Csを用いないことにより、Csの蒸発による量子効率の劣化がなく、超時間の動作が期待できる。今回は、レーザーのセットアップ上の都合から、266nmにおけるNa<sub>2</sub>KSb光陰極の寿命測定を行った。電子銃周りの真空系は140[L/s]のイオンポンプおよびゲッターポンプからなるが、RF印可時のイオンポンプの真空度は $1.2 \times 10^{-9}$ [Torr]、端板後方の真空度は $2.5 \times 10^{-8}$ [Torr]であった。光陰極交換直後の量子効率として、約1.2%を得た。また、0.1%の量子効率で約2ヶ月の動作を確認した。

#### 3.2 可視光による陰極試験

266nmにて寿命測定をした後に、レーザーの光学系

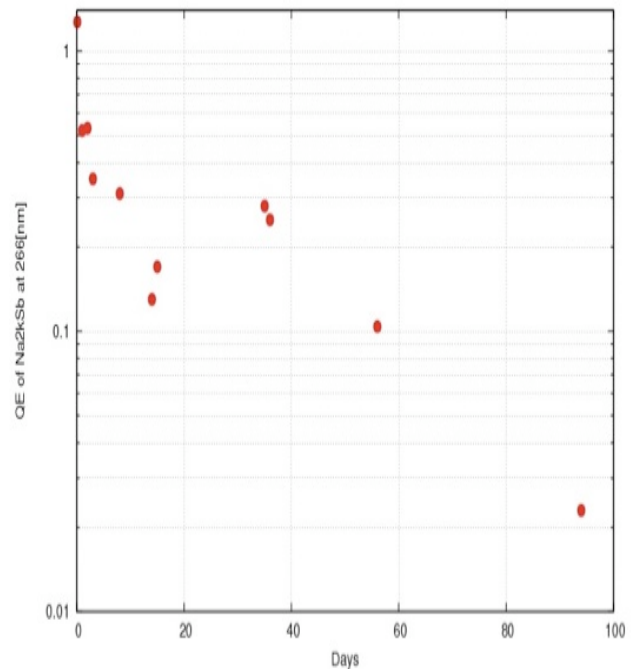


図3. Na<sub>2</sub>KSb光陰極の量子効率の時間変化

を2倍高調波用に調整し、レーザーパワーを変化させて飽和電荷量の測定を行った。

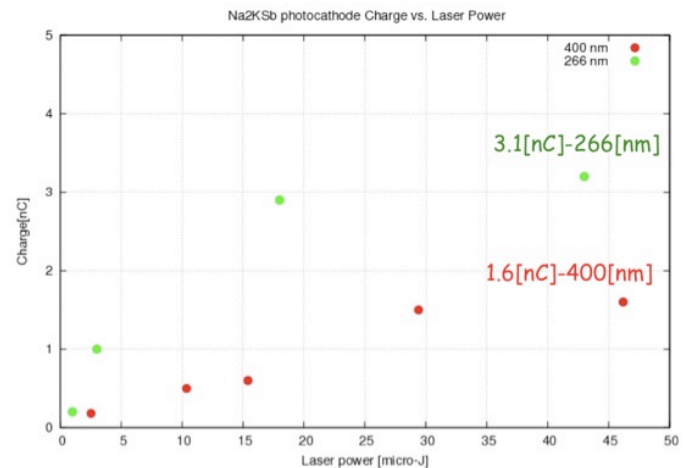


図4. 入射レーザーパワーと電荷量の関係

紫外光である266[nm]では3.1[nC]を、そして可視光領域である400[nm]レーザーで電子銃出口から1.6[nC]という電荷を得た。Na<sub>2</sub>KSb光陰極は可視光でも動作することが確認でき、nCオーダーの電荷量発生も確かめられた。ただし、400[nm]レーザーを照射したときに、放電が多数見られた。266[nm]の際は見られなかった現象であり、原因の解明を進めている。

## 4. 結論と研究計画

カードリッジ式高周波電子銃において、 $\text{Na}_2\text{KSb}$ 光陰極の試験を行った。量子効率を最大で1.2%、0.1%の量子効率で2ヶ月動作することを確認した。また、実際に可視光による試運転を行い、1.6[nC]の電荷発生に成功した。

寿命測定後に、光陰極表面を顕微鏡にて観察した様子を図5に示す。カソード表面全体にわたり多数の放電痕が見られた。

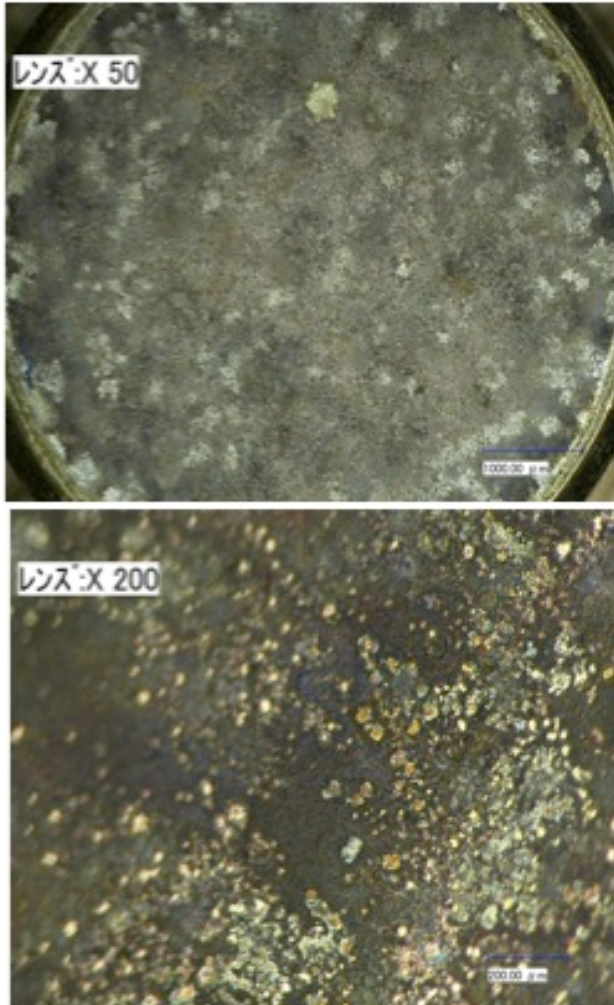


図7. RF電場印加後の光陰極表面の顕微鏡写真

アンチモン系光陰極を高周波電子銃で用いるためには、放電や真空度、残留ガス等に対する光陰極の物理的特性を検討する必要があると考えられる。そのために現在、JAEA-ERLグループのMBA装置用いて、アンチモン系光陰極の開発装置の立ち上げを進めているところである。今年度中にCs-Sbの製膜を行い、寿命や量子効率等の評価及び残留ガス等による劣化のメカニズムを子細に検討する予定である。

また、本発表においては、紫外光を用いた後に可視光で $\text{Na}_2\text{KSb}$ 評価を行った。今秋には新しく $\text{Na}_2\text{KSb}$ の陰極プラグを挿入し、始めから可視光にて

ビーム試験を行うことを予定している。また、陰極から発生した電子を効率よく取り出すために、現在電子銃周りの熱計算を進めており[6]、その評価も合わせて行っていく予定である。

#### 参考文献

- [1] J.Sasabe et al., Proc. 2005 Nucl.Instr.Meth. A, 528(2004)
- [2] H.Dewa et al., Proc of the 28<sup>th</sup> Linear Accelerator Meeting in Japan, 2003
- [3] M.Uesaka et al., Radi.Phys. Chem, **60** (2001)
- [4] Y.Muroya et al, Nucl. Instr. Meth. A, **489** (2002)
- [5] A.Sakumi et al, PAC 2007, 2787 (2007)
- [6] K.Kambe et al, 「Electromagnetic Heat Design of S-Band Linac」, proceeding of this conference.