

UPGRADE OF RF GUN AND BEAM ACCELERATION EXPERIMENT IN COMPTON

Takuya Natsui^{1A)}, Yoshihiro Taniguchi^{A)}, Mori azusa^{A)}, Yamamoto Tomohiko^{A)}, Eiko Hashimoto^{A)}, Lee Kiwoo^{A)}, Mitsuru Uesaka^{A)}, Fumito Sakamoto^{B)}, Mitsuhiro Yoshida^{C)}

^{A)} Nuclear Professional School School of Engineering University of Tokyo
22-2 Shirane-shirakata, Tokai, Naka, Ibaraki JAPAN 319-1188

^{B)} Akita national college of technology

1-1 Bunkyo-machi, Iijima, Akita city, Akita JAPAN 011-8511

^{C)} KEK

1-1 Oho, Tsukuba city, Ibaraki JAPAN 305-0801

Abstract

We are developing an X-band linac system for monochromatic X-rays source. The monochromatic X-ray is obtained by Compton scattering. Our system has an X-band (11.424 GHz) 3.5-cell thermionic cathode RF gun, traversing wave accelerating tube and a Q-switch Nd:YAG laser with a wavelength of 532 nm. We adopt a laser pulse circulation system. The RF gun can generate multi-bunch electron beam. We aim to generate 1 μ sec 30 MeV electron beam and collide it to circulated laser pulse. Last year, the gun was upgraded and the generated electron beam has a great parameter.

逆コンプトン散乱X線源X-band linacにおけるRF gun改良とビーム加速実験

1. はじめに

東京大学原子力専攻では医療用X線発生装置であるX-band 11.424 GHz linac装置の開発を行っている。この装置では、50 MW 11.424 GHz X-band クライストロンで発生したRFをRF gun と $2\pi/3$ モード進行波型加速管に分配している。RF gunで発生させた電子ビームを加速管で30 MeVのエネルギーに加速し、Q-switch Nd:YAGレーザーのレーザーパルスと衝突させることにより逆コンプトン散乱X線を得る。電子ビームのマクロパルス幅は1 μ sec を目標としており、レーザーパルス周回システムにより、10 nsec のレーザーパルスを電子ビームを発生させている間、何度も衝突させることを目指している。図1はこの装置の全体図である。RF gun から発生された電子ビームは α -magnetによってエネルギー選別され加速管へと入射される。加速管で加速された電子は2つの45度バンドを通過し衝突点まで輸送される。衝突後は再び45度バンドを2回通過し、その後、地下のダンパーに打ち込まれる。

この装置において、RF gunから正常に電子ビームが発生されないということが以前問題になっていた。この原因は主に、熱カソードの支持部分の破損であった。そこで、昨年度このgunの構造を変更し、改良したものを作製した。今年度は、この新RF gunによる電子ビーム発生試験において正常な電子ビーム発生を確認している。現在は、衝突点までのビーム輸送を達成していて、スクリーンモニターにてビームプロファイルを測定中である。

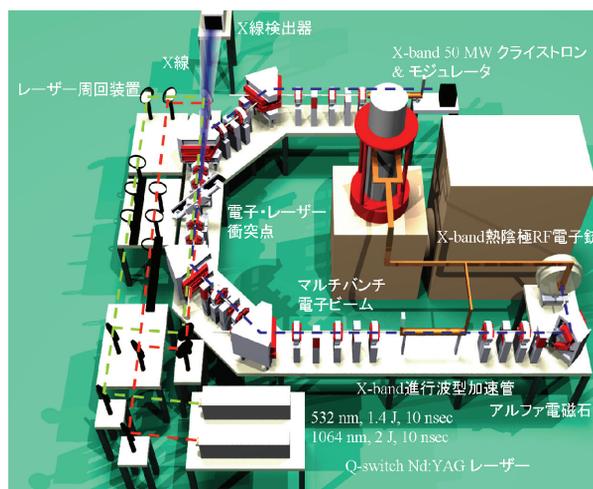


図1 装置全体図

2. RF gun の改良

本装置においては、RF gunからの電子ビーム発生部分がたびたび問題になってきた。特に、カソードロッドを支えるスプリング部分が破損するという不具合が何度も起こっていた。図2にgunのカソード部分を示すが、この金属スプリング部分が破損しカソードロッドが偏芯して放電が頻発してしまっ

¹ E-mail: n-takuya@nuclear.jp

いた. もっとも初期のgunではSUSのスプリングを採用してしまっていたため, SUSが融解し空洞内にスパッタしてしまい, 図3のように空洞内部を汚染してしまっていた. スプリングの材質をタングステンに変更してからは融解することはなくなったが, スプリングが切れてカソードを支えられないということは, 依然として問題になっていた. タングステンスプリングの破損原因はRFヒーティングによる熱による材質の変化が考えられたので, スプリング部分に直接RFが当たらない構造に変更することを考えた.

カソードロッド部分は同軸構造になっている. そこにRFが進入しないような構造としてチョーク構造を採用した. 図4に旧RF gunと新RF gunの構造を示す.

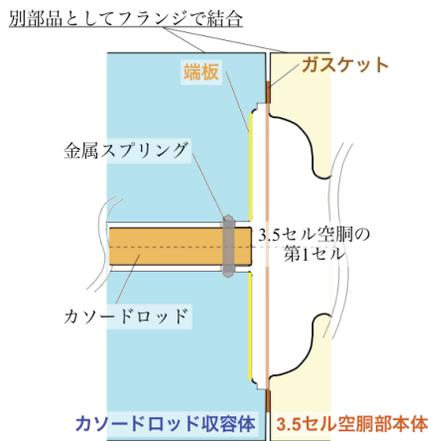


図2 旧RF gun 端板およびカソードロッド部分

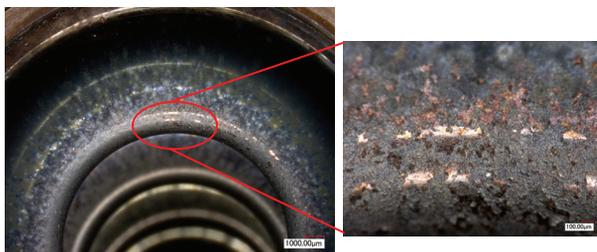


図3 旧RF gun空洞(SUSスプリングスパッタ後)

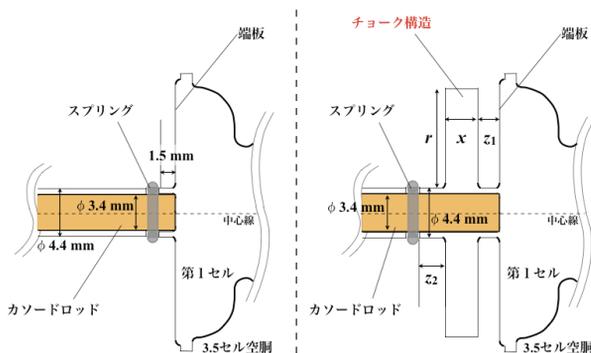


図4 旧RF gun (左)と新RF-gun (右) の構造の違い

チョーク構造の設計は電磁場計算コードSUPERFISHを用いた. 計算によってカソードロッドの同軸構造のスプリング側に進む電磁場がなくなるようなチョーク構造寸法を割り出した. SUPERFISHによる計算結果を図5に示す. また, この結果からカソードロッド部分の電場強度をグラフにして, 旧構造との比較を行ったものを図6に示す. 図6より明らかなようにスプリング部分にかかるRFが格段に小さくなった^{[1][2]}.

昨年度行われたチョーク構造を採用した端板での

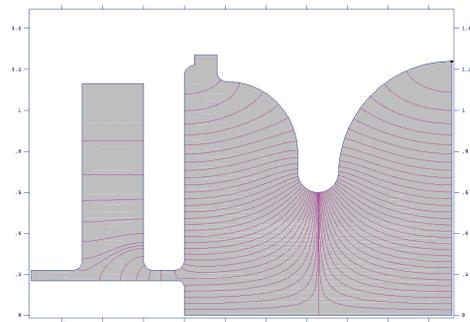


図5 SUPERFISHによるチョーク構造計算結果

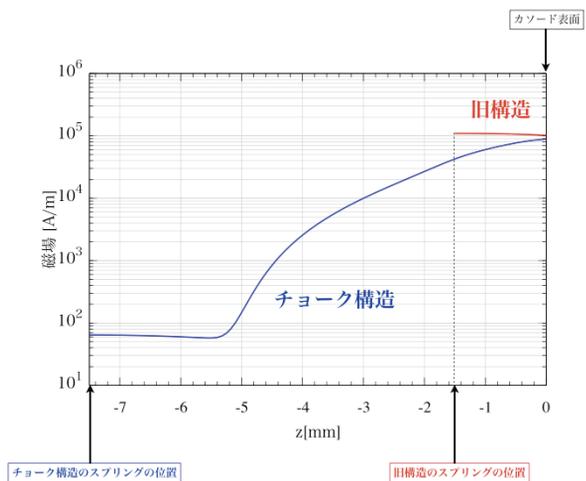


図6 チョーク構造を採用した新RF gunと旧RF gunとの比較

RF投入試験ではRF gunに4 MWの電力を供給しても, RF波形が崩れることなく安定にRF供給が達成された. 以前の構造では, 4 MWほどのRFを供給した場合に共振周波数が徐々にずれるとともに反射が大きくなるということが観測されていたが, この問題が解決されて, チョーク構造の優位性が実証できた.

また, gun全体としては, SUSのスパッタと度重なる放電で汚れてしまった空洞部分を新規のものに変えた. また, カプラー部分をダブルフィードの同軸構造から, シンプルな円形導波管タイプに変更した. 昨年度に新規空洞とカプラーをインストールし, コンディショニングを進め, 安定に電子ビームを発生できることを確認した.

3. 試験状況

現在は新RF gun を使ったビーム発生，加速試験を行っている．RF gun には約4 MW, 200 nsec のRFパルスの投入を達成している．このRFパワーにおいて安定な電子ビーム発生が確認でき， α -magnetに取り付けたスリットにビームを通すことによってエネルギースペクトル測定も実施している．図7に電子ビーム発生試験時のオシロスコープによる測定結果を示す．RF gun から発生されたビームはビームラインに取り付けたCTにより電流量を測定した．CTは α -magnetの前後に取り付けられており，発生したビーム全体の電流量と，任意のエネルギーの電子ビームの電流量が測定できる．今年7月に行った実験では最高で1.8 MeVの電子ビーム発生を確認している．

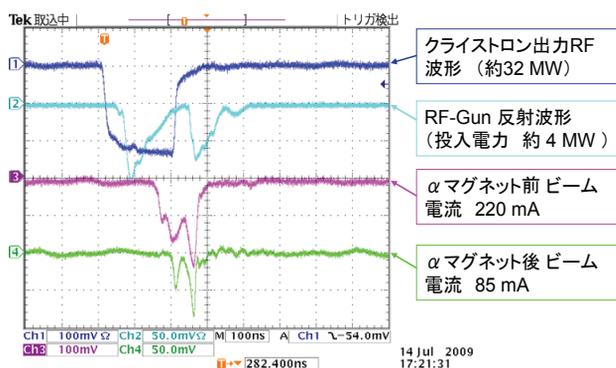


図7 電子ビーム発生試験，オシロスコープによるビーム測定結果

また，ビーム輸送試験においてはRF-gunで発生したビームを衝突点まで輸送することに成功している．衝突点においてアルミナ蛍光板を使ったスクリーンモニタにおいて電子ビームのプロファイルを測定した．その結果を図8に示す．

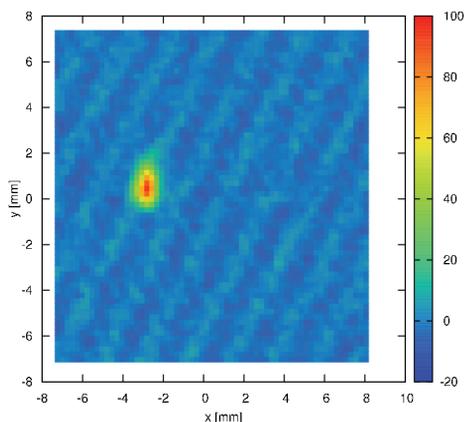


図8 衝突点でのビームプロファイル

衝突点でのビームサイズは鉛直方向に1.4 mm，水平方向に0.8 mm（ともにFWHM）であり，目標とす

る0.1 mm よりもかなり大きい．これは，マグネットの調節が最適ではないためである．ビーム輸送実験においていくつか問題が見つかり，その問題点を解決しなければ正常なビーム輸送ができないことがわかってきた．現在の問題点を以下にまとめる．

- RF発生タイミング系にジッターがあり，ショットごとにRFパワーが揺らぎ，ビームエネルギー変化が起こってしまう．
- ビーム電流量測定のために取り付けられたCTの絶縁ダクトにビームがあたりチャージアップしてビームが周期的にずれてしまう．

このような問題があり，マグネットの調整とビーム輸送が難しくなっている．

4. 今後の予定

前章に上げたような問題が起こっているのだから解決を最優先に行いたいと考えている．特に絶縁ダクトのチャージアップはビーム位置が大きく変わってしまっていて，加速管にビームを通すのがこんなになっているので，早急に解決したい．これは，絶縁ダクトの構造を変えて，ビームが直接当たらないような構造に変更したい．また，タイミング系もジッターが入らないような系統に見直す予定である．これらを解決して，最適なマグネット調整によりビームダンプまでのビーム輸送を達成させたいと考えている．

参考文献

- [1] Y. Taniguchi, et al., *Proc. of the 5th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and the 33rd Linear Accelerator Meeting in Japan*, Hiroshima (2008)
- [2] 谷口善広，修士論文，東京大学（2009）