

成果報告書

超伝導加速による次世代小型高輝度光子ビーム源の開発
(レーザー蓄積装置および大強度高品質電子源開発)

平成 23 年 5 月

国立大学法人広島大学

本報告書は、文部科学省の科学技術試験研究委託事業による委託業務として、国立大学法人広島大学が実施した平成22年度「超伝導加速による次世代小型高輝度光子ビーム源の開発」（レーザー蓄積装置および大強度高品質電子源開発）の成果を取りまとめたものです。

1. 委託業務の目的

超伝導高周波加速器技術とレーザーパルス蓄積技術の融合によって、ポストゲノム時代の生命科学研究、ナノ構造解析、創薬、医療診断、マイクロリソグラフィへの利用を画期的に飛躍させる軟 X 線から硬 X 線領域の小型高輝度 X 線発生装置(10m × 6m 程度)を実現する。本装置実現のために、高品質大強度電子ビーム生成装置、大強度・高電界超伝導高周波加速装置、高品質短パルス大強度レーザー蓄積装置、ミクロン精度での電子ビーム軌道制御技術及び、レーザー光路精密調整といった技術の実用化を図る。よって、超伝導高周波加速器技術を使った 5 nm～0.025 nm 波長領域の小型高輝度 X 線発生装置の開発とその実用化に必要な基幹技術の確立を行うことを目的とする。

さらに大強度安定化に必要な次の技術開発を行う。500～750kV 数十 mA の高電圧 DC 電子源開発、高性能光 L-band RF Gun 開発、小型高信頼性 L-band 高周波源開発および 3 次元 4 枚ミラーリング光蓄積装置開発を行う。これにより、生成する X 線輝度を格段に高くすると同時に、レーザー光の偏光を高速で制御することによってのみ可能な世界でも特筆すべき高速可変偏光小型軟 X 線源を実現し、「軟 X 線領域における円二色性光源」として実用化を図る。

このため、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構、国立大学法人東京大学、独立行政法人日本原子力研究開発機構、国立大学法人広島大学、学校法人早稲田大学、東芝電子管デバイス株式会社及び株式会社日立ハイテクノロジーズと共同で業務を行う。

国立大学法人広島大学では、レーザー蓄積装置および大強度高品質電子源に関わる研究開発を実施する。

2. 平成 22 年度（報告年度）の実施内容

2.1 実施計画

①レーザー蓄積装置の開発

2009 年に引き続き、KEK における光子ビーム生成のためのレーザー蓄積装置の設計を継続する。また、同装置のための、リング型蓄積装置を念頭においたデジタルフィードバックシステムの研究を推進し、位相制御自動化のための基礎技術の開発を行う。

②大強度高品質電子源の開発

KEK、原子力機構、東大などと共同で大強度高品質電子源の開発に取り組む。広島大学では極高真空によるカソード評価装置を構築し、異なるサンプルにおける表面処理や活性化の条件、運転時の条件などによる特性等陰極の系統的な研究を行う。また、高性能光 L-band RF Gun による大強度高品質電子ビーム発生のため、研究協力機関大阪大学産業総合研究所と協力し、L-band RF 電子銃の長パルス運転

に取り組むとともに、その研究をもとに熱設計など、RF 電子銃空洞の最適化設計を行い、ビーム品質の向上、およびより長いパルス列の発生などの性能向上の可能性をめざす。

2.2 実施内容(成果)

①レーザー蓄積装置の開発

概要

超伝導加速による次世代小型高輝度光子ビーム源における、パルスレーザー蓄積装置開発を推進する。レーザー電子散乱による高輝度光子源の小型化のためには、パルスレーザーを共振器内に蓄積、集光し高効率でレーザー電子散乱を起こすことが重要である。本課題は、そのための4鏡リング型共振器の開発である。平成22年度は、4鏡共振器の試作器による測定と、計算の比較検討をもとに4鏡共振器の最適化を行い、KEK-ATF加速器への組み込みを念頭においた共振器の設計と製作を行った。また共振器制御システム開発のための設備を構築し技術開発を行っている。ATFに設置済みの2鏡共振器では、多バンチ運転時の γ 線生成数をバンチ毎に分離して測定するための測定器の改良を行い、信号の分離測定に成功した。これらと平行してフランス線形加速器研究所グループが制作した4鏡共振器をATFに設置し γ 線生成を確認した。

平成22年度開発事業

本事業では、パルスレーザーを共振器内に蓄積し、レーザーの強度を実効的に増大する技術の開発を目的としている。レーザーと電子の散乱頻度を上げ、生成するX線強度を増大するためには、レーザー蓄積共振器における蓄積率の向上及び、共振器内のレーザー・電子衝突点におけるレーザーの集光を行う必要がある。このため、平成21年度より継続して、4枚の鏡からなるリング型の共振器(3次元4鏡共振器)の開発を行っている。これと平行して先行して開発した2鏡共振器による光子生成実験を通じて経験と技術を蓄積している。平成22年度は、平成23年度に4鏡共振器をKEK-ATF加速器に組みこむことを念頭に、共振器の設計最適化と製作を行った。また共振器制御技術の開発では、平成20年度に見いだした新しい制御方法を用いた共振器制御を具体化するための試験開発装置を広島大学において構築し開発を遂行している。ATFに設置した2鏡共振器では光子生成実験を継続した。特にATFの多バンチ電子線によって生成される5.6ns間隔の光子を分離して測定するための高速測定器システムを新たに構築し、バンチ毎の光子数を分離して測定することに成功した。共同研究を行っているフランス線形加速器研究所グループが作成した4鏡共振器が平成22年夏にフランスよりKEKに到着しATFに設置された。その後共振器およびレーザーシステムの調整を行い、レーザー電子散乱による光子生成を確認した。

3次元4鏡共振器の開発

本年度は平成23年夏にKEK-ATF加速器に組みこむ事を目標とした設計の最適

化を行った。まず，試作機におけるレーザーの集光特性や形状の測定値と計算値の比較検討を行い，計算の妥当性を確認した。図 1-右図，左図に 4 鏡共振器の鏡の配置及び，テストベンチの写真を示す。

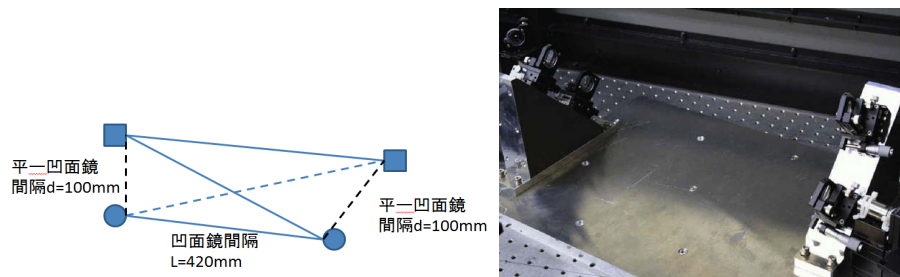


図 1 3次元4鏡共振器テストベンチの鏡構成(左図)と写真(右図)

図 2 左図は共振器内の集光点におけるレーザーの形状を，共振器の周長を一定に保ちつつ凹面鏡の間隔を変化させながら計算したものである。3次元構成の4鏡共振器の特徴として集光点においてレーザーの形状が楕円となる。試作器で強く集光すると形状の扁平率が大きくなり長軸の値として $28\mu\text{m}$ 以下にはできない。この現象は共振器内における光路（ひねり角）によることが分かっている。図 2 右図は平面鏡—凹面鏡の距離 d （図 1 左図参照）を 70mm にし，かつ光路のひねり角を変えた場合である。形状がほぼ円形であると同時に安定して $15\mu\text{m}$ 以下にレーザーを集光できることが分かる。

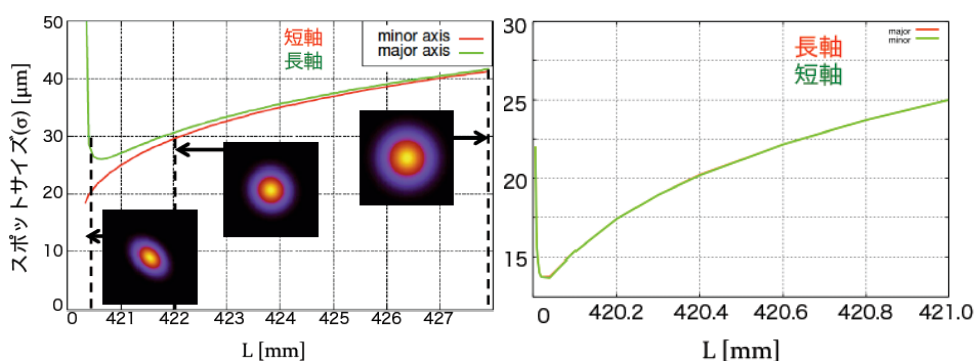


図 2 3次元4鏡共振器の鏡配置による集光点におけるレーザーの形状と凹面鏡間距離の関係。テストベンチの配置の場合（左）。鏡配置を最適化した場合（右図）

以上の結果及び，実際に電子線とレーザーを衝突させる際の効率とレーザー形状の関係を考慮して設計した共振器が図 3 である。現在共振器およびそれを設置する真空容器の製作が進行しており，平成 23 年夏に ATF 加速器に設置することを目指している。

これと平行して，共振器制御技術開発を広島大学において遂行している。4

鏡共振器では平成 20 年度の研究において見いだした，共振器内を伝搬するレーザーの偏光状態を利用したフィードバック制御方法の応用を計画している。

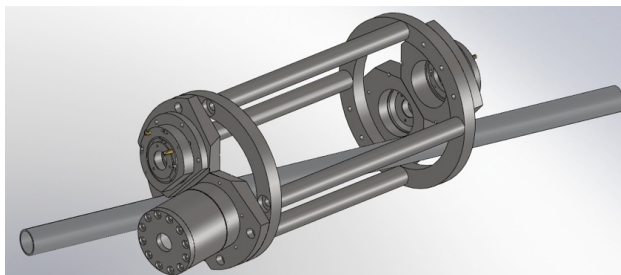


図 3 新しく設計した 3 次元 4 鏡共振器

図 4 は広島大学におけるフィードバック制御技術開発用の 3 次元 4 鏡共振器テストベンチ及び，テストを行っている制御システムの構成図例である。3 次元共振器中では円偏光状態の光のみ蓄積することができ，またその位相は共振器の共振状態の情報を持っている。この方法は共振器内の円偏光レーザーの位相の変化を共振器の外部で直線偏光の方向として測定しフィードバック制御信号として利用できるようにしたものである。

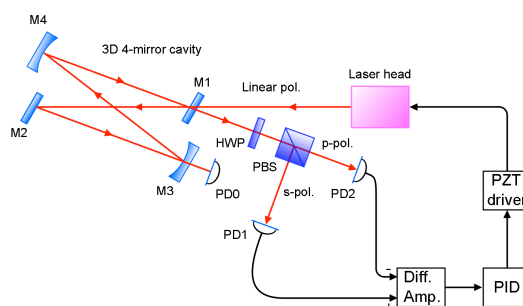
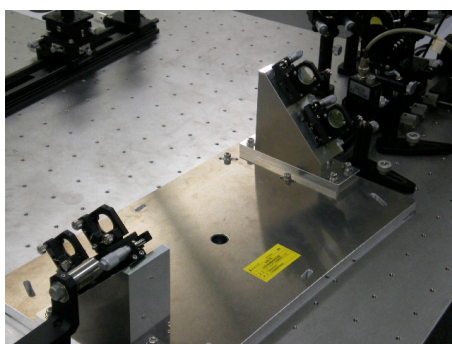


図 4 広島大学の 3 次元 4 鏡共振器フィードバック用テストベンチ写真（左）。新フィードバック制御の構成（右）

図 5 に試験の状況を示す。図 5 左図は共振器長を変えながら透過光及びフィードバック制御信号の様子を観測したものである。透過光の微分信号を得ることができているのが分かる。

この信号を用いて共振器をレーザーと共振させた様子が図右である。基本的にはこの方法で共振器の制御が可能なが分かる。今後はより高いレーザー蓄積のための技術開発および，デジタル制御技術の適用に向けた開発を継続する。

KEK および広島大学を中心に開発をおこなっているレーザー蓄積共振器と平行して共同研究を行っているフランス線形加速器研究所（LAL）で開発されたレ

レーザー蓄積共振器がフランスより KEK に移送され、平成 22 年夏に KEK-ATF に設置された。現在（震災後は一時帰国中）LAL より研究者が常駐体制で装置の調整を行っている。平成 22 年 12 月には同装置によってレーザー電子散乱による光子の観測に成功した。今後より高いレーザー蓄積を目指して調整を継続する。

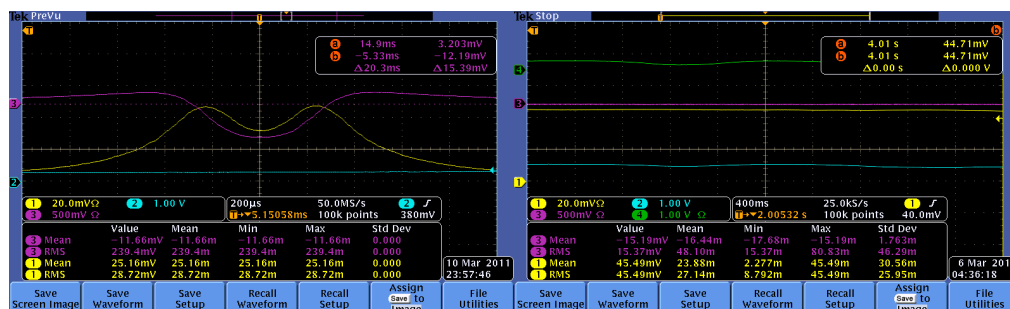


図 5 新方式フィードバック制御の試験。

黄線は共振器内のレーザー強度、紫線はフィードバック制御信号を示している。左図は共振器長を変化させながら、強度と制御信号を観測した場合。2つの強度の頂点は左、右偏光レーザーの共鳴に対応する。制御信号が強度の微分情報を持っていることが分かる。右図は強度を維持するようにレーザーの発振周波数を制御した場合。強度が左図の頂点に対応する位置に維持されている。

2 鏡レーザー蓄積共振器による γ 線生成実験

昨年度に引き続き、KEK-ATF において、パルスレーザーと 2 鏡ファブリペロー型共振器を用いた γ 線生成実験を行った。本年度は ATF の多バンチ電子線とレーザーパルスの衝突において、 γ 線をバンチ毎に分離して観測するための測定器の改良を行った。ATF のバンチ間隔は 5.6ns であるため検出装置にはこれより早い時間分解能が要求される。そのためシンチレータをヨウ化セシウム (CsI) からフッ化バリウム (BaF2) に変更した。また光電子増倍管も高速のもの (浜松ホトニクス H3378-51) に変更した。BaF2 結晶は波長 220nm の高速成分と 300nm の低速成分を持っているため、BaF2 と光電子増倍管の間に光学フィルターを挿入し長波長成分を遮断した。測定はオシロスコープを用いて光電子増倍管からの波形を記録した。

図 6 左図に ATF が 10 バンチ運転をしている際の波形を示す。今回用いた光学フィルターでは長波長成分が完全に遮断できないため、完全にバンチを分離できていないが、波形を蛍光信号の時間特性と測定器の応答を考慮した関数でフィッティングすることによって、バンチ毎の光子数を求めた。図 6 右図はレーザー強度と ATF の電流で規格化した光子数をバンチ毎に比較したものである。バンチ毎に系統的な揺らぎは観測されず均一にレーザー・電子衝突が起こっていることが分かる。今後、光電子増倍管の改良による応答速度の向上を図ると

もに、LAL グループとの協力により、データ収集系も連続した多バンチ測定ができるようにする予定である。

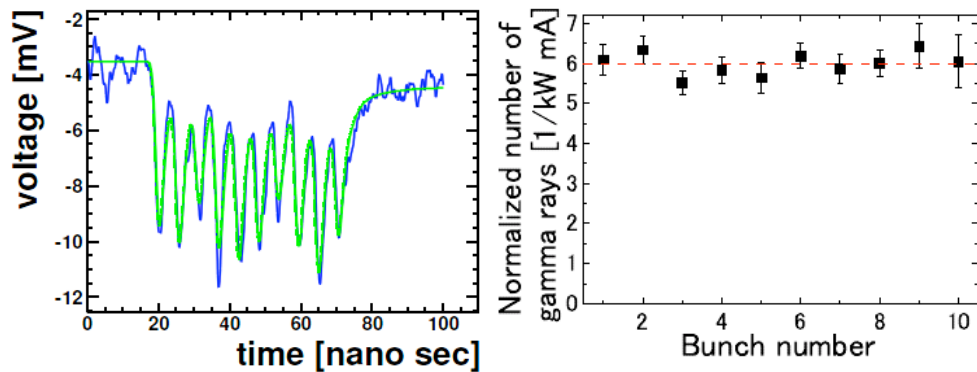


図6 10バンチ運転時の測定波形。

青線は測定器からの信号、緑はフィッティング関数（左図）。右図は、バンチ毎の規格化した光子数を示す。

- 平成22年度のまとめと23年度計画

平成22年度に行った開発事項は以下の通りである。

3次元4鏡共振器開発について、

- テストベンチにおけるレーザー伝搬と計算の比較における定量的な一致を元に、ATFに組みこむための共振器の設計と製作を行った。
- 共振器中のレーザーの偏光状態をもちいた新しい制御方式について、開発環境を構築しテストを開始した。
- フランス線形加速器研究所 (LAL) において開発されていた4鏡共振器がATFに設置され、レーザー・電子散乱による γ 線生成を確認した。

2鏡共振器による光子生成実験について

- 多バンチによる γ 線を分離して測定できる装置を開発し測定に成功した。

以上を踏まえ平成23年度は以下の項目の推進を予定している。

- KEK—広島大学の共同で開発した新4鏡共振器をATFに設置し(平成23年夏)、レーザー・電子散乱による γ 線生成の確認を目指す(平成23年秋～)
- 広島大学においてテスト中の共振器制御装置を上記共振器へ応用する。アナログ方式の導入から開始し、デジタル方式の進捗にあわせてこれに置き換えることを目指す。
- LALの4鏡共振器の調整、整備をフランスグループと共同して進める。
- 多バンチ γ 線測定装置の改良をフランスグループとの協力で推進し、測定

器の応答速度の向上及び、長時間連続測定可能な装置の開発を行う。

②大強度高品質電子源の開発

概要

本課題ではレーザーコンプトン散乱による高輝度 X 線発生においてレーザーとともに重要な役割を果たす大強度の電子源開発に取り組む。システム全体の運転モードとしてパルスモード(パルス長 1ms、繰返し 5Hz)と CW モード(連続運転)が考えられている。電子ビームの平均電流において、CW モードはパルスモードに比べ 600 倍程度と有利であるが、技術的にはより挑戦的である。各々モードに最適な電子銃は RF 電子銃と DC 電子銃であり、段階的実証を念頭に双方の開発を進めている。

光電陰極 RF 電子銃開発

本課題では加速高周波との同期、および 1ms という長いパルスでの運転を考慮し、駆動周波数として L-band(1.3GHz)を選択した。現在、KEK、FNAL(Fermi National Laboratory, 米国)、大阪大学(研究協力機関)、広島大学が共同して、1.3GHz の L-band Rf 電子銃開発を進めている。2009 年度までに、電子銃用 RF 空洞の製作、周波数調整、最終ろう付けを経て、大気中での目標周波数 1300.16MHz(真空での周波数 1300MHz に相当)に対して、最終的に 1300.19MHz と十分に近い周波数へと合わせ込むことができています。

2010 年度は、KEK の STF に RF 電子銃を設置し、実際に RF 電子銃の空洞に出力の大きい高周波を入力し、その安定性等を評価する大パワー RF 試験をおこなった。最終的な目標は入力 RF のピークパワーにして 3.7MW、空洞内の軸上の加速電場にして 43MV/m である。2010 年 6 月の時点で、ピークパワー 1.7MW、電場にして 29.2MV/m までの RF を投入することに成功した。RF パワー試験における第一の課題は、安定した RF 入力である。表面に荒れや汚れなどがある場合、大パワーの RF を空洞内に入力すると内部で放電を生じ、真空度の急激な悪化とともに入力 RF のほぼ全てが空洞から反射され、極めて不安定な状態となる。1.7MW までの試験においては、

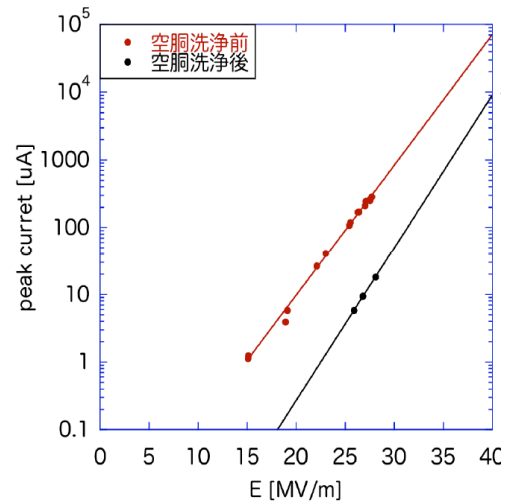


図 7. RF 入力試験で観測された暗電流。横軸は空洞内の軸上電場。●は空洞洗浄前、●は空洞洗浄後

最終的に安定した RF 入力の実現され、この第一の課題はクリアされた。

次に問題となるのは空洞表面からの暗電流である。空洞表面に高い電場がかかると、電界放出機構により電子が発生し、そのうちの一部は加速されて意図しない暗電流ビームとなる。暗電流をどの程度まで抑制すべきかの基準は一概には決められないが、加速される電流に対して十分に低く抑えられることが望ましい。本課題で目標となるビーム電流は 50mA であるから、仮にその 1% 以下に暗電流を抑えようとすると、暗電流を $500\ \mu\text{A}$ 以下に抑制する必要がある。1.7MW 入力で測定された暗電流は電子銃出口で $300\ \mu\text{A}$ 程度であった。この値は目安となる $500\ \mu\text{A}$ よりも低い値である。しかし暗電流は電場に対して指数関数的に急激に上昇することが知られており、目標である 43MV/m の軸上電場までパワーを増やした時に予想される暗電流はおおよそ数十 mA となり、目安よりも二桁程度大きい値となってしまう。この結果から、定格出力での運転には、暗電流の低減が必要なことが明らかである。

暗電流低減のための対策として、多くの方法が検討されたが、そのうち KEK における超電導加速空洞の内面処理の一工程である洗浄において、実績のある洗剤による超音波洗浄とスポンジワイプを行った。超電導空洞は材質が Nb であるが、本 RF 電子銃空洞は Cu と異なる材質が使われているので、まず試験片によるテストを行い、洗浄作業により表面の荒れなどの問題が生じないことを確認した後、空洞内壁の洗浄とワイプを行った。図 7 は洗浄作業の前後における暗電流を示したもので、横軸に軸上電場、縦軸に暗電流を表示している。全体として暗電流が洗浄により一桁程度減少しており、洗浄の効果をしめしている。しかし目標とする電場において予想される暗電流は 9mA であり、ビーム電流 50mA に対して低い値にはなっているが、まだ十分に低い値とは言えない。このため定格での運転にはさらなる低減が望まれる。

2010 年度におこなった RF 試験のピークパワーの最大値 1.7MW はパワーソースであるクライストロンの出力で制限されていた。2011 年度にはクライストロンを増強し、4MW までのテストが可能となる。入力パワーを目標である 3.7MW まであげていた場合、すでに述べたように暗電流の大幅な増大が見込まれる。また放電による入力 RF パワーの制限も起きてくるかもしれない。暗電流を低減させ、安定した RF 入力を実現するために、入力 RF をゆっくりと増大させ、空洞表面のプロセス（微小な凹凸や不純物などを電界等によって除去すること）を行うことで実現をめざす予定である。

電子発生のためのフォトカソードには KEK-ATF 等の施設において S-band RF 電子銃での実績を有する CsTe 陰極を用いる。本 L-band RF 電子銃のための CsTe 陰極システム、すなわちカソード準備真空チャンバー、真空輸送系、ロードロックシステムは 2009 年度に製作がすすめられ、2010 年度前半に完成した。蒸着カソード面の清浄化のためのヒーターや量子効率測定のための紫外 LED の不具合などにより、カ

ソード生成試験および量子効率の測定はまだ行われていないが、必要な改修の後に2011年度の実施を予定している。

電子ビーム発生用のレーザーシステムについては、KEK、JINR(Joint Institute for Nuclear Research, ロシア)、IAP(Institute for Applied Physics, ロシア)、大阪大学、広島大学が共同で開発をすすめた。システム全体が完成し、2009年12月にはKEKおよび広島大学の研究者が参加し、ロシアのIAPにおいて性能試験が行われた。2010年4月にはレーザー本体がロシアIAPからKEKへと移送され、KEKでの立ち上げ試験も行われ、同等の性能が再現された。実際の運転には外部同期の実装、レーザーが設置されているクリーンルーム(レーザーブース)からRF電子銃空洞への光の輸送、等が必要であるが、これらについては2011年度内を目処に整備する予定である。

DC 電子銃開発

Rf 電子銃は常伝導高周波空洞内で電子ビームを発生させるため、大電流の電子ビームをパルス的に発生させ、同時に高い電場で加速することができる優れたデバイスである。しかし常伝導 RF 空洞を高電界で連続運転することは困難であり、準連続的ビーム発生に適しているとはいえない。一方、DC 電子銃は加速電界は限られているが、準連続的にビームを発生できることか

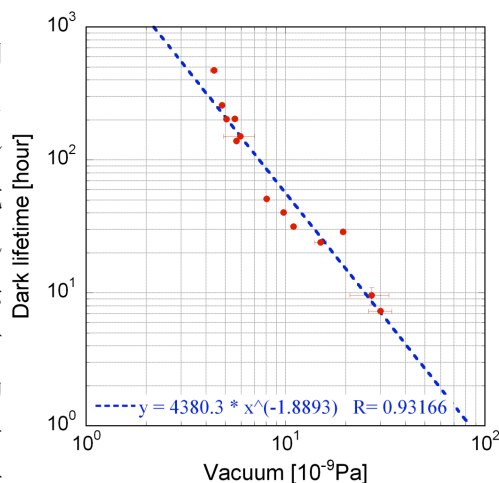


図 8. 暗寿命を真空度の関数として表したもの。

ら、稼働率の上昇により、実質的な平均輝度の上昇が見込める。

本課題では KEK、原子力機構、名古屋大学、日立ハイテク、東京大学、広島大学などが共同で、500kV というかつてない高電圧で DC 的に 100mA という大電流ビームを取り出す電子銃を最終目標として開発をすすめている。2009 年度には 500kV の安定印加という世界で初めての快挙を達成した。今年度は実際の電子ビーム発生を目標に研究を進めた。500KV 電子銃開発の結果の詳細については JAEA グループから報告される。

広島大学ではカソードテスト装置を用いて、GaAs カソードの活性化および寿命試験を行っている。GaAs のバルク結晶の仕事関数は 4.9eV であり、そのままでは光電効果を生じさせるのに真空紫外の光が必要であるが、表面修飾により NEA 表面 (Negative Electron Affinity, 真空準位が伝導帯の最低準位よりも小さい状態)をつくることで、可視光での電子発生が可能となる。この NEA 表面の特性により、価電子帯から伝導帯への遷移を選択的にを行い、スピン偏極やエネルギー広がり、極めて小さい電子ビームの生成が可能となる。このように高品質の電子ビーム発生に NEA は重要な役割を果たしている。その一方でその脆弱性が寿命問題として課題となっている。本研究では Zn-dope バルク GaAs 結晶を使用し、乾燥窒素中での化学洗浄による表面酸化膜の除去と As リッチ面の生成、極高真空中での加熱洗浄による GaAs 清浄面の作成、Cs と酸素の添加による NEA 活性化をおこない、様々な条件で寿命測定をおこなった。

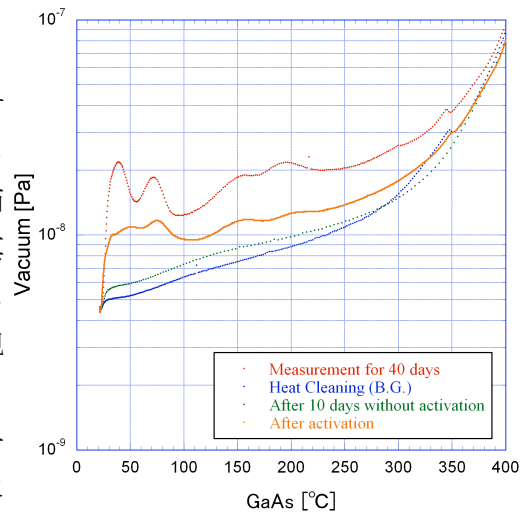


図 9. 昇温脱離曲線（横軸は温度、縦軸は真空度）。NEA 活性化をおこなった場合のみ

既存の装置（カソードテスト装置 0 号機）では、ベース真空度は 5E-9Pa 程度を維持している。HeNe レーザー（波長 633nm）を用いて、活性化直後の量子効率 10% 程度という値が高い再現性で得られている。この装置を用いて、量子効率が時間あるいは引き出し電流量によりどの程度劣化するのかを調べた。図 8 はそのうち時間によりのみ依存する成分（暗寿命）を、横軸に真空度を取り表示したものである。これから真空度を 1.0E-9Pa 程度まで低下することができれば、寿命は数千時間となり、実用化に充分であることがわかる。

現状では 5.0E-9Pa 程度の真空度で実験をおこなっているが、以上のように極高真空の実現とそれによる長寿命カソード実証試験はカソードの実用化の上で極めて重要な課題である。その目的のため、化学研磨処理チタンチャンバー、チタン容器クライオポンプなどを製作し、新たな高性能フォトカソード試験システムとして構築した。このシステムにおいて、クライオポンプおよび NEG ポンプによる排気で 8.0E-10Pa という極高真空度を得た。現在、カソード活性化チャンバーを兼ねたロードロックチャンバーの試験を終了し、本体の極高真空状態でのカソード試験を開始している。

以上の技術実証研究とならび、光カソードの基礎的研究も重要である。量子効

率の減少の原因を科学的に解明することで、長寿命化が期待される。図9はGaAs カソードの昇温脱離測定 (Temperature Programed Desorption, TPD) の結果の一例で、縦軸に真空度 (全圧)、横軸に温度をとって表したものである。青点で表したものが清浄 GaAs 表面の TPD カーブで、それに対して NEA 活性化を行い、その後 10 日ほど放置したデータ (赤点) には幾つものピークが出現している。また清浄表面を作成した後、そのまま 10 日放置したデータ (緑点) ではピークは見えていない。また NEA 活性化した直後のデータ (橙色) には小さいピークが見られる。これらのデータより、NEA 表面には特有の分子吸着状態が形成されており、それは NEA 活性化してから時間が経過するごとに増加していることがわかる。我々はこの吸着分子が NEA 活性状態を崩壊させているのではないかと推測し、解析をすすめている。また、NEA は真空準位が伝導帯の最低準位よりも低くなっている特異な表面ポテンシャルであるが、これが時間的にどのように変化しているのかを調べるため、量子効率スペクトラム測定を行っている。図 10 にその一例をしめす。この図は横軸に光の波長、縦軸に量子効率をとり、NEA 活性化後にそのスペクトラムがどのように変化したのかを表している。図に描かれている線は GaAs のバンド構造と表面ポテンシャルにおけるトンネル確率とを考慮した電子放出モデルによるものである。この結果より、電子放出の閾値～相対的な真空ポテンシャルの高さはほとんど変化していないことがわかる。また、量子効率が全体として低下するとともにその相対的減少率は長波長側で顕著である。詳細な解析は現在行っているが、このデータはポテンシャルの厚みが大きくなることでトンネル確率が減少するという仮説と整合する。今後、解析をすすめ、NEA 表面劣化の物理の理解を進めていく。

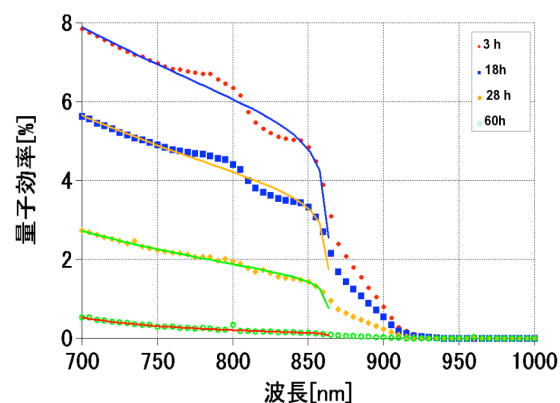


図 10. 量子効率を波長の関数として表したものの。

2.3 成果の外部への発表

①レーザー蓄積装置の開発

学会発表など

- 三好修平 KEK-ATF における ILC 偏極陽電子源の為のレーザー蓄積共振器を用いたガンマ線生成実験
日本物理学会 2010 年分科会 2010 年 9 月
- 赤木智哉 高輝度偏極光源の為の 4 枚鏡光蓄積共振器の開発
日本物理学会 2010 年分科会 2010 年 9 月
- 三好修平 KEK-ATF における ILC 偏極陽電子源の為のレーザー蓄積空洞を用いた高輝度ガンマ線生成実験
日本物理学会第 67 回年次大会 2011 年 3 月
- 赤木智哉 レーザーコンプトン散乱を用いた高輝度偏極光源の為の 4 枚鏡光蓄積共振器の開発
日本物理学会第 67 回年次大会 2011 年 3 月
- 吉玉仁 3 次元 4 枚共振器における新型フィードバック方式の研究
日本物理学会第 67 回年次大会 2011 年 3 月
- 高橋 徹 Applications of a high finesse Fabry Perot Cavity for the ILC
TYL'10 2010 年 6 月
- 高橋 徹 Status of the optical cavity R&D at ATF
IWLC2010 2010 年 10 月
- 大森恒彦 Japanese cavity: results, status and future
IWLC2010 2010 年 10 月
- 赤木智哉 Development of three dimensional 4-mirror ring cavities for intense photon generation
PoiPol2010 2010 年 6 月
- 三好修平 Status of the experiment with the 2-mirror cavity at KEK-ATF
PoiPol2010 2010 年 6 月
- F. Zommer Status of 4-mirror cavity for ATF
PoiPol2010 2010 年 6 月
- 高橋 徹 Status of Hiroshima-KEK Compton Experiment at ATF
ALCPG11 2011 年 3 月

博士学位論文

- 三好修平 “Development of a Polarized Positron Source by laser Compton Scattering using an Optical Resonant Cavity”,
広島大学 大学院先端物質科学研究科 2011 年 4 月

②大強度高品質電子源の開発

学会発表など

Masahiro Yamamoto, Yosuke Honda, Tsukasa Miyajima, Ryoji Nagai, Ryoichi Hajima, Nobuyuki Nishimori, Toshiya Muto, Hokuto Iijima, Masao Kuriki, Makoto Kuwahara, Shoji Okumi, Tsutomu Nakanishi, Tohru Ujihara, Yoshikazu Takeda, Hiroki Kurisu, "500kV Gun development at KEK", 48th ICFA Advanced Beam Dynamics Workshop on Future Light Sources at SLAC(FLS2010), Menlo Park, US (2010)

Nobuyuki Nishimori, Ryoji Nagai, Ryoichi Hajima, Toshiya Muto, Masahiro Yamamoto, Yosuke Honda, Tsukasa Miyajima, Hokuto Iijima, Masao Kuriki, Makoto Kuwahara, Shoji Okumi, Tsutomu Nakanishi, "JAEA/KEK gun status", 48th ICFA Advanced Beam Dynamics Workshop on Future Light Sources at SLAC(FLS2010), Menlo Park, US (2010)

飯島北斗、正中智慧、栗木雅夫, "NEA-GaAs フォトカソード寿命の温度依存性", 日本物理学会年会, 21pBF11(2010)

久保大輔、栗木雅夫、飯島北斗、伊藤清一、正中智慧、増元勇騎、西森信行、山本将博, "広島大学における電子源装置開発の現状", 日本物理学会年会, 21pBF12(2010)

M. Yamamoto, T. Nakanishi, S. Okumi, M. Kuwahara, N. Yamamoto, X. Jin, T. Ujihara, Y. Takeda, F. Furuta, H. Matsumoto, M. Yoshioka, T. Omori, Y. Kurihara, M. Kuriki, K. Togawa, T. Nishitani, H. Horinaka, T. Saka, T. Kato, "Polarized electron update in Japan", the 2010 Linear Collider Workshop(LCWS2010) in Beijing, China (2010)

M. Kuriki, H. Iijima, H. Hayano, J. Urakawa, H. Sugiyama, Y. Honda, E. Katin, E. Khazanov, V. Lozhkarev, G. Luchinin, A. Poteomkin, G. Shirkov, G. Trubnikov, "Development of a high average power laser generating electron beams in ILC format for KEK-STF", Proc. Of International Particle Accelerator Conference (IPAC2010), THPEC024, Kyoto, Japan (2010)

R. Nagai, R. Hajima, N. Nishimori, T. Muto, M. Yamamoto, Y. Honda, T. Miyajima, M. Kuriki, H. Iijima, M. Kuwahara, S. Okumi, T. Nakanishi, "High-Voltage Test of a 500-kV Photo-Cathode DC Gun for the ERL Light Sources in Japan", Proc. Of International Particle Accelerator Conference (IPAC2010), TUPE093, Kyoto, Japan (2010)

H. Iijima, C. Shonaka, M. Kuriki, D. Kubo, Y. Masumoto, "A STUDY OF LIFETIME OF NEA-GaAs PHOTOCATHODE AT VARIOUS TEMPERATURES", Proc. Of International Particle Accelerator Conference (IPAC2010), TUPEC086, Kyoto, Japan (2010)

S. Kashiwagi, K. Furuhashi, G. Isoyama, R. Kato, Y. Morio, N. Sugimoto, Y. Terasawa, H.

- Hayano, H. Sugiyama, Y. Takahashi, T. Takatomi, J. Urakawa, H. Iijima and M. Kuriki, “DEVELOPMENT OF A PHOTOCATHODE RF GUN FOR THE L-BAND LINAC AT ISIR, OSAKA UNIVERSITY”, Proc. Of International Particle Accelerator Conference (IPAC2010), TUPE009, Kyoto, Japan (2010)
- D. Kubo, M. Kuriki, H. Iijima, K. Ito, C. Shonaka, Y. Masumoto, N. Nishimori, M. Yamamoto, “DEVELOPMENT OF A PHOTOCATHODE TEST BENCH USING A CRYO-PUMP AND A NEG PUMP”, Proc. Of International Particle Accelerator Conference (IPAC2010), TUPE087, Kyoto, Japan (2010)
- 高橋義知、杉山晴栄、早野仁司、浦川順治、柏木茂、磯山悟朗、加藤龍好、杉本尚哉、栗木雅夫, “KEK-STFにおけるL-band Photo-cathode RF 電子銃”, 日本加速器学会年会、WEPS052 (2010)
- M. Kuriki, H. Iijima, H. Hayano, J. Urakawa, H. Sugiyama, Y. Honda, E. Katin, E. Khazanov, V. Lozhkarev, G. Luchinin, A. Poteomkin, G. Shirkov, G. Trubnikov, “DEVELOPMENT OF A HIGH AVERAGE POWER LASER GENERATING ELECTRON BEAM IN ILC FORMAT FOR KEK-STF”, 日本加速器学会年会、THPS015 (2010)
- 久保大輔、栗木雅夫、飯島北斗、増元勇騎、西森信行、山本将博, “クライオポンプとNEGポンプを利用した光陰極試験装置開発”, 日本加速器学会年会、THPS016 (2010)
- 飯島北斗、栗木雅夫、久保大輔、増元勇騎, “高温下におけるNEA-GaAs表面劣化の研究”, 日本加速器学会年会、THPS017 (2010)
- 柏木茂、加藤龍好、杉本尚哉、磯山悟朗、杉山晴栄、早野仁司、浦川順治、高富俊和、栗木雅夫, “LバンドフォトカソードRF電子銃の開発 (III)”, 日本加速器学会年会、THPS018 (2010)
- G. Isoyama, S. Kashiwagi, R. Kato, N. Sugimoto, H. Sugiyama, H. Hayano, J. Urakawa, T. Takatomi, M. Kuriki, “DEVELOPMENT OF AN L-BAND RF GUN FOR HIGH-DUTY-CYCLE OPERATION”, Proc. Of Linac conference (Linac 2010), THP121, Tsukuba, Japan (2010)
- N. Nishimori, R. Hajima, R. Nagai, H. Iijima, M. Kuriki, Y. Honda, T. Miyajima, M. Yamamoto, M. Kuwahara, T. Nakanishi, S. Okumi, T. Muto, “Development of a 500-kV Photo-Cathode DC Gun for ERLs”, Workshop on Sources of Polarized Leptons and High Brightness Electron Beams (PESP2010), Bonn, Germany (2010)
- M. Yamamoto, T. Miyajima, Y. Honda, K. Satoh, T. Uchiyama, S. Matsuba, Y. Saitoh, M. Kobayashi, Y. Kobayashi, H. Kawata, H. Kurisu, R. Hajima, R. Nagai, N. Nishimori, M. Kuriki, H. Iijima, D. Kubo, M. Kuwahara, S. Okumi, and T. Nakanishi, “High brightness electron gun test facility at KEK”, Workshop on Sources of

Polarized Leptons and High Brightness Electron Beams (PESP2010) , Bonn,
Germany (2010)

H. Sugiyama, Y. Takahashi, H. Hayano, J. Urakawa, S. Kashiwagi, G. Isoyama, T. Kato, N.

Sugimoto, M. Kuriki, “L-band Photocathode RF Gun at KEK-STF”, PESP2010

A. K. Potemkin, E. I. Gacheva, V.V. Zelenogorskii, E.V.Katin, I.E. Kozhevato, V.V. Lozhkarev,

G.A. Luchinin, D.E. Silin, E.A.Khazanov, G.V. Trbnikov, G.D. Shirkov, M. Kuriki, J.

Urakawa, “Laser Driver for a photocathode of an electron linear accelerator”,

Quantum Electronics 40(12) 1123-1130 (2010)

2.4 活動（運営委員会等の活動）

①レーザー蓄積装置の開発

1. 2010/4/27 : 量子ビーム・レーザー打ち合わせ 早稲田大学 55 号館 2F
2. 2010/6/1 : 量子ビーム・レーザー打ち合わせ 広島大学先端研 404N
3. 2010/9/1 : 量子ビーム・レーザー打ち合わせ KEK 研究本館会議室
4. 2010/11/9 : 量子ビーム・レーザー打ち合わせ KEK1 号館談話室 2
5. 2010/12/17 : 量子ビーム・レーザー打ち合わせ KEK1 号館談話室 2
6. 2011/02/22 : 量子ビーム・レーザー打ち合わせ 広島大学先端研 403N

②大強度高品質電子源の開発

1. 2010/4/1 : 第 19 回L-band Rf電子銃開発グループ会合（ビデオおよびインターネット接続）
2. 2010/4/12 : 第 22 回高輝度電子源開発グループ会合（ビデオ接続）
3. 2010/5/14:第 20 回L-band Rf電子銃開発グループ会合（ビデオおよびインターネット接続）
4. 2010/5/17:第 23 回高輝度電子源開発グループ会合（ビデオ接続）
5. 2010/6/15:第 21 回L-band Rf電子銃開発グループ会合（ビデオおよびインターネット接続）
6. 2010/6/17:第 24 回高輝度電子源開発グループ会合（ビデオ接続）
7. 2010/7/20:第 22 回L-band Rf電子銃開発グループ会合（ビデオおよびインターネット接続）
8. 2010/7/22 : 第 25 回高輝度電子源開発グループ会合（ビデオ接続）
9. 2010/8/4:第 26 回高輝度電子源開発グループ会合（日本加速器学会インフォーマルミーティングとして開催）
10. 2010/8/25:第 23 回L-band Rf電子銃開発グループ会合（ビデオおよびインターネット接続）
11. 2010/9/6:第 27 回高輝度電子源開発グループ会合（ビデオ接続）
12. 2010/9/28:第 24 回L-band Rf電子銃開発グループ会合（ビデオおよびインターネット接続）
13. 2010/10/18 : 第 28 回高輝度電子源開発グループ会合（ビデオ接続）
14. 2010/10/26:第 25 回L-band Rf電子銃開発グループ会合（ビデオおよびインターネット接続）
15. 2010/11/12-13:第四回フォトカソード研究会（広島大学先端物質科学研究科）
16. 2010/11/29:第 29 回高輝度電子源開発グループ会合（ビデオ接続）
17. 2010/12/8:第 26 回L-band Rf電子銃開発グループ会合（ビデオおよびインターネット接続）

18. 2011/1/11:第 27 回L-band Rf電子銃開発グループ会合（ビデオおよびインターネット接続）
19. 2011/1/11-12:第 8 回高輝度・高周波電子銃研究会（広島大学、東広島キャンパス）
20. 2011/1/13:第 30 回高輝度電子源開発グループ会合（ビデオ接続）
21. 2011/2/18:第 31 回高輝度電子源開発グループ会合（ビデオ接続）
22. 2011/2/23:第 28 回L-band Rf電子銃開発グループ会合（ビデオおよびインターネット接続）

2.5 平成 22 年度における実施体制

研 究 項 目	担当機関等	研究担当者
1. (レーザー蓄積装置および大強度高品質電子源開発)	広島大学大学院先端物質科学研究科	◎ 栗木 雅夫
(1) (レーザー蓄積装置開発)	広島大学大学院先端物質科学研究科	○ 高橋 徹
	広島大学大学院先端物質科学研究科	吉玉 仁
(2) (大強度高品質電子源の開発)	広島大学大学院先端物質科学研究科	◎○栗木 雅夫
	広島大学大学院先端物質科学研究科	飯島 北斗