

会議報告

第 13 回高輝度高周波電子銃研究会 会議報告

全 炳俊*・紀井 俊輝*・増田 開*・大垣 英明*

Report of the 13th High Brightness/rf Electron Gun Workshop

Heishun ZEN*, Toshiteru KII*, Kai MASUDA* and Hideaki OHGAKI*

1. はじめに

2015年12月7日から8日の日程で第13回高輝度高周波電子銃研究会が京都大学宇治キャンパスにて行われた。本研究会は高周波電子銃を対象として発足したが、近年は高輝度DC電子銃やレーザー加速といった電子源も対象とした研究会として発展してきている。今回も高周波電子銃開発、光陰極開発、レーザー加速電子源、ビーム物理、光陰極DC電子銃、電子ビーム特性測定・応用といった多岐に渡る講演があった。講演件数は全体で17件であり、参加者総数は35名であった。忙しい中、ご参加頂いた皆様のお陰で盛会の内に研究会を終了する事ができた。この場を借りて感謝の意を表したい。なお、一部の講演資料は本研究会のホームページ[†]よりダウンロード可能である。

2. 会議報告

初日の一つ目のセッションは電子銃開発に関するセッションであり、3件の講演があった。最初の講演者は大阪大学産業科学研究所の野澤氏であり、インドのNew Dehli近郊にある加速器施設、IUAC (Inter-University Accelerator Centre) で開発中のTHz自由電子レーザー用2.6セルRF電子銃開発についての報告があった。KEKの工作室における精密加工、チューナーを用いての空洞周波数調整、Bead-pull法によるセル間電場強度比の測定に関し、詳細な報告がなされた。2件目の講演は日本大学量子科学研究所の境氏によるも

ので、これまでに開発を進めてきたクライオ光陰極高周波電子銃に関して、RF入力カップラー付き試験空洞のBead-pull法による測定結果と数値計算結果との比較によるカップラーの設計上の問題の洗い出しと、カップラーの新設計、Bead-pull法における問題の検討等についての詳細な報告があった。一つ目のセッション最後の講演者は三菱重工・東北大学の三浦氏であり、東北放射光蓄積リング用入射器に用いる為の高周波電子銃の検討についての講演であった。RF電子銃によるシンプル且つ安価な構成を目指し、LCLSの様な光陰極高周波電子銃、MAX IVの様な熱陰極高周波電子銃の2パターンに関して、それぞれについての検討結果が示された。どちらのパターンにおいても東北放射光蓄積リングの入射器として十分な性能が得られる事が示された。

コーヒーブレークを挟み、初日二つ目のセッションは光陰極開発に関するセッションであり、3件の講演があった。最初の講演者は早稲田大学理工学研究所の松崎氏であり、本年度から開発を開始した高周波電子銃用マルチアルカリ光陰極に関するものであった。既存の高周波電子銃・陰極プラグを用いる為の基板加熱を行わないCsK₂Sb蒸着レシピについて、Sb膜厚に対する初期量子効率と量子効率寿命に関して詳細な報告があった。また、CsK₂Sb薄膜上に保護膜としてCs-Te薄膜を蒸着した新光陰極に関して詳細な報告があった。2件目の講演者は広島大学先端研の横田氏であり、広島大学にてERL用に開発を進めているマルチアルカリ光陰極の寿命特性評価に関し

* 京都大学エネルギー理工学研究所 Institute of Advanced Energy, Kyoto University
(E-mail: zen@iae.kyoto-u.ac.jp)

[†] <https://sites.google.com/site/jpnrfgunworkshop2015/program>

て報告があった。光陰極蒸着レシピと寿命測定に関して詳細な報告があり、様々な条件での試験結果に基づき、イオン逆流による陰極劣化モデルの妥当性の検討が行われた。得られた結果からイオン逆流が電荷寿命の原因という仮定が成り立っていない可能性が示唆されたとの報告があった。二つ目のセッション最後の講演者は広島大学の根岸氏であり、ERL用マルチアルカリ光陰極のUPS分析に関する報告であった。分子研 UVSOR の BL2B に光陰極蒸着チェンバーを設置し、陰極製膜後に UPS 測定チェンバーへ移送、UPS 測定を行ったとの報告がなされ、UPS スペクトルと量子効率との比較や Cs の 5s と 5p のピーク比と量子効率の比較など、詳細な検討が行われた。今後も UVSOR においてサンプル蒸着・UPS 測定を継続して行っていくとの事である。

初日最後のセッションはレーザー加速電子源に関するセッションであり、4 件の講演があった。本セッション 1 件目の講演者は東京大学大学院工学研究科の小山氏であり、放射線生物学研究への応用を目的とした誘電体粒子加速器に関する検討・開発状況の報告があった。誘電体グレーティングの作成が完了しており、KEK において Yb-Laser を用いたテストベンチの準備が着々と進められている様である。本セッション 2 件目の発表者は東京大学大学院工学系研究科の岡元氏であり、小山氏の講演にあった誘電体加速器に用いる為の高強度ファイバーレーザー開発についての講演であった。開発したファイバーレーザー発振器、ファイバーレーザー増幅器について詳細な報告がなされた。将来的な LaB₆ 光陰極駆動に向けて四倍波発生試験の結果が報告されたが、四倍波発生の確認には至っておらず、今後の研究が待たれる。本セッション 3 件目の講演者は京都大学化学研究所の井上氏であり、高強度レーザーの固体への複合照射によるレーザー加速電子ビーム制御についての講演があった。アルミ薄膜の背面から高強度レーザーを照射し、前方に電子線を発生させる系では、前方よりも薄膜に沿った方向に電子が加速されて生成されるという特性があったが、前面からプリプラズマ発生用レーザーを背面から照射するレーザーよりも約 100 ps 以上早く照射することで、放射される電子数を増やすことに成功し、発生した電子のエネルギー分布も変化することが

示された。PIC シミュレーションでも再現されており、物理的理解も進んでいる様である。初日最後の講演者は京都大学化学研究所の寺本氏であり、井上氏と同じく高強度レーザーを用いた電子線源に関する報告がなされたが、こちらは薄膜と金属ワイヤーを組み合わせた複合的ターゲットに関するものであった。金属ワイヤーをターゲットに用いた場合、金属ワイヤー周囲に発生した強い電場により電子がトラップされ、金属ワイヤーに沿って電子ビームがガイドされ、指向性の高い電子ビームが得られる事が既に報告されているが、この場合、レーザーによる損傷のため高繰り返しでターゲットを供給する事が困難であるという問題があった。薄膜で発生させた電子をワイヤーでガイドさせようというのが発想の出発点の様である。結果として、薄膜とワイヤーの間隔を小さくする事で電子線の高強度化、高エネルギー化が望めることが示された。また、ワイヤー上を伝播する表面波の時間分布測定等、詳細な検討結果も報告された。

初日の講演終了後、場所を京都市伏見区の酒蔵を改装した鳥料理屋である『とり清 本店』に場所を移し、懇親会が開催された。鳥鍋を囲んで日本酒を飲みながら、親交を深めると共に、議論に花が咲いた。

2 日目の前半のセッションはビーム物理とそれを利用した低エミッタンス電子ビーム発生法、高輝度光陰極 DC 電子銃に関するセッションであった。最初の講演者は京都大学エネルギー理工学研究所の野儀氏であり、DC 電子銃中での空間電荷



写真 1 研究会の様子

効果によるエミッタンス増大・低減効果についての報告であった。これまでの調査結果と現象の定式化への課題について詳細な報告がなされた。2件目の講演者は高輝度光科学研究センターの水野氏であり、野儀氏により報告されたエミッタンス低減現象を積極的に利用した高周波電子銃システム設計についての報告がなされた。ソレノイドによる集束と加速管による加速を組み合わせる事で空間電荷効果によるエミッタンス低減現象を用いた電子銃システムを設計可能であることが示された。本セッション最後の講演者は日本原子力開発機構の西森氏であり、次世代放射光源用 DC 電子銃の開発状況についての報告があった。これまでの高電圧 DC 電子銃開発に関するイントロダクションの後、原子力機構での 500 kV 光陰極電子銃開発、コンパクト ERL での運転状況、発生した問題への対処と高圧エージングの進捗状況に関して、詳細な報告がなされた。また、300 pC/バンチ運転を目指した電子銃駆動用レーザー開発に関する準備状況が報告された。

コーヒーブレークを挟んで、2日目後半のセッションでは4件の発表があった。内容はビーム特性測定に関するものが2件、電子銃のコミッショニングに関するものが2件であった。最初の講演者は大阪大学産業科学研究所の菅氏であり、コヒーレント遷移放射の周波数・強度測定に関する検討についての報告があった。遷移放射光のスペクトルと絶対強度測定に向けて、赤外光源を用いた検出器・干渉計の較正結果と CTR 測定結果へ校正結果を適用した結果について詳細な報告がなされた。二人目の講演者は早稲田大学理工学術院総合研究所の西山氏であり、RF-Deflector を用いたバンチ長測定法を更に発展させ、バンチの傾き測定に応用した結果が報告された。光陰極励起用レーザーを直入射した場合と斜入射した場合とで大きなバンチ傾きの違いが測定され、レーザー入射法に対する明確なバンチ傾きの依存性が見られ

た。3件目の発表者は京都大学エネルギー理工学研究所の全（筆者）であり、これまで中赤外自由電子レーザー発生に用いてきた 4.5 空洞高周波電子銃の LaB₆ 陰極を光陰極として駆動した場合の電子ビーム発生と中赤外自由電子レーザー発生に関して詳細な報告があった。発生させた電子ビームの電荷量が横方向空間電荷効果により制限を受けている事が示された。最後の講演者は京都大学エネルギー理工学研究所のスパクル氏であった。同研究所で立ち上げ中の光陰極高周波電子銃の詳細、ハイパワー試験、バンチ圧縮に関する報告の後、コミッショニングでの暗電流・ビームエネルギー、エミッタンス測定結果について報告があった。結果として、1.4 nC, 4.5 MeV, 6-8 mm-mrad の電子ビーム発生に成功したとの事である。

研究会終了後には施設見学会が開催された。当初は京都大学エネルギー理工学研究所の中赤外自由電子レーザー施設のみを見学を予定していたが、京都大学化学研究所の井上氏のご好意で同所所有の T⁶ レーザーを見学させて頂いた。施設見学会にも多くの方にご参加頂き、実際の装置を見ながら様々な議論が交わされた。

3. おわりに

本研究会は高輝度高周波電子銃について研究開発を行っている関係機関の持ち回りで開催されており、来年度は東北大学電子光理学研究所にて開催されることとなった。例年通り12月～2月頃に開催されると思われる。これまでに参加したことのない諸氏も興味を持たれた方は是非ともご参加して頂き、議論にご参加頂ければ幸いである。

最後に、本研究会にてご講演頂いた方々、本研究会にご参加頂いた方々、本研究会の運営にご協力頂いた方々に再度、感謝の意を表し、会議報告を閉じたいと思う。