

STATUS OF CONSTRUCTION OF THE JAERI FEL

M. Sugimoto, M. Sawamura, M. Ohkubo, K. Mashiko,
E. Minehara, R. Nagai, Y. Kawarasaki and J. Sasabe*

Japan Atomic Energy Research Institute

* Hamamatsu Photonics Co. Ltd.

ABSTRACT

The status of the construction of the JAERI Free Electron Laser facility is reported. The electron gun contained in the pressurized vessel is installed and its tests are now undergoing. The specifications of the superconducting linear accelerator and the associated refrigerator system are going to be converged.

The spacial layout of the whole system is reconsidered to fit in the available room with the enough radiation shield.

The proto-type of the control system for the facility is also discussed.

原研FEL建設の現状

1. はじめに

原研では 超伝導線形加速器を用いた自由電子レーザー施設の建設を平成5年度の完成にむけて実施中である。当初の目標として、波長 $10\sim 30\mu\text{m}$ の赤外～遠赤外領域における発振を目指している。今年度は 電子銃の性能試験と入射部の建設の完了を予定している。また前段及び主加速器として使用される超伝導空洞の仕様の最終的な検討を終了し、製作にとりかかる予定である。液体ヘリウム冷却系・高周波源の製作は平成3年度から行う。

本施設は既設の建屋内に建設するため、必要量の放射線遮蔽を含めた全体システムをどう配置するかという問題の再検討がおこなわれている。

建設段階においては各コンポーネント毎の種々のテストの実施に使用し、完成時には運転制御系として使用することが出来るような制御システムの構築を進めている。そのプロトタイプを紹介する。

2. 電子銃および入射系

電子銃は最大電圧 250kV のものを設計・製作し、その性能試験を実施中である。 250kV 耐圧を実現するため、内径 350mm x 全長 500mm のセラミクス筒を使用している。このため取扱には細心の注意を払う必要がある。到達真空度・ SF_6 ガス加圧 ($2\text{kg}/\text{cm}^2$ 未満) ・高電圧印可試験を順次おこなったのち、カソードのエミッション試験にはいる。

シミュレーション計算によると電子銃から引き出されるビームは一旦、ウェイトをつくった後、発散傾向でセラミクス筒から出てくる。通常のものとは異なり、カソード・アノード電極をセラミクス筒の奥のほうに置く設計となったため、ビームがタンクから出てくるまでに50cm以上のドリフトが必要である。この間の発散を抑制するため、永久磁石によるソレノイド収束系の採用が考えられている。実際に得られるビームに適合した収束力を実現するため、ビームを実測しながらの繰り返し作業となることが予想される。

もう一点、問題となりそうなのはカソードのグリッド制御である。所定の距離内で有効にパンチさせるためには少なくともパルス幅は4ns以下である必要がある。さらに、レーザー発振の実現にはこれを約10MHzの繰り返しで1ms程度まで持続させる必要がある。このような高繰り返し・短パルスのグリッド制御を、ピーク電流がふらつくことなく安定に実現することが不可欠である。

サブ・ハーモニック・バンチャー、バンチャー系の安定な動作も「定常」なビームを得るために必要である。全入射系を通しての安定度を確保する努力が必要とされる。

4. で述べるように全体のレイアウトの変更の検討が進んでおり、昨年度までの90度偏向による加速器系への入射という前提条件が取り払われた。したがって、エネルギー（モーメンタム）選択部の再考も必要課題となっている。

3. 超伝導加速器とその付帯設備

電子銃からの最大250kV電子ビームは前段及び主加速器である超伝導加速空洞で15～20MeVまで加速されると予想される。最大加速電圧は空洞の性能に大きく依存する。同時に、空洞は安定な動作条件下で使用することが要求される。したがって発振に最適なビームエネルギーには一定の幅があると考えられ、その範囲内の一点をまず選んで実験を行っていくことになる。

現在、熱入量を抑えたクライオスタットとヘリウム冷却系を含めた最終的な仕様の検討が進められている。

4. 全体系のレイアウト

本施設は既設の建屋（5.5MVハング旧ターゲット室）内に建設することになっており、必要とされる放射線遮蔽体を考慮したレイアウトの検討が必要である。昨年度までは壁際に沿って90度折れ曲がるように設置する案が検討されていたが、おもに遮蔽体の重量に対する地耐力の問題で中央にコンクリート・ベッドを新設してその上に建設する必要があることが明らかになってきた。

中央には遮蔽体で囲まれた主加速器、ビーム・ダンプ等が置かれ、入射部はその脇に並行して置くか、もしくは直列に置くことになる。それぞれに一長一短があり、最終的なレイアウトの決定にいたるまでに、詳細な検討が必要である。

5. 制御系のプロトタイプ

制御系の特徴はパーソナル・コンピュータによる分散制御方式を採用していることである。CPUはインテル80386（または80486）20MHz以上を考えている。理由は従来MS-DOSで開発してきた計算プログラム（ビーム・ダイナミクス、データ・ベース管理等）を効率よく利用するためである。I/

0面での能力不足は、CAMACとGPIBといった標準入出力装置を経由することで拡張性をもたせている。

分散処理の内容は

[1]制御対象機器の設置場所とその機能を考慮して3つ程度にローカル・ユニットを設ける（基本構成はコンピュータ本体、ディスプレイ、キーボード、マウス、ディスク・ユニット、CAMACクレート、GPIBコントローラを含むCAMACモジュール、およびネットワーク・モジュール）

[2]各ユニット自体は、自立型に近い程度にまとまった処理をおこなう（ローカルな操作は自己完結的に制御）

[3]ユニット間の機能補償ができるようにする（タスクとデータの相互移動、異常診断）

[4]常に新しい情報をもとに処理ができるよう知識ベースの相互参照をおこなう（知識ベースには対象の静的情報、制御・測定データの差分情報、推移予測モデルとそれによる予測情報、アンフォールディング・モデルと必要な応答関数情報、最適化モデルとその誤差情報等が含まれる）

から成る。それぞれのユニットは主として建設時の機器試験等にまず使用され、全系が完成後にネットワーク・ノードとして機能する。保守時にはローカル・ユニットだけでも独立に点検目的に使用できるようにする。

施設全体の運転制御は制御室の中央コンソールを用いておこなう。これは基本的にはローカル・ユニットと同一の構成をしておりオペレータのための入出力装置があるという点だけが異なる。各ローカル・ユニットとの均一性を保つため、制御操作は1台のディスプレイとマウスだけで行えるようなユーザー・インターフェースとする。メータ、ステータス表示はウィンドウ内に必要に応じてアサインする。コンソール・ユニットは他のローカル・ユニットと比べ同時にモニタすべき制御点が多くなるので、静的情報、常時監視のパラメータ等は別のモニタ画面に表示する。その画面用ポインティング・デバイスにはタッチ・パネルを使用する。

制御ソフトウェアはリアルタイム性を向上させるため、カーネル部分を保護モードで実行する。

基本ソフトウェアとしてForthを用意する。これはプログラミング能力の高いシェルとみなされる。実際の開発には多様な言語（モニタ・ドライバにC、知識ベースにProlog、グラフィクスにSmalltalk、計算コードにPascal, Fortran）を混合して使う。

紹介する制御系プロトタイプは1台のローカル・ユニットにおける制御操作を模擬したもので基本的なI/O操作とユーザー・インターフェースをもったものである。

6. おわりに

電子銃は大型のセラミクス筒の製作等の技術的課題を克服する必要があったが、8月上旬納入となった。各種の性能試験を通じて高品位の電子ビーム発生技術の蓄積を目指して研究を進めて行きたい。

入射部の建設は、今年度一杯にその完了を実現できるものと考えている。その時点で、制御系の1ローカル・ユニットとして動作する程度まで、プロトタイプの機能向上をすすめる必要がある。