

[12B-05]

STATUS REPORT OF L- & S-BAND LINAC AT ISIR, OSAKA UNIV.

Y. Yoshida, S. Okuda, N. Kimura, Y. Honda, T. Kozawa ,  
T. Yamamoto, G. Isoyama, and S. Tagawa,

The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University  
8-1 Mihogaoka, Ibaraki, Osaka 567, Japan  
yoshida@sanken.osaka-u.ac.jp

Present status of both 38 MeV L-band and 150 MeV S-band linacs at ISIR in Osaka University was reported. Both linacs has been operated without serious troubles. 34 groups are using them for studies of the pulse radiolysis, femtosecond beams, FELs, coherent radiation, slow positron, irradiation effect, machine studies, and so on.

阪大産研Lバンド及びSバンドライナックの現状

1.はじめに

大阪大学産業科学研究所附属放射線実験所の38MeVLバンドおよび150MeVSバンドライナックは、順調に運転が行われており、Lバンドの昨年度の年間運転時間は2680時間であった。図1に月別の運転日数を示した。平成12年度前期では、34件の共同利用(学内共同利用:28件、学外共同利用:6件)が行われている。研究テーマの内訳を表1に示す。

表 1 阪大ライナックにおける共同利用 (平成12年度前期)

研究内容	利用件数
パルスラジオリシス(有機・高分子・その他)	12
パルスラジオリシス(生物系)	4
照射効果	4
フェムト秒パルス発生と利用	2
低速陽電子	3
FEL、コヒーレント	5
ビーム、マシンスタディ	4
計	34

2.運転・保守状況

2-1 Lバンドライナック

Lバンドライナックは基本周波数 1300 MHz で、図2に示すような構成である。サブハーモニックプリバンチャー(SHPB)を使用しないパルス幅ナノ秒の過渡モード、マイクロ秒の定常モード、SHPB を使用するピコからサブピコ秒の単パルスモードおよびマイクロ秒のマルチバンチモードで運転されている。夏季、冬季に1週間程度の保守、点検の期間を設けている他はほとんどフルに稼働している。故障への対応は迅速に行われ、この1年間で発生装置側の原因で利用研究に支障があった例はほとんどなかった。YU-156 陰極・グリッドアセンブリ(EIMAC)を利用して開発した電子銃は使用経験を重ね、最短2日で交換と立ち上げが可能になった。また多くの入射モードに対応できる半導体化した電子銃グリッドパルサーは、3年余り無故障である。

電子銃出口の磁場レンズの配置の最適化が懸案で

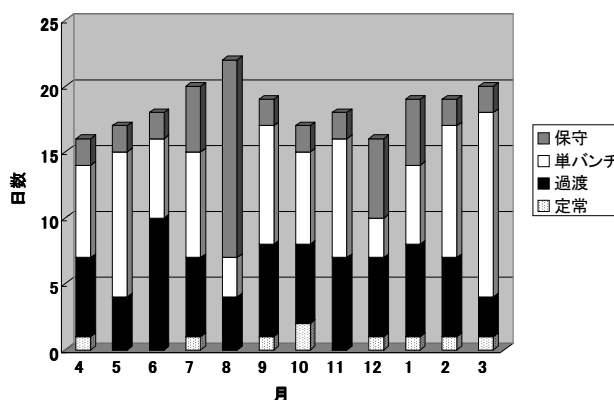


図1 平成10年度Lバンドライナック稼働状況

あったが、昨年末から今年初めにかけてこの改善作業を行い、時間幅 5 ns (FWHM)での入射ピーク電流をこれまでの 23 から 28 A に増加させることに成功し、これにより単バンチビームの最大電荷量が、これまでの73から81 nC/bunchに増加した。グリッドパルサーの改善により、この量は今後さらに増加すると考えられる。

2-2 Sバンドライナック

Sバンドライナックは、主に低速用電子発生に使用され、1200時間程度の運転が行われた。その間に、以下の保守が行われた。

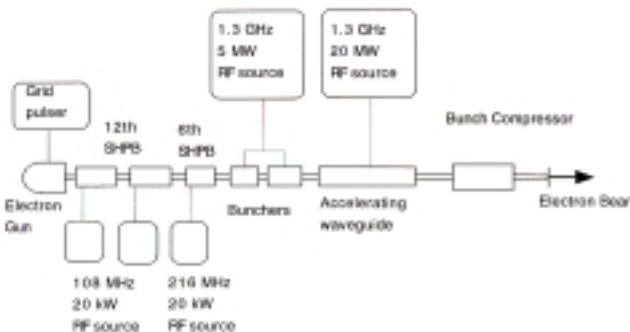


図2. Lバンドライナック

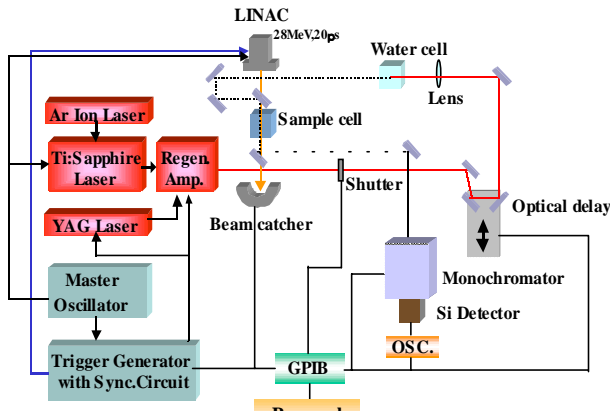


図3. レーザー同期ピコ秒白色光パルスラジオリシス

- ・電子銃を交換、
- ・グリッドパルサーの不調の原因が光ファイバーで信号を送っているフォトダイオードの不良とわかったため、これを交換。
- ・PFN とクライストロンをつなぐ高圧ケーブルが絶縁破壊したため、これを交換。

### 3. 量子ビームの発生と利用

#### 3-1 レーザー同期パルスラジオリシス

図3にレーザー同期ピコ秒白色光パルスラジオリシスシステムを示す。励起源として阪大産研L-band ライナックからの電子線（パルス幅約 20ps、エネルギー 28MeV）を用い、分析光としてチタンサファイアレーザーからの基本波（パルス幅 60fs）を水セルに集光させることによって得られる白色光（パルス幅 200fs、測定可能波長領域 350nm～1000nm）を用い、ストロボスコピック法により高時間分解能を得れる。ストロボスコピック法とは電子線パルスとレーザーパルスの時間差をある一点で測定し、その時間差を変化させ測定を繰り返すことにより中間活性種の濃度の時間変化を測定する方法である。この方法の特徴として時間分解能が測定機器の時間分解能に依存せず、励起源と分析光のパルス幅、励起源と分析光の時間ジッターにのみで決まるので高時間分解能を得ることができる。

レーザーシステムはAr-Ionレーザー、チタンサファイアレーザー、Nd:YAG レーザー、再生増幅器から構成されている。再生増幅された基本波は Optical delay を通過し、水セルに集光される。そこで白色光に変換され、サンプルセル中を通過した後、Monochromator, Si detector に導かれ検出される。Optical delay とは電子線パルスとレーザーパルスの時間差を変化させるための装置である。

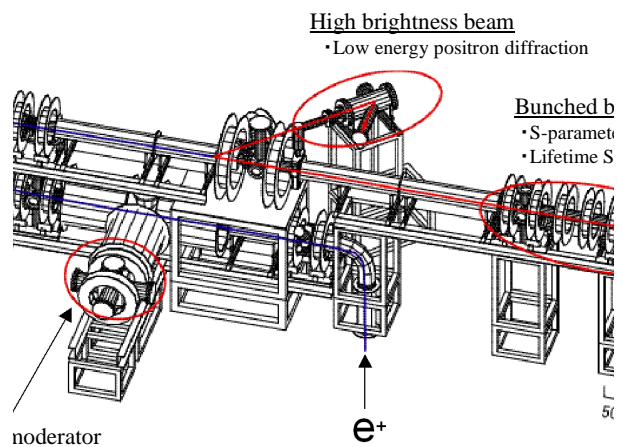
レーザーとライナックは共通のマスターオシレーターを使用することにより、RF レベルでの同期を行っている。これらのシステムは GPIB に接続され、コンピューター制御されている。このシステムの時間分解能は約 30ps である。

#### 3-2 フェムト秒パルス発生と応用

放射線によって材料中に誘起される現象を測定するパルスラジオリシスの時間分解能は従来最高で 30 ps であり、30 ps 以内の放射線化学初期過程は解明されないままになっていた。我々は、30 ps 以内の放射線化学初期過程を解明するために、高時間分解能パルスラジオリシスシステムの開発を行っている。サブピコ秒パルスラジオリシスシステムは、励起源としてのフェムト秒電子線ライナック、分析光源としてのフェムト秒チタンサファイアレーザー（最短 60 fs）、また、両者の時間差を正確に測定するためのジッター補正システム[1]から構成される。フェムト秒電子線は、阪大産研 L バンドライナックからの電子線シングルパルス磁気パルス圧縮法によって圧縮することにより得られ、最短で 125 fs (FWHM)である[2]。チタンサファイアレーザーとライナックは 27MHz を基準信号とする共通のRFで同期がとられている。また、両者の時間差を正確に知るために、ポート出口からサンプル直前の薄ミラーまでの空気中で発生するチェレンコフ光を、分析光からハーフミラーで分岐したレーザーパルスと合流させ、フェムト秒ストリークカメラに入射させることにより両者の時間差を各ショット毎に測定した。このシステムにより時間ジッターの影響を 185 fs まで減らすことが可能である。このシステムにより、時間分解能 800 fs を達成した。

#### 3-3 低速陽電子ビーム源の開発と利用

低速陽電子源の開発では、Sバンド電子線形ライナックを用いて大強度の陽電子ビームの生成、及び、生成された陽電子ビームの高輝度化、短パルス化を中心にして、固体希ガスによるリモデレーターの開発、利用研究としては、高分子薄膜の自由体積に関する研究を中心に行ってきた。陽電子ビームラインを図4に示す。高輝度化については、新たに製作した陽電子高輝度化装置で実験を行ったところ、磁場輸送系からの引き出し部からリモデレーターまでの輸送に関し、結像状況



moderator

は計算結果とほぼ一致し、またリモデレーターまでの引き出し効率は約 90%であった。リモデレーターからの再

図4. 陽電子ビームライン

放出陽電子を試料に収束させる実験を試みているところである。短パルス化についてはチョッパー電極とバンチャー電極の改良や、インピーダンス整合をより考慮した回路系への改良、アンプの変更、また計算結果に基づく印加電圧の更なる最適化を行った結果、約 700ps のパルス幅が得られた。しかし、これまでの実験を通して、ストレッチャー内での陽電子のエネルギー拡がり期待していたほど小さくならず、この結果、エネルギー拡がりの大きいビームをバンチしているため、バンチ幅がなかなか小さくならないことがわかってきた。このエネルギー拡がりは陽電子の蓄積時間にかかわらず存在するため、今後別のリモデレーターを用いてエネルギー拡がりを調べることや、ストレッチャー内で、エネルギー拡がりを抑える工夫をする必要がある。固体希ガスリモデレーターについては、アルゴンに対し、完全結晶、点欠陥を有する場合、アモルファスの場合について、分子動力学を用いて配置を求め、陽電子寿命を評価した。特に完全結晶での評価は他で行われた実験結果によく一致することが確認できた。結晶性とSパラメーターとの間には相関が存在すると考えられるため、実際に製作条件を変えてアルゴン固体薄膜を作成し、Sパラメーターを測定した。詳しい解析はこれからだが、条件により異なる結果が得られた。今後、再放出効率の計測とあわせ寿命測定も行う必要がある。一方、高分子薄膜界面や表面に対し、陽電子ビームの利用研究も行った。PS同士での界面、PSとPMMAでの界面に対し、焼鈍なしと、焼鈍時間を変えた試料でSパラメーター測定を行った。焼鈍しない試料では、いずれも界面位置に窪みが存在したが、焼鈍後の試料ではこれがなくなるか、緩和されているのが確認できた。これから高分子薄膜界面に対し、陽電子は敏感なプローブとなることが示された。また、RIを利用した陽電子寿命装置の利用として、数種のポリシランに対し、寿命測定から評価される自由体積の大きさの温度依存性を調べ、構造変化との関係を見出した。

### 3-4 FELの開発と利用

#### 赤外自由電子レーザー開発の現状

高輝度電子バンチの加速に適したLバンドライナックを駆動源として用いているため、阪大産研の赤外自由電子レーザー(Free-Electron Laser; FEL)は非常に高い増幅利得を有している。これまでの研究は、発振型FELの発振波長の長波長化を中心として進められてきた。その結果、RFライナック・ベースのFELとしては最長の発振波長 150 $\mu\text{m}$ を達成した。現在は、これまでに測定された増幅利得・光共振器損失と計算機シミュレーションの結果との比較評価や、ウイグラー内での高輝度電子ビームと光パルスの相互作用の解析、FEL光強度の不安定性の原因解明、PCを用いた制御系の開発等を行っている。また、更なる長波長化のために200 $\mu\text{m}$ 近傍に最大感度をもつ圧縮型 Ge:Ga 検出器の準備を進めている。

さらに、昨年度より赤外領域で単一通過型 FEL

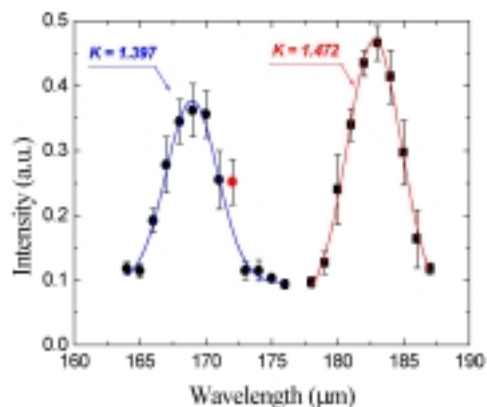


図5 SASEの波長スペクトル。電子ビームエネルギーは12.1 MeVで、K値は1.47と1.40。このときの中心波長は各々、183 $\mu\text{m}$ と169  $\mu\text{m}$ 。

(Self-Amplified Spontaneous Emission; SASE)の原理検証のための研究を開始した。SASEは、共振器を構成できるようなミラーのないX線領域で、レーザーを実現するための有力な候補の一つと考えられている。阪大産研では、Lバンドライナックからの高輝度単バンチ電子ビームを用いることにより、1991年に波長20 $\mu\text{m}$ と40 $\mu\text{m}$ で最初のSASEを観測している。現在は、共振器ミラーの一つを取り外し、他の一つの曲率半径を変更するといった最小限度の変更だけで、既存のFELシステムをそのまま利用した実験を行っている。昨年秋頃からSASEの分光測定が可能になり、図5に示すような波長スペクトルが観測され、検証実験と解析が続いている。

### 3-5 コヒーレント放射の計測と光源としての利用

#### コヒーレント放射の計測と光源としての利用

Lバンドライナックの単バンチビームは、高強度遠赤外放射の研究に利用されている。この研究では、ストリーク測定で情報が得られない微細なバンチ形状の評価が求められる。われわれは単バンチビームのバンチ形状についての情報を得るために、コヒーレント遷移放射のスペクトルを干渉計を用いて測定し、ストリーク測定を同じ系でほぼ同時に行って両者を比較した。また4極シケイン型バンチコンプレッサーによるバンチの圧縮効果を調べた。

コヒーレント放射を新しい光源として、サブミリ波、ミリ波域での吸収分光に利用するための最適化を行い、特に光の透過率の低い水の吸収分光を開始した。通常の分光には、放射強度が極めて安定な定常モードのビームを利用した。この際マイクロ波要素の運転条件を変化させ、通常の放射強度を2桁以上増加させることに成功した。Lバンドライナックでは、バンチ列からの放射に特有の干渉効果が波長分解能に与える影響が比較的小さい。