

Generation of High Density Electron Subpicosecond Single Pulse

T. Kozawa, T. Kobayashi, T. Ueda, M. Uesaka and K. Miya

Nuclear Engineering Research Laboratory, The University of Tokyo
2-22 Shirakata-Shirane Tokai-mura Naka-gun Ibaraki, Japan

Abstract

The development of short pulse electron accelerator enables direct observation of ultrafast dynamics of electron-matter interaction. 38MeV electron pulses with the pulse width of 10ps have been compressed by the achromatic magnetic pulse compression system at the university of Tokyo. 890 fs single pulse have been generated with the charge of 1nC. The satellite of the main pulse could not be observed.

サブピコ秒電子線シングルパルスの高密度化

【はじめに】

東京大学工学部附属原子力工学研究施設の電子線形加速器は、1977年に10ピコ秒電子線パルスの加速に成功して以来、ピコ秒領域の放射線化学・物理の反応解明に大きく貢献してきた。1992年より、さらに短パルス化を進めるため、フェムト秒シングルパルスの生成を目的とした基礎実験を開始し、1994年、現状のSバンドライナックで磁気パルス圧縮を行なうことによりサブピコ秒シングルパルス（900fs、150pC/pulse、7.1mmX11mm）の生成に成功した^[1]。その後、このパルスを使用したサブピコ秒パルスラジオリシス実験を行ったへの応用を試みた。しかし、電荷密度の不足から、発光・吸収分光共にSNのよい

結果は得られなかった。そこで、サブピコ秒のパルス幅を維持した状態での高密度化を行うため、パルス圧縮器のアクロマティック化及びグリッドパルサーの変更による電子銃からのエミッションの増加を行った。

【実験】

図1に磁気パルス圧縮システムと測定システムを示す。磁気パルス圧縮システムはエネ

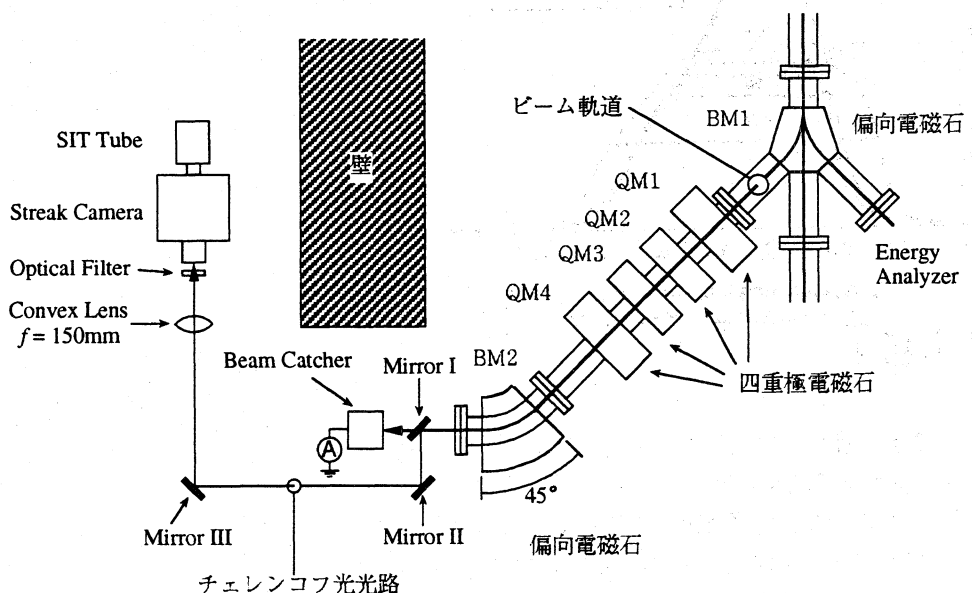


図1. 磁気パルス圧縮システム及び測定システム

ルギー変調用加速管(ACCII)、45度偏向電磁石2台、四重極電磁石4台から構成され、上流にあるACCIIの平均電界強度及び位相の調整によるエネルギー変調及び入射ビームの最適化を行ない最短パルスの生成を試みた。パルス幅の測定は空气中で電子線パルスが発するチェレンコフ光をフェムト秒ストリークカメラ(時間分解能200fs)で測定することによって行った。ビームサイズはスクリーンモニターで測定した。

さらに、UTNL-Linacでは三極管であるY-796を使用しているが、グリッドパルサーを従来の振込電圧300VのパルサーからKentechの1kVのパルサーに変更した。

【結果と考察】

①アクロマティック磁気パルス圧縮

主加速管では、エネルギースペクトルの分散が最小になるように位相および収束用電磁石の調整を行った。このときのエネルギー分散は0.26%であった。エネルギー変調用加速管では、パルスの前半部が後半部より高エネルギーになるように変調を行う。

ACCIIにおいてRF位相71.3度、平均電界強度10MV/mで変調をかけた後、パルス圧縮を行った。パルス圧縮によって得られた典型的なパルス波形を図2に示す。パルス幅(FWHM)850fs、ビームサイズ3.3mmX5.5mmである。また、RF位相61.5度でパルス幅900fs、サイズ3.3mmX3.0mmのパルスが測定された。電荷量は1パルスあたり200pCである。図3に位相71.3度での数値解析結果を示す。計算パラメーターは第一加速管

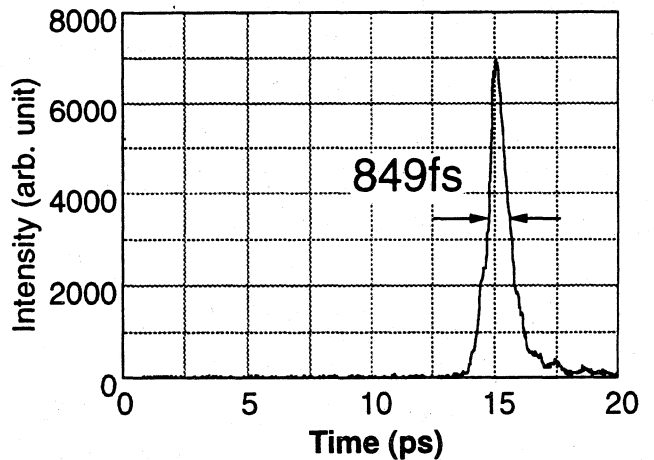


図2. ストリークカメラで測定した電子線波形

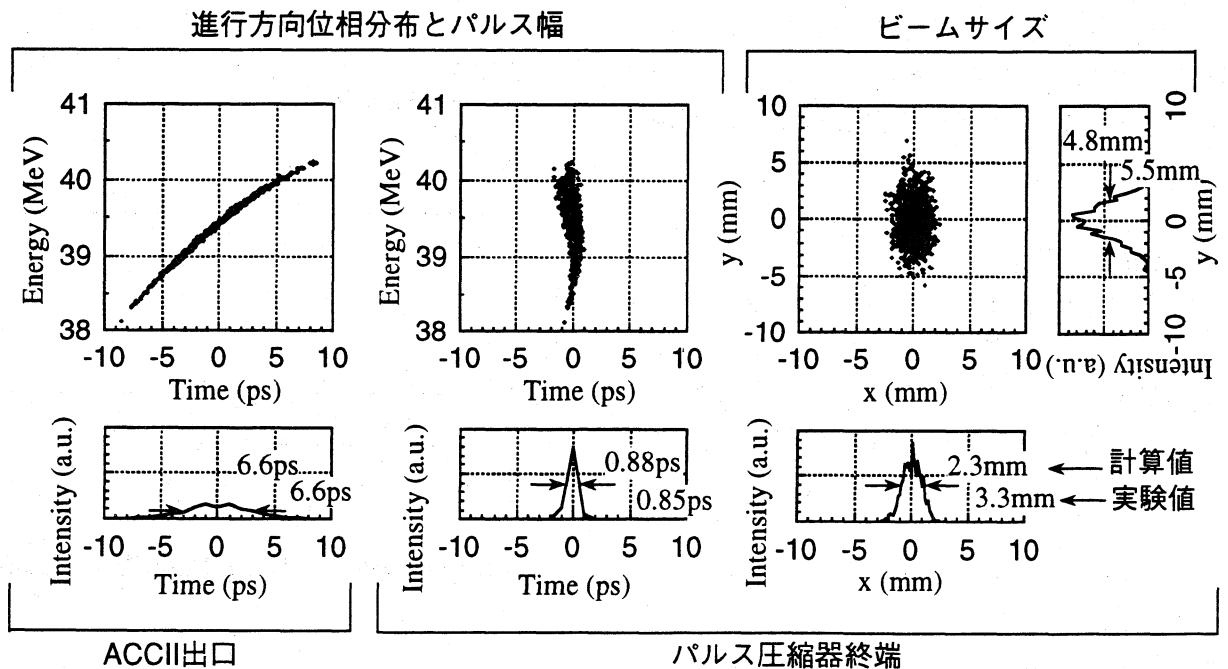


図3. 軌道計算結果

をでた時点で、90%ノーマライズドエミッタンスが $100\pi\text{mmrad}$ 、エネルギー19.1MeV、エネルギー分散0.26%である。パルス幅、ビームサイズともよい一致を示す。

(ii)グリッドパルサーの変更

東大原施では、従来完全なシングルパルス形成させるため、振り込み電圧260Vのグリッドパルサーを使用し、グリッドバイアス180Vで運転を行っていたが、振り込み電圧を900V、バイアスを60Vにすることにより、電子銃からのエミッションを増加させた。これを入射器系のパラメーターの調整によりシングルパルスを得た。ストレート方向でのパルス波形を図4に示す。波形がノイズであるのはチェレンコフ光の光路長が長いからである。また、前後10nsにわたってメインパルス以外のパルスが存在しないことを確認した。3φスリット通過後の電荷量は2nC/pulseであり、グリッドパルサーの変更により、従来の2倍強の電荷量を得た。図5は、このパルスを磁気パルス圧縮した結果の一例である。平均パルス幅は890fsである。電荷量は3φスリット通過後で1.04nC、5φスリットで1.36nCであった。エネルギーは34.8MeVである。エネルギー変調により、約2割電荷量が減少し、残りはパルス圧縮ライン及びスリットで失われる。

【結論】

アクロマティックなパルス圧縮ラインを構築し、さらに、グリッドパルサーを変更することにより、平均パルス幅890fs、最短パルス幅670fs、平均電荷量1nC/pulseのサブピコ秒シングルパルスの生成に成功した。

参考文献

[1] M. Uesaka, K. Tauchi, T. Kozawa, T. Kobayashi, T. Ueda and K. Miya, Physical

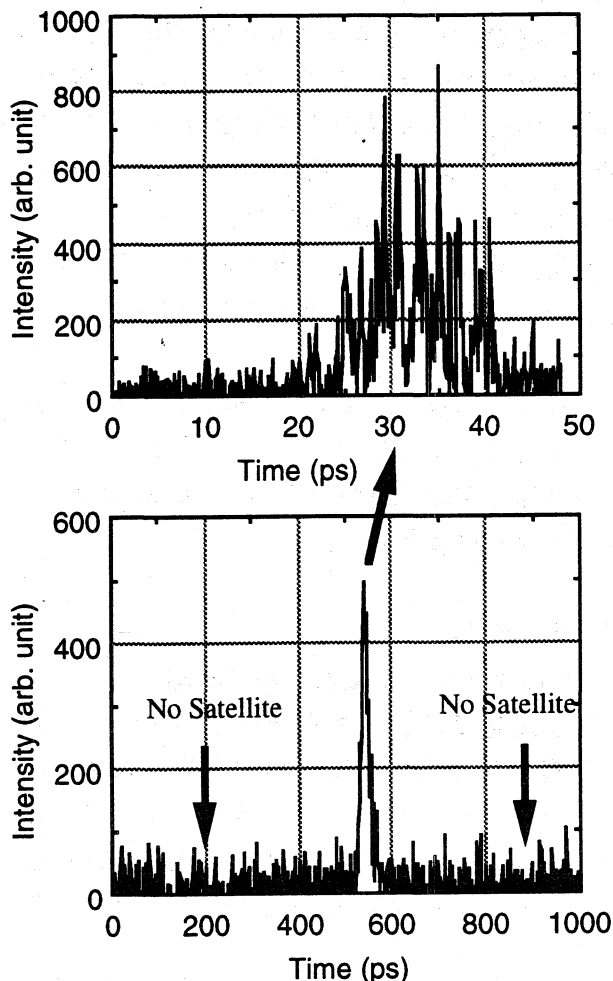


図4. ストレート方向のビームポートでの電子線波形

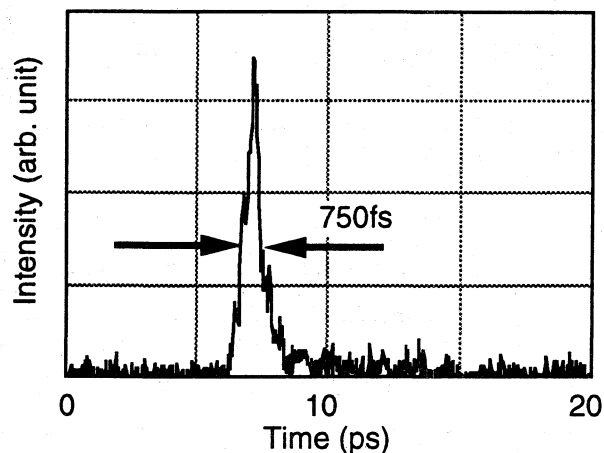


図5. 1nCサブピコ秒電子線のパルス波形