

2008年度学会賞

早稲田大学 理工学術院 鷲尾 方一

2008年度に「コンパクト高質量量子ビーム源の開発と利用」の題目で、日本放射線化学会賞を受賞してから7年が経過した。この間加速器本体の一層の高性能化とレーザー技術、ビーム計測技術、新光源開発など、加速器技術の徹底した進化をベースとした開発と応用技術開発へと多方面から挑戦を行ってきた。当時のシステムは、最も基本的な構成のもので、光電子発生のカソードはCu製で量子効率 10^{-4} 程度であった。このため電子発生用レーザーに大きなUV出力を要求するなど、機器構成には大きな問題が存在していた。我々はこれらの問題を解決すべく、研究開発を行ってきた。以下当該研究の進化についてその概要を説明したい。開発は大きく分けて2つのテーマからなっている。1つ目は「加速器本体」、もう1つは「応用システムの開発」に係るものである。

1) 加速器本体の高性能化

1)-1 高量子効率カソードシステムの構築

電子発生用の光カソードをCuよりCs₂Teカソードへ変更し、加速器本体の改良と共に、超高真空を保ったままカソード生成システムからロードロック機構を媒介として、装置に装荷できるようシステム開発を行った。またカソード生成用の超高真空チャンバーの開発を行い、現在では量子効率数%を達成できるようになっている。

1)-2 電子発生システムの高度化

本開発については、カソード照射用レーザーシステムの開発を多方面から行ってきた。当初はフラッシュランプ励起システム、その後LD励起システムを用いてIRパルスレーザーを再生増幅し、電子ビームの大出力化、マルチパルス化を実現した。

1)-3 ECC (Energy chirping cell attached) RF electron Gun

この開発では、学会賞受賞当時のRFガンをもっと進化させ、加速器単体で100 fsレベルの短バンチ電子ビームを生成できるシステムを実現している。具体的には当初の1.6セル空洞に更に速度変調用の小さな空洞を付加して電子に速度変調をかけてバンチングを行うというもので、既にサブピコ秒の電子パルスの生成に成功している。

2) 応用システム開発研究

2)-1 ビーム計測システムの高度化

高性能で高品質なビームが生成できると、種々のパラメータを精度よく測ることが特に重要になる。そこで我々はRFキッカーを作り、電子バンチの長さ方向

の情報を磁場でキックしその形状を精密に測定するシステムを開発した。これにより、100 fsのオーダーでのビームのバンチ形状を精密に測定できるようになった。

2)-2 逆コンプトン散乱用高輝度レーザーパルススーパーキャビティの実現

[逆コンプトン散乱による高輝度X線生成]は学会賞の受賞の際の研究テーマに含まれているが、当時のレーザーには通常の増幅装置を使っていた。しかし大強度の逆コンプトン散乱X線を得ようとする、レーザーの強度を桁外れに強くする必要がある。そこで我々は、パルスレーザーをレーザーキャビティ内に蓄積することで高強度のレーザーパルス光を実現し、このキャビティ内で逆コンプトン散乱X線生成が可能とした。

2)-3 パルスラジオリシスシステム用新規分析光源の開発

パルスラジオリシス用の白色光源をフォトニッククリスタルファイバー(PCF)によって生成することを試みている。この方法では高強度のIRレーザーをPCFに導入し広い波長範囲に広がった短パルス白色光を得ることができる。得られた光は極めて指向性がよく、レーザー光のような平行ビームとなるためパルスラジオリシスシステム構築において多くのメリットがある。また作成されたパルスラジオリシスシステムでは、ナノ秒およびピコ秒の計測に際して、システム変更が不要となり、同一のシステムでの実験が可能となっている。

2)-4 新光源の開発

超短パルスの電子ビームが実現したことで、新しい光源への期待も高まっている。現在THz領域のシンクロトロン放射光を生成しているが、この放射光はコヒーレントとなっており、電子個数の2乗に比例した強度となる。これを用いた薬物、金属、水などの非破壊分析に向けた可能性が拓かれつつある。また現在では同様の波長領域でコヒーレントなチェレンコフ放射による大強度THz光の生成に向けて研究が進んでいる。

以上述べてきたように、現在、小型のRFガンを中心として、極めて広範囲にわたる技術開発と多方面への応用開発が可能となっている。筆者は当時の学会賞の名に恥じない多くの新しい研究への大展開が実現しつつあると自負している。