

Multi-Energy Medical Electron Linear Accelerator

Chudo Kazusa

Medical Information System Division

NEC Corporation

ABSTRACT

The major criteria for designing accelerators for radiation therapy are significantly different from the requirements of other types of accelerator design. These are the compactness, the ruggedness and the cost effectiveness. In this paper, a newly designed multi-energy electron linear accelerator system is presented and discussed in terms of these criteria. Furthermore, the system is discussed from the viewpoint of radiation therapy treatment units.

Dual Photon 医療用リニアック, NELAC-1018DP

1. 放射線治療用リニアックの特性

放射線治療における大目標は、有名なシグモイドカーブの腫瘍制御カーブで代表される。このカーブは、完全に腫瘍をコントロールするためには、限界と過剰照射により副作用を生じて照射不可能となる、最大の限界との間の狭い隙間へ照射量をコントロールしなければならぬことを示している。

このため、放射線発生装置としてのリニアックには、下記の要求が必要条件となる。

(1) 照射ターゲット範囲とその周囲の健康組織へ、計算された理想の計画線量を±5%以内の線量分布で照射すること。

すなわち、電子線又はX線の組織内での、吸収線量に影響を与えるエネルギーの変動、及び平坦度の変動を最小に制御する。

(2) 照射ターゲットを、照射野内に再現性を保ちながら、±2mm範囲内で位置決めを行う必要がある。

(3) より正確に、理想的照射を実行するためには、広範囲の照射治療のモダリティの選択

が可能であること。このために、X線エネルギーを例えば4MV及び10MVの二種類が選択されて、対抗2門照射をすることにより、体厚に応じて平坦な均一の照射分布が保たれる。さらに照射野が小から大にわたって、平坦度を保ちながら患部の容積に一致させた範囲で駆動される、多段絞りコリメータによる原体照射を実行させている。

これらの要求をいれるために技術的なチャレンジがなされており、その主なテーマは以下の通りである。

(1) 装置のコンパクト化 がん患者は常に固定された位置におかれて、周囲の装置がフレキシブルに自由な移動が可能であること。従って、常にコンパクト化が要求される。進行波型加速管から定在波加速管に移行され、長さの短縮化と加速効率の向上が計られた。

(2) 照射ビームの信頼性・安定性の向上 患者に向かってビームの方向が、常に垂直、且つ平坦で半影が最小となる大照射野が再現できること。これは、ビームの出力エネルギーの変化、出力方向の変化に応じてビームの制御を可能とする、ビームベンディングマグネットの制御と措置の改善となりさらに、線量モニタ用イオンチェンバは、時間空間内に制御され、常に±1.5%以内の精度が要求される。

(3) 均一なX線照射野内への電子線の混入率を最小にする 加速電子ビームはターゲットでX線に変換されて、照射野を平坦化するフラットネスフィルターを通過する過程で、散乱して2次電子線が混入する量を、最小にするためのX線コリメータの設計。エネルギーの増加にともなって、この率は増加して皮膚面での吸収量を増加させ、半影を拡げる。

(4) 均一な電子線照射野内へのX線の混入率を最小にする 出力電子ビームは、金属フォイルで散乱して、照射野を平坦化する。このスキッターリングフォイル、及び線量モニタ、イオンチェンバ、ビームコリメータ用電子線ガイド及び空気中を通過する過程で、2次X線散乱線が混入されて患者に到達する。これは、フォイルの材料と構造を最適化しガイドの構造の改善を計ることが、最も重要な要因となる。Dual-Photon リニアックでは、新構造のエネルギースイッチを装備した加速管から得られる加速電子ビーム出力のスペクトルは、6から18MeVの各電子線エネルギーで2～3%の範囲に入る。

2. Dual-Photonリニアック加速管特性

コンパクトで複数のX線エネルギーモード、及び電子線モードの出力が得られる、単セクション定在波型電子線リニアック加速管の特性の報告を行う。

基本的コンセプトは、以下の通りである。

(1) 隣接する加速キャビティを連結するサイドキャビティを複数個持たせて、その間のカップリング係数を変化させる。

(2) 複数個のカップリング係数は、キャビティの2種類のモード変換により、常に2値で制御される。

(3) 加速キャビティ内の電界強度を、ディスクリミティブに制御し、加速位相を変動させずに、広範囲のエネルギーの切換えが行われる。

本報告では、定在波型加速管に設けたサイドキャビティマイクロ波エネルギースイッチによる、加速管軸上の電界強度分布の切換えのデータ、及びその各モードによって得られる、電子ビームのエネルギースペクトラムのデータについて報告する。

3. Dual-Photonリニアック, NELAC-1018DP線量特性

放射治療に使用される、放射線の特性について以下の項目につき報告する。

(1) X線モード 4MV及び10MVエネルギーに関して、深部吸収特性、及び照射野平坦度特性

(2) 電子線モード 3MeV~18MeVエネルギーに関して、深部吸収特性、及び照射野平坦度特性