

Introduction to the Elekta Linear Accelerator

Beam Generation ~ Shaping

エレクタ株式会社
アプリケーションフィジックス



Contents

Linac Operation

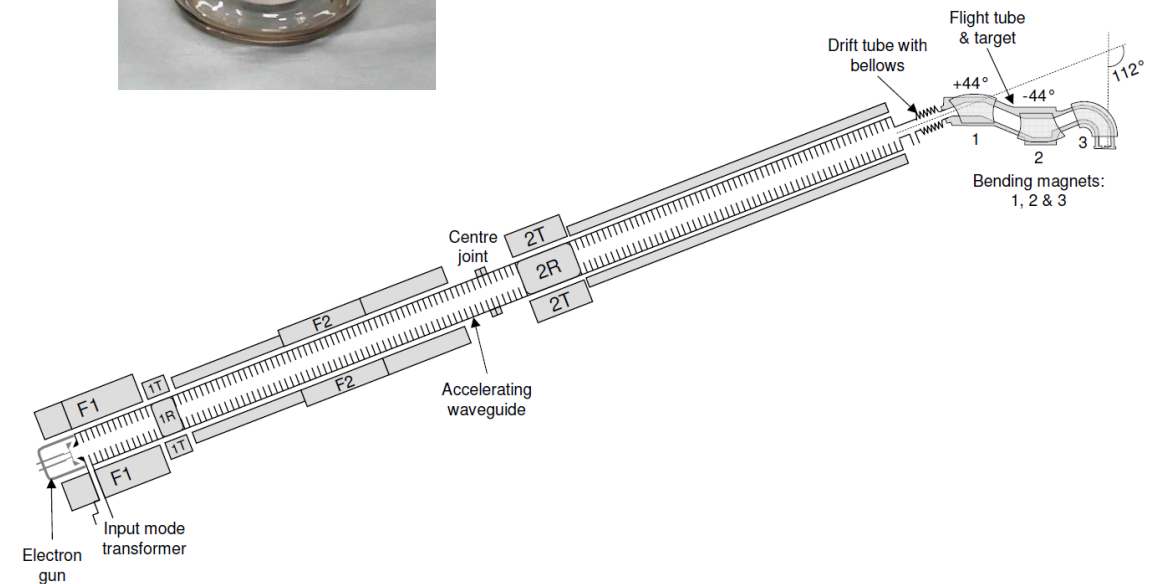
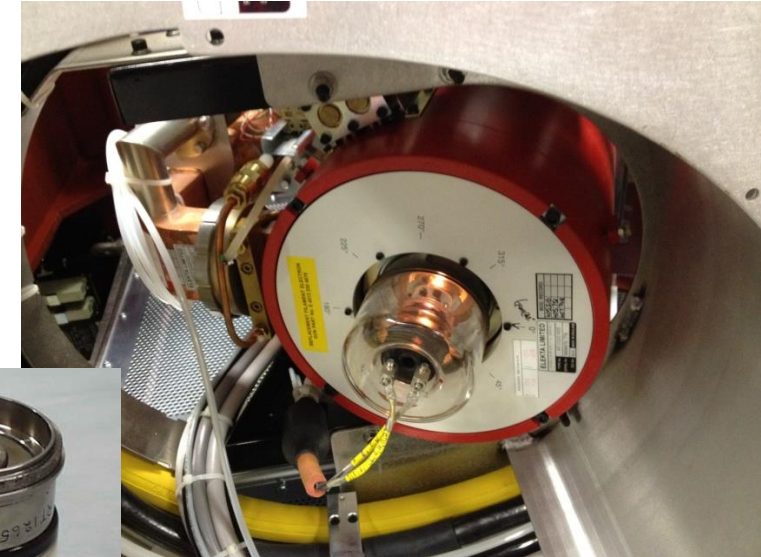
- RF Generation
- RF Transport
- Beam Generation
- Beam Transport
- Beam Shaping



Contents

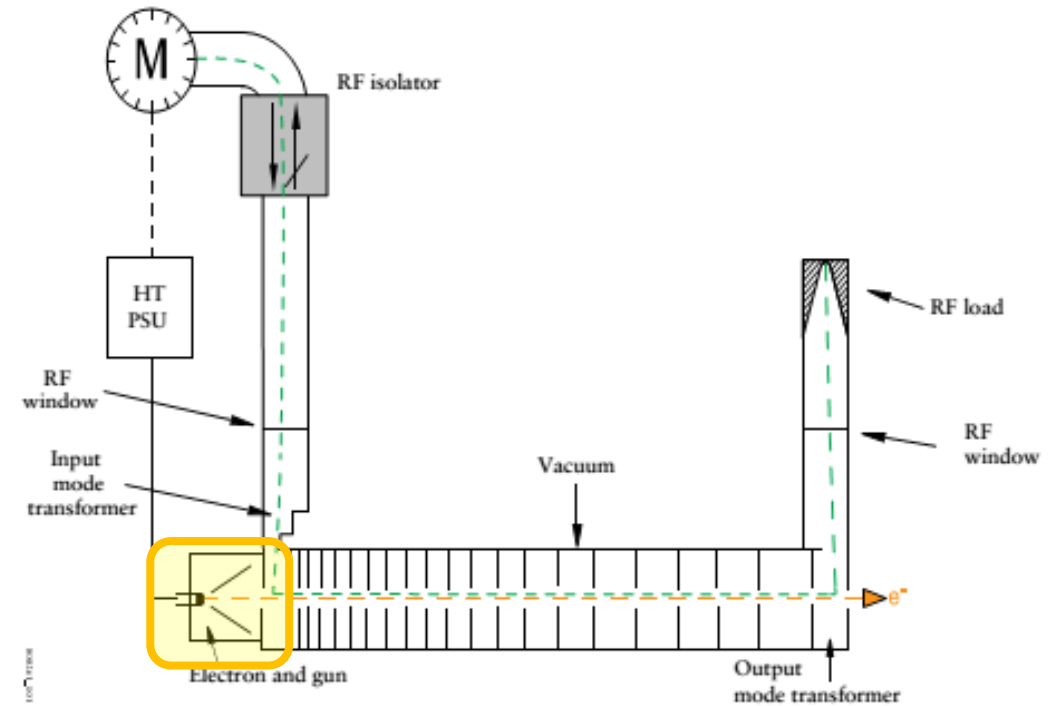
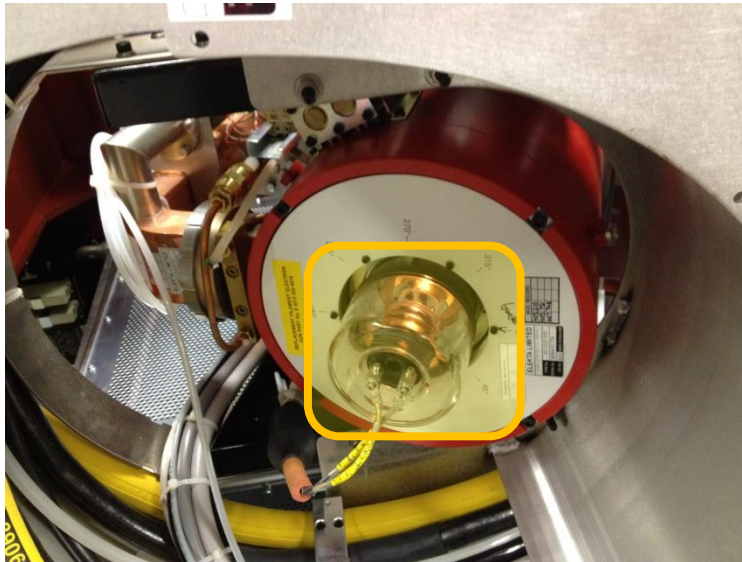
Linac Operation

- RF Generation
- RF Transport
- **Beam Generation**
- **Beam Transport**
- Beam Shaping



Beam Generation

- 電子銃から電子を発生させ、加速管へ移動する
 - 2極管が用いられ、比較的低い電圧で動作するため寿命が長い
- RFの周波数が正しいと、電子銃の電流はスタンバイ電流からビーム発生電流に増加する
 - 電子銃の電流の大きさをフィラメントの温度を制御し、加速に利用する電子の数を決定する

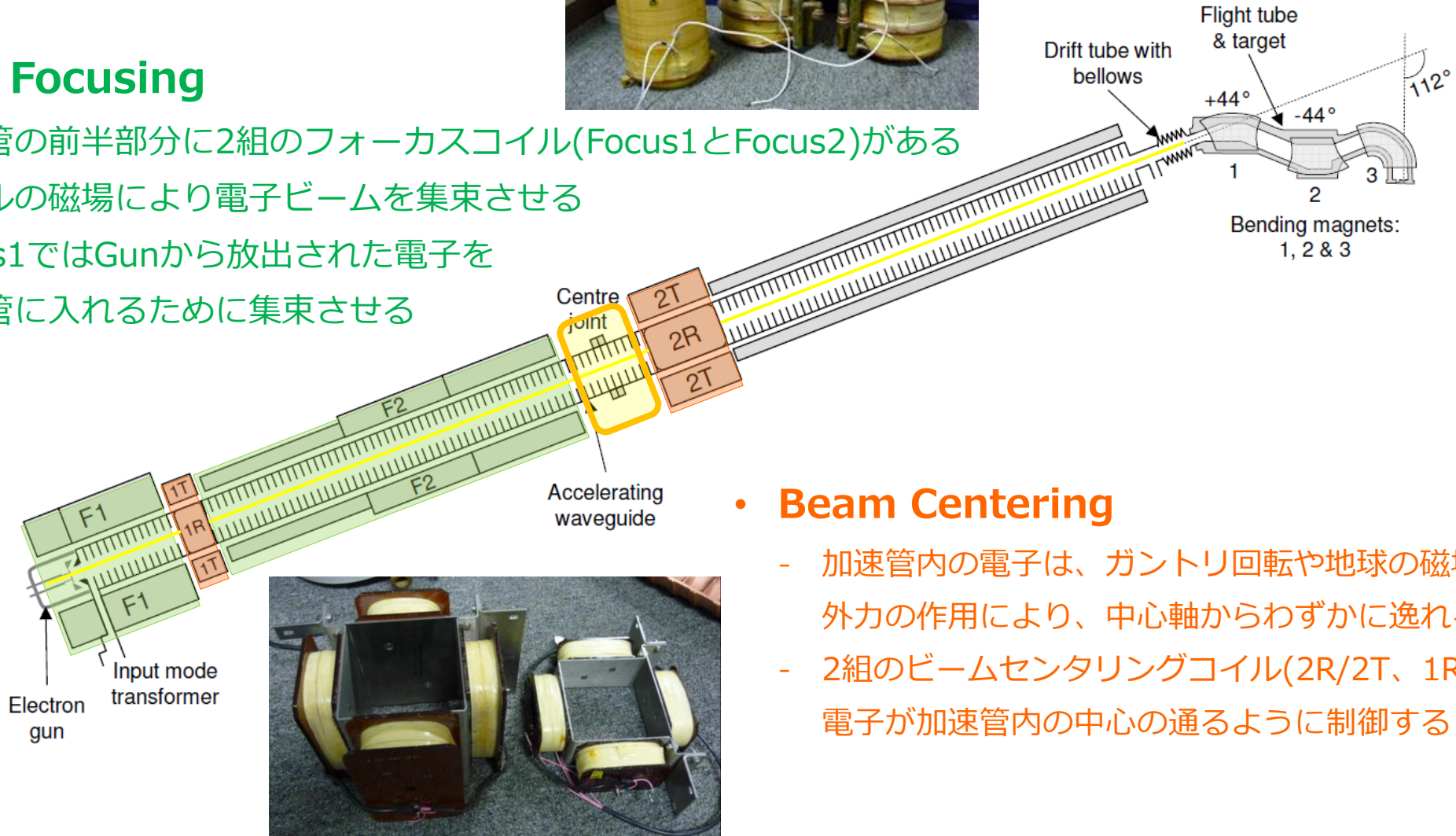


Beam Transport



• Beam Focusing

- 加速管の前半部分に2組のフォーカスコイル(Focus1とFocus2)がある
- コイルの磁場により電子ビームを集束させる
- Focus1ではGunから放出された電子を加速管に入れるために集束させる



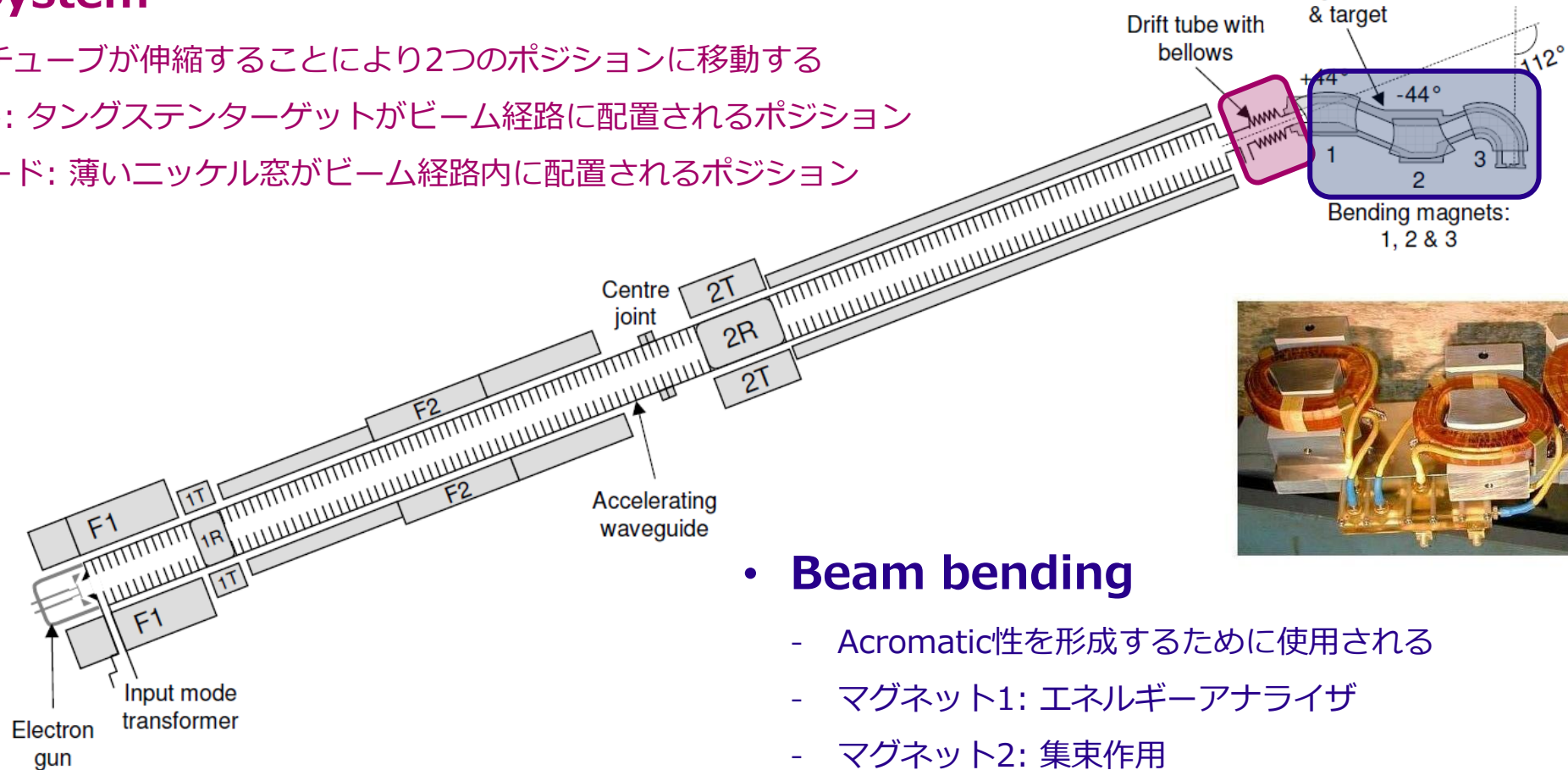
• Beam Centering

- 加速管内の電子は、ガントリ回転や地球の磁場、重力のような外力の作用により、中心軸からわずかに逸れる可能性がある
- 2組のビームセンタリングコイル(2R/2T、1R/1T)により、電子が加速管内の中心の通るように制御する

Beam Transport

• Target System

- ドリフトチューブが伸縮することにより2つのポジションに移動する
- X線モード: タングステンターゲットがビーム経路に配置されるポジション
- 電子線モード: 薄いニッケル窓がビーム経路内に配置されるポジション



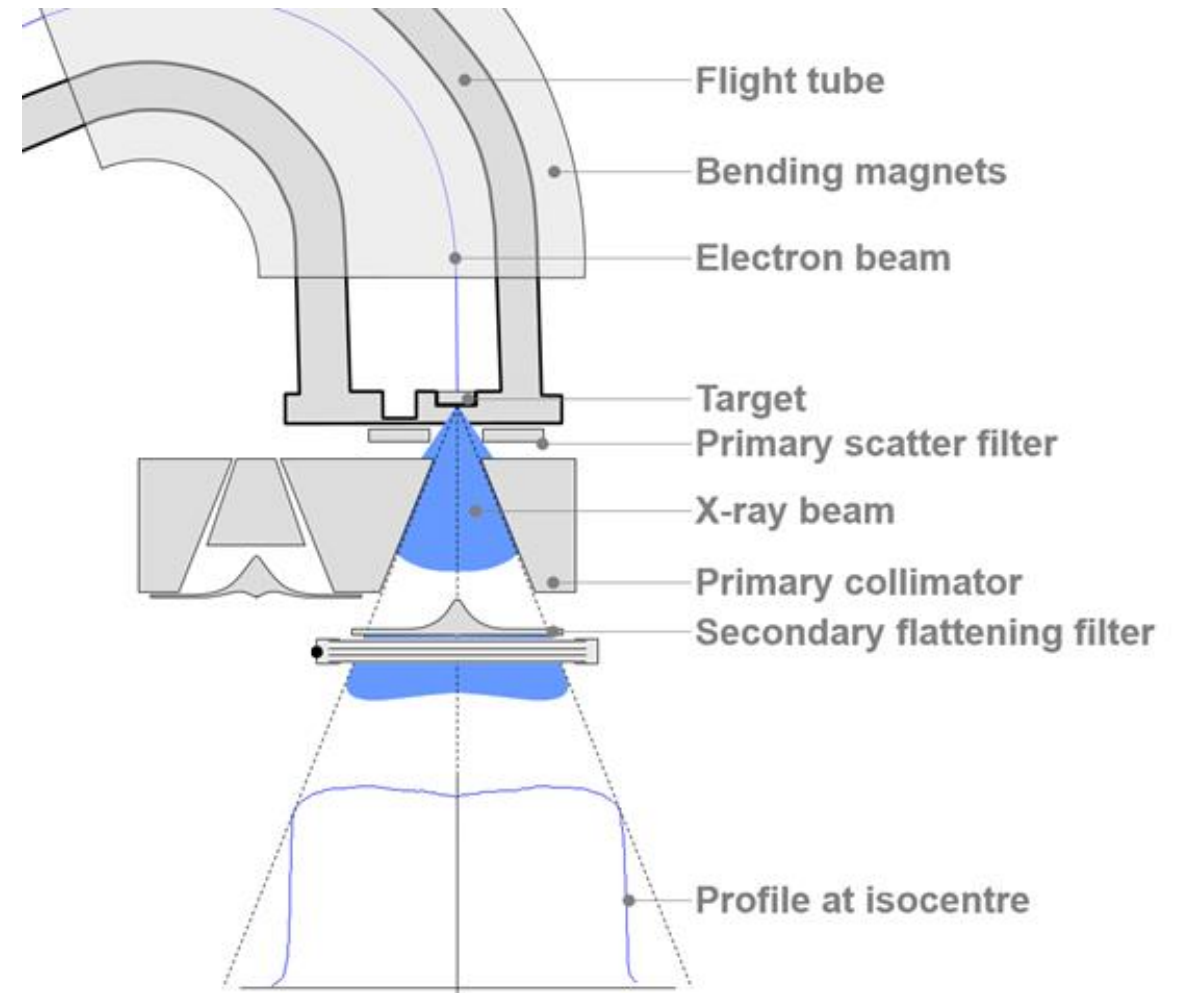
• Beam bending

- Acromatic性を形成するために使用される
- マグネット1: エネルギーアナライザ
- マグネット2: 集束作用
- マグネット3: 集束作用を完了させ、正しい位置でターゲットに当てる
- ターゲットで直径約2mmの小さな領域に集束される

Contents

Linac Operation

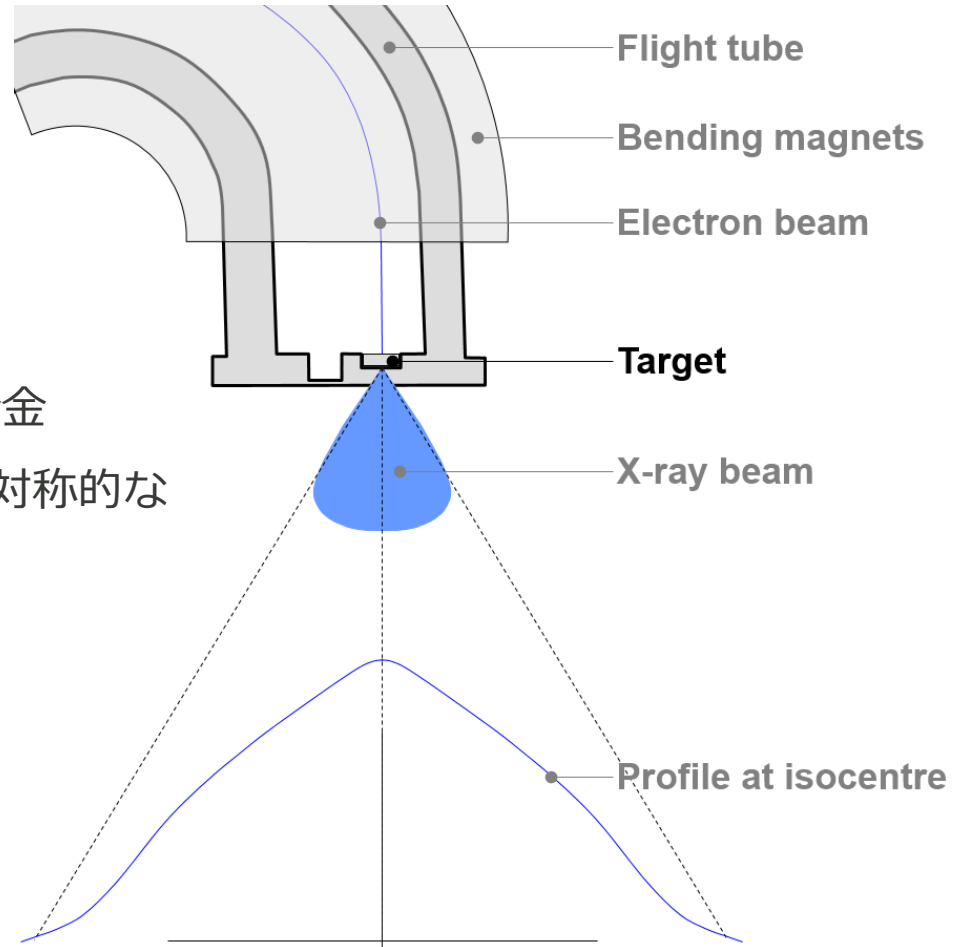
- RF Generation
- RF Transport
- Beam Generation
- Beam Transport
- **Beam Shaping**



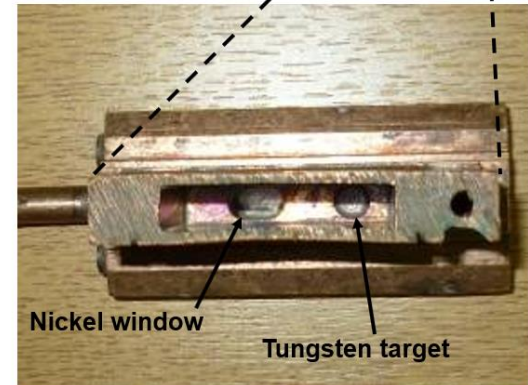
Beam Shaping

- X-ray Target

- 電子ビームは直径2 mmサイズに集束する
- ターゲット材質:
厚さ1 mmのタングステン/レニウム合金
- 直角にターゲットに衝突する電子は、対称的なX線ビームを生成する



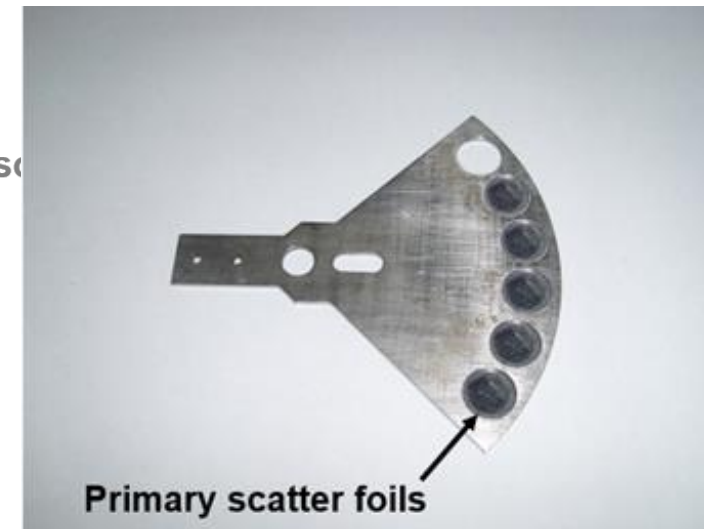
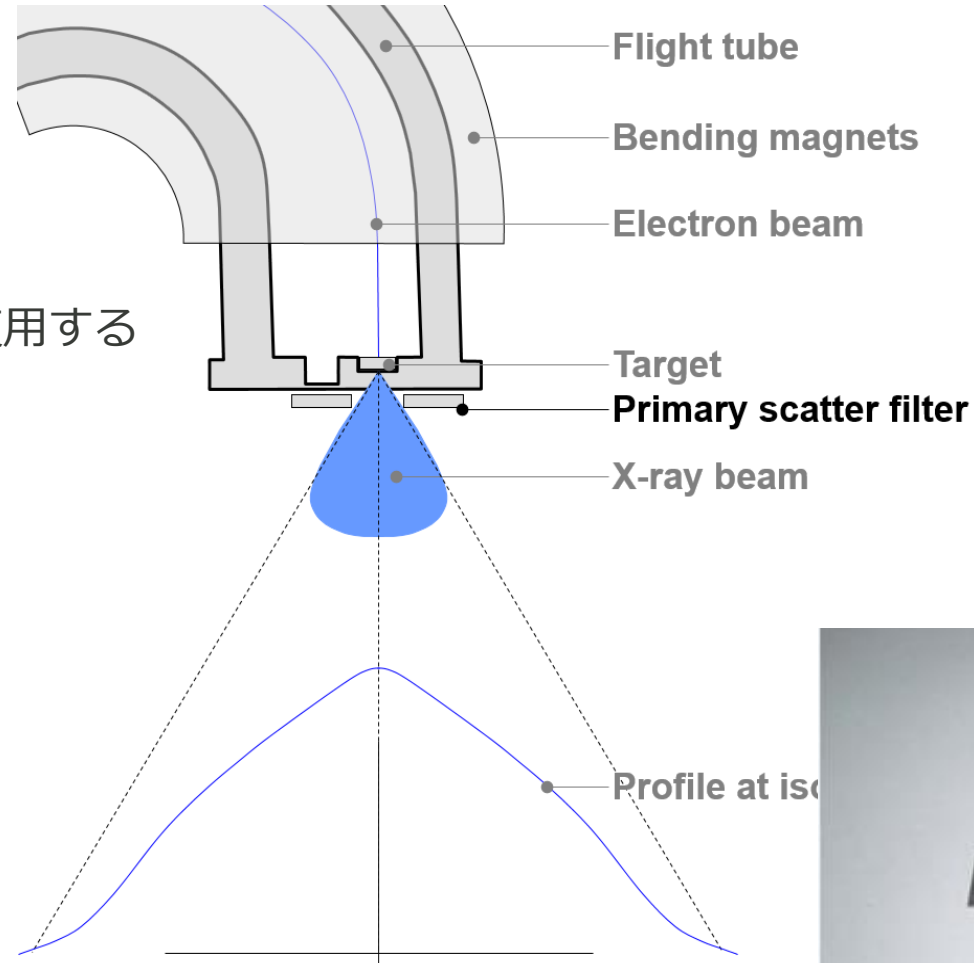
Flight tube



Beam Shaping

- Primary Scatter Filter

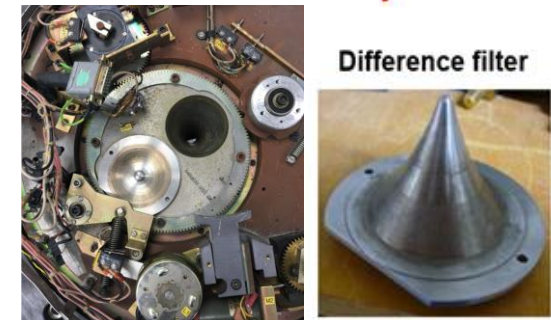
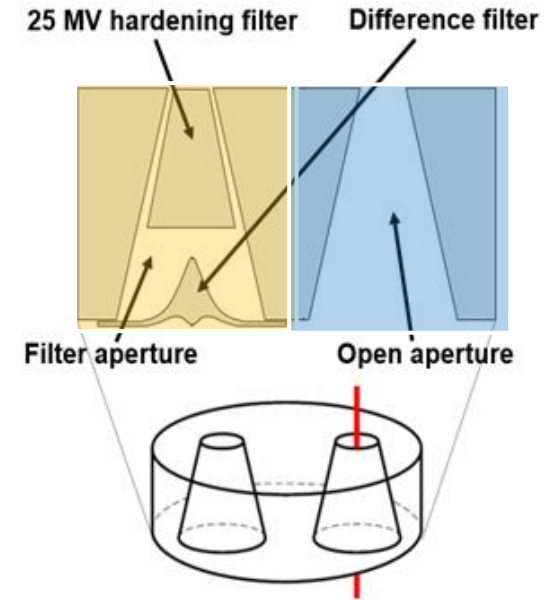
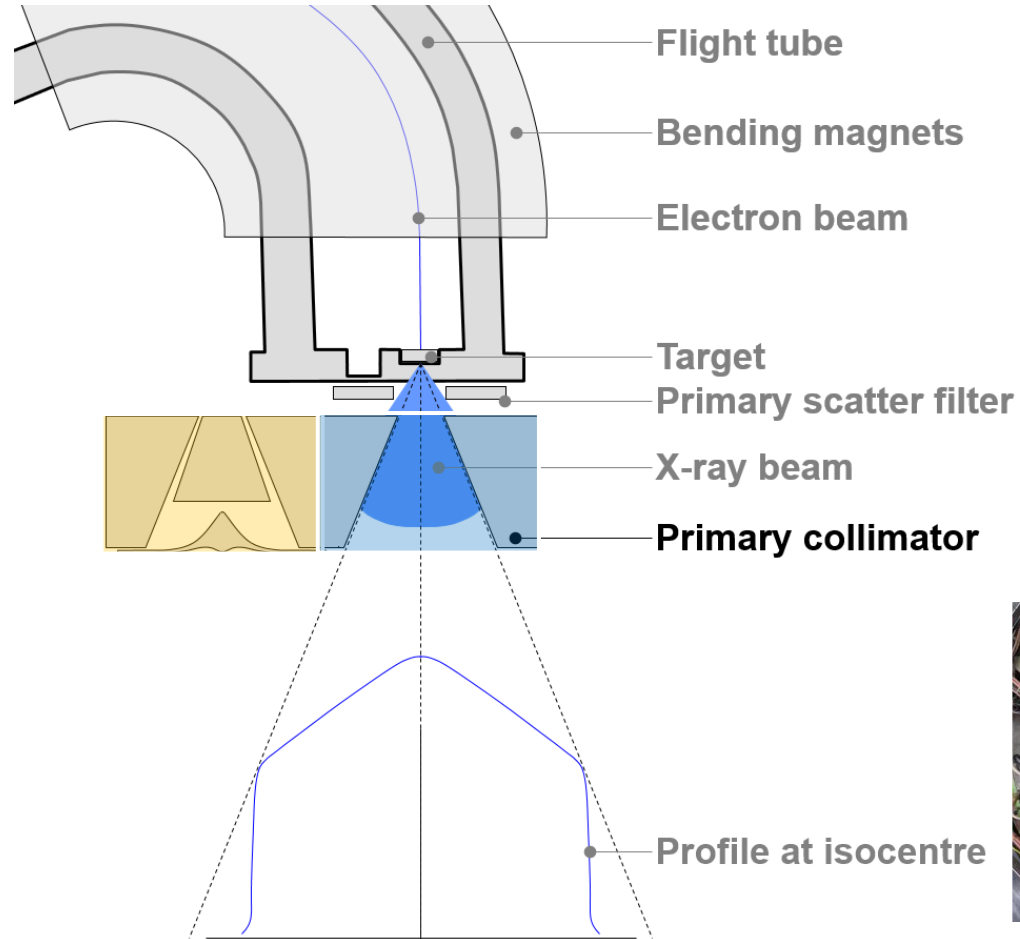
- 6つのポジション
- X線: 空洞のポートを使用する
- 電子線: 厚さの異なる5つのポートを使用する



Beam Shaping

- Primary Collimator

- オープンポジション:
 - ✓X-Low (主に4MV) ビーム用
 - ✓X-Mid (主に6MV) ビーム用
- フィルターポジション:
 - ✓X-High (主に10MV) ビーム用
 - 差分フィルタあり
- アイソセンターで直径50 cmの円に
コリメートされる

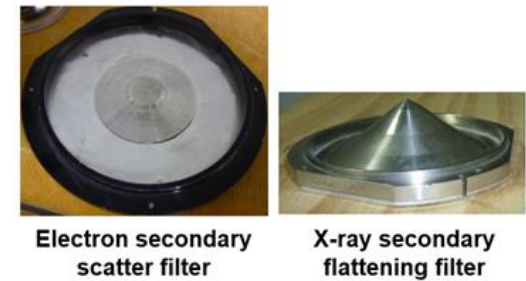
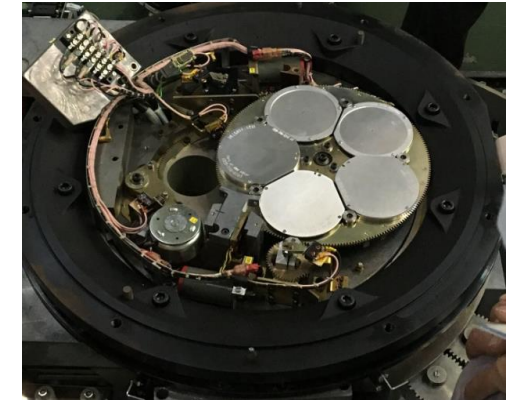
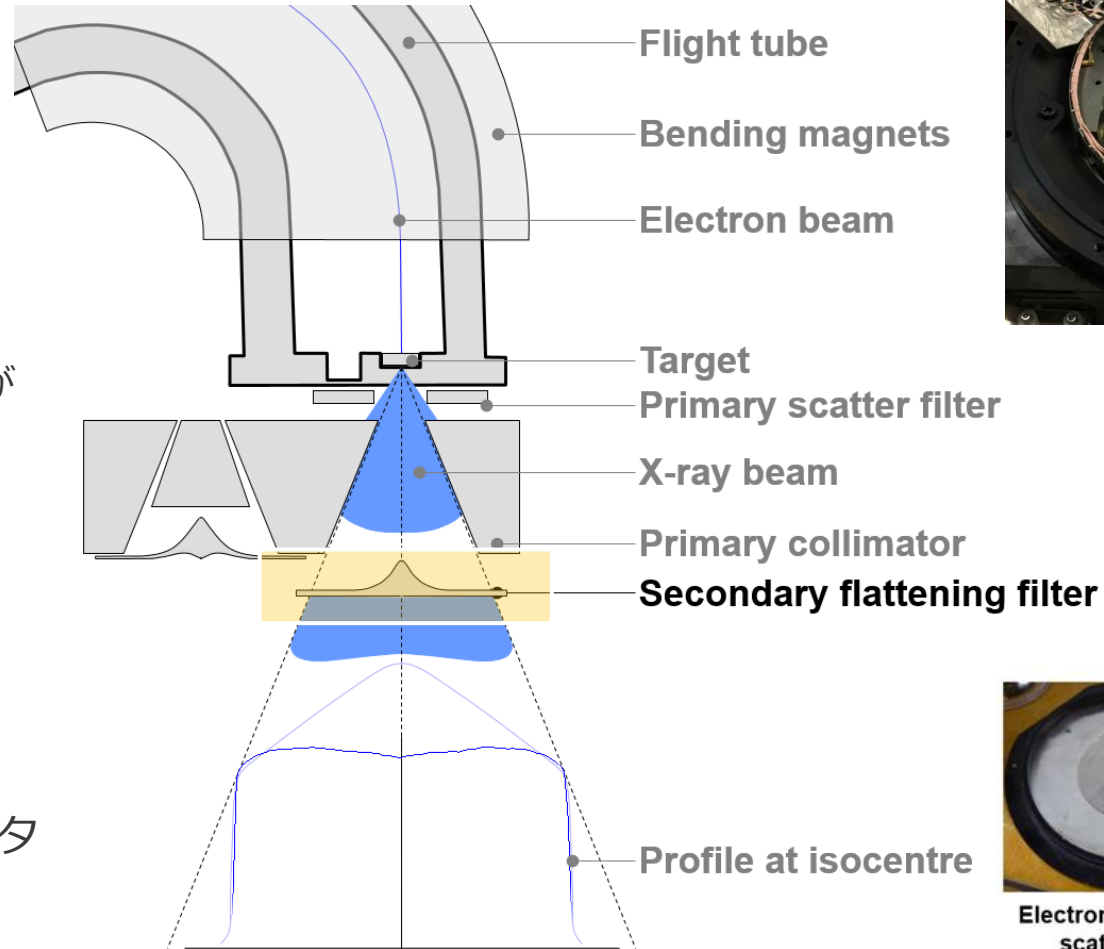


Beam Shaping

- Secondary Filter

- 5つのポジション
- ポジション1、3、4:
 - ✓電子のスカッタリングフォイル用
 - *FFFがある場合、1とステンレスフィルタが入れ替えられる
- ポジション2: X-Low フィルタ
- ポジション5: X-Midフィルタ

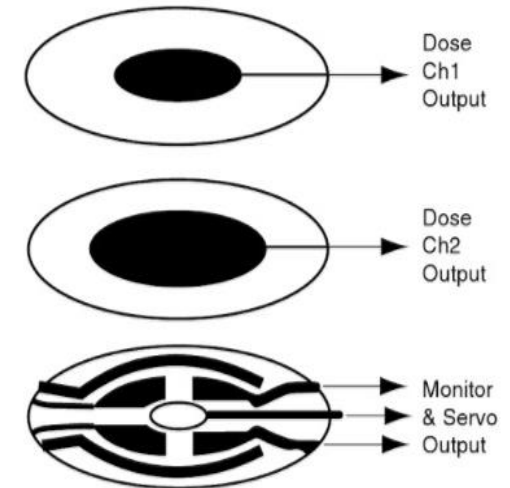
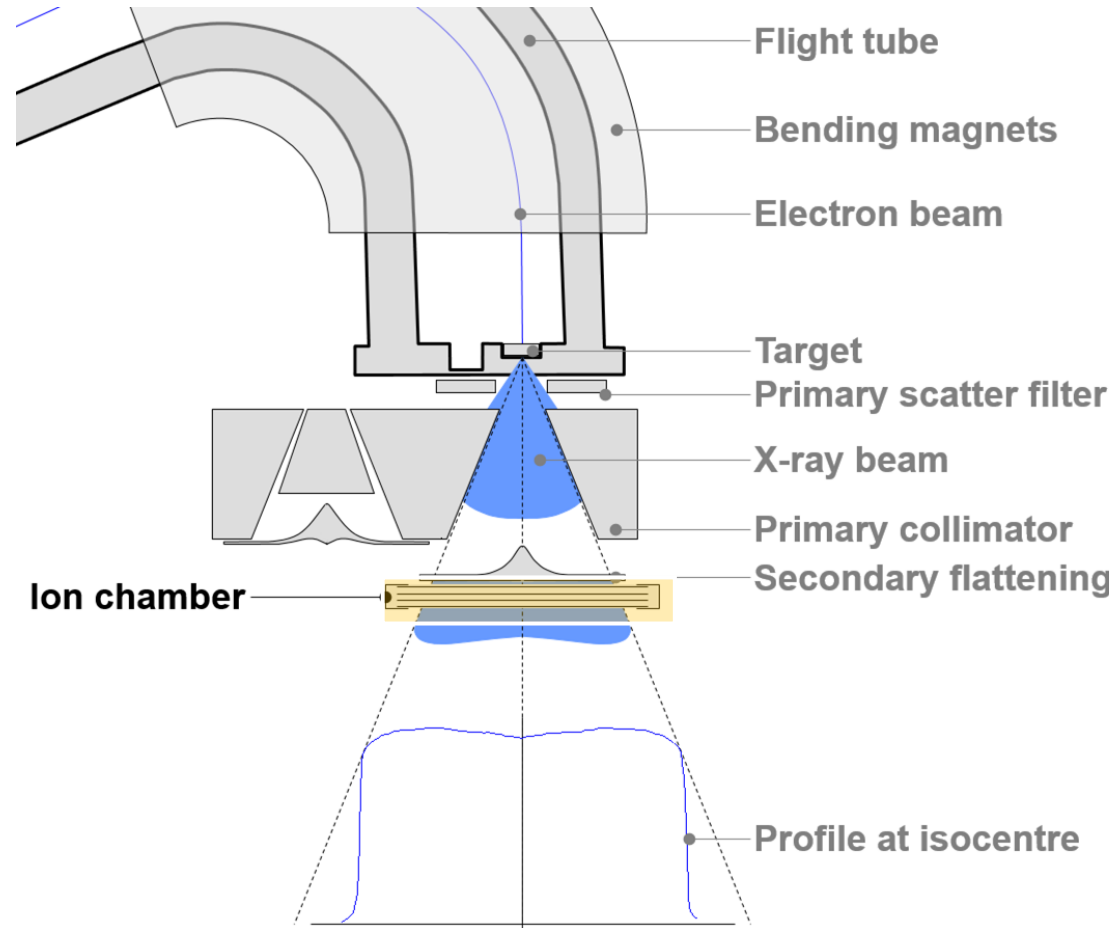
※X-Highは、X-Midフィルタ+差分フィルタの組み合わせが使用される



Beam Shaping

- Ion Chamber

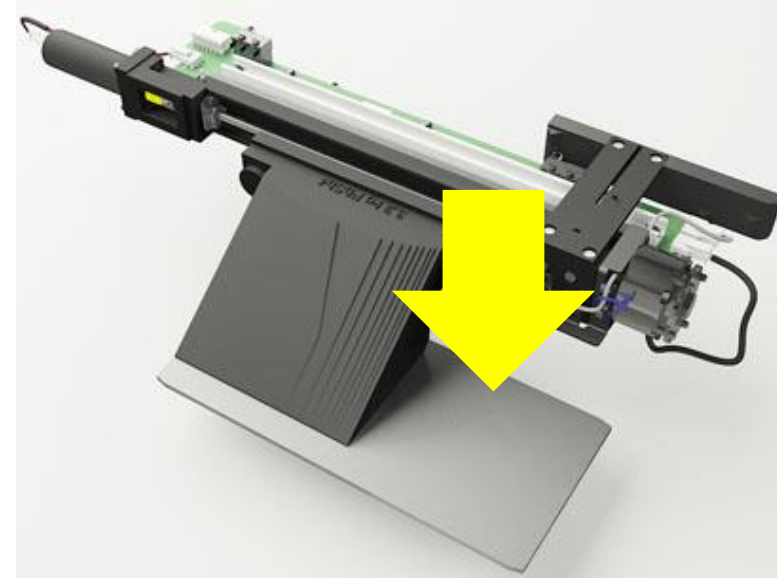
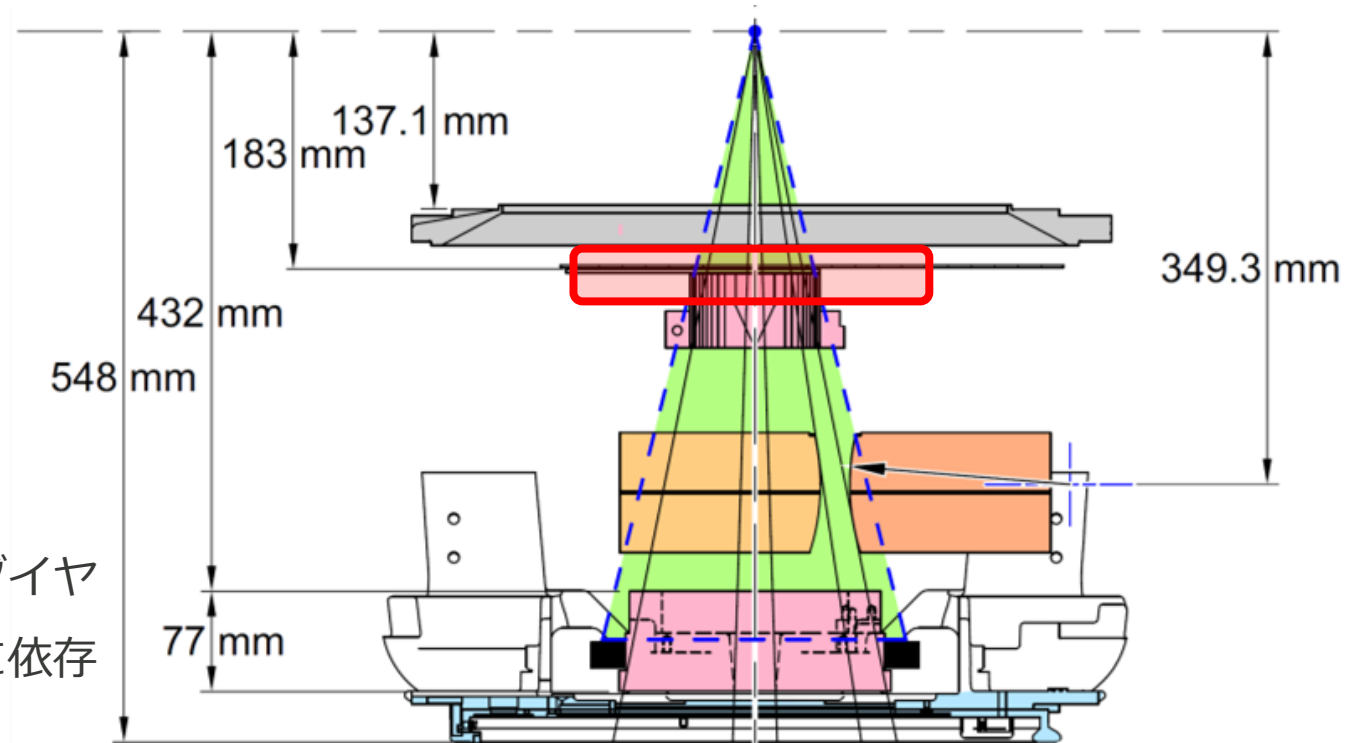
- サーボチェンバー
 - ✓ Flatness、 Symmetry
- 出力線量測定用のチェンバー
 - ✓ A: プライマリー
 - ✓ B: バックアップ



Beam Shaping

- Back scatter plate

- 厚さ3mmのアルミニウム板
- X線的时候には使用されるが、電子線では使用されない
- モニターイオンチャンバーに戻るウェッジ、ダイヤモンドフラム、リーフからの散乱線が照射野サイズに依存せず一定になる
- コリメータ反転効果によるOutput factorの変動を抑制し、TPSの計算結果を実測により近づける



Beam Shaping

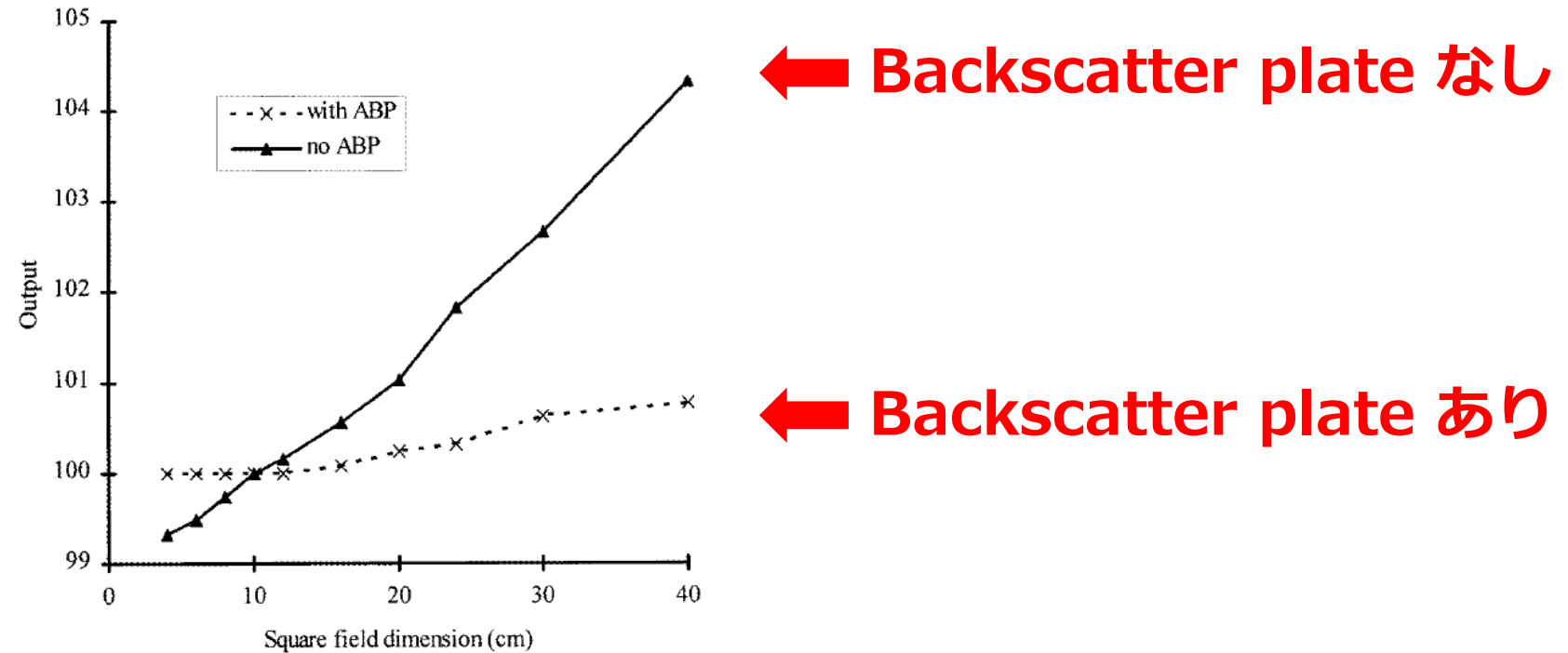


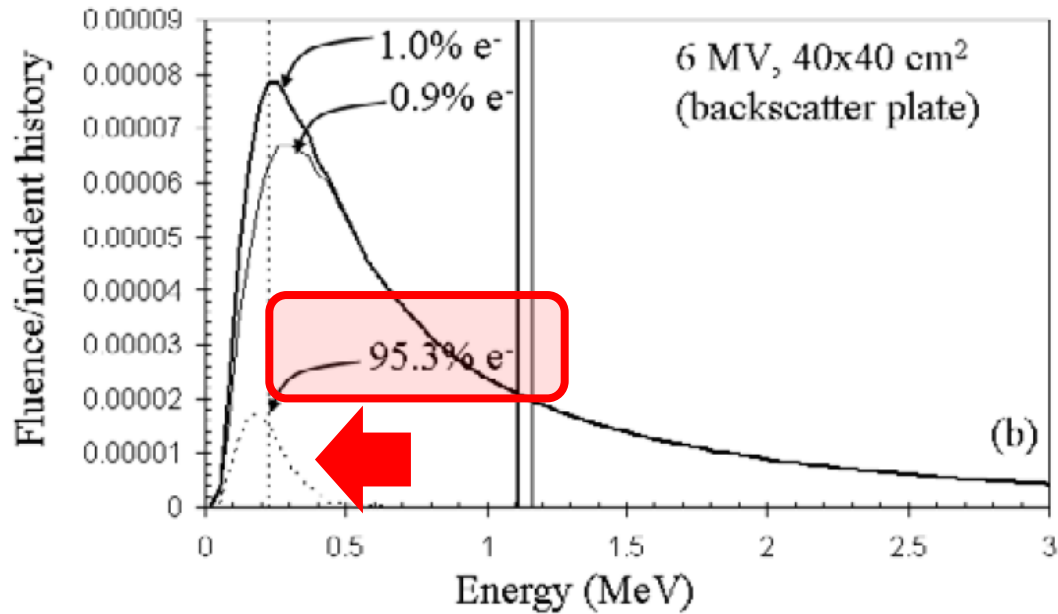
Figure 4. Variation in output due to backscattered radiation with changes in field size.

- Backscatter plateがある場合、Outputの照射野依存性が小さい*

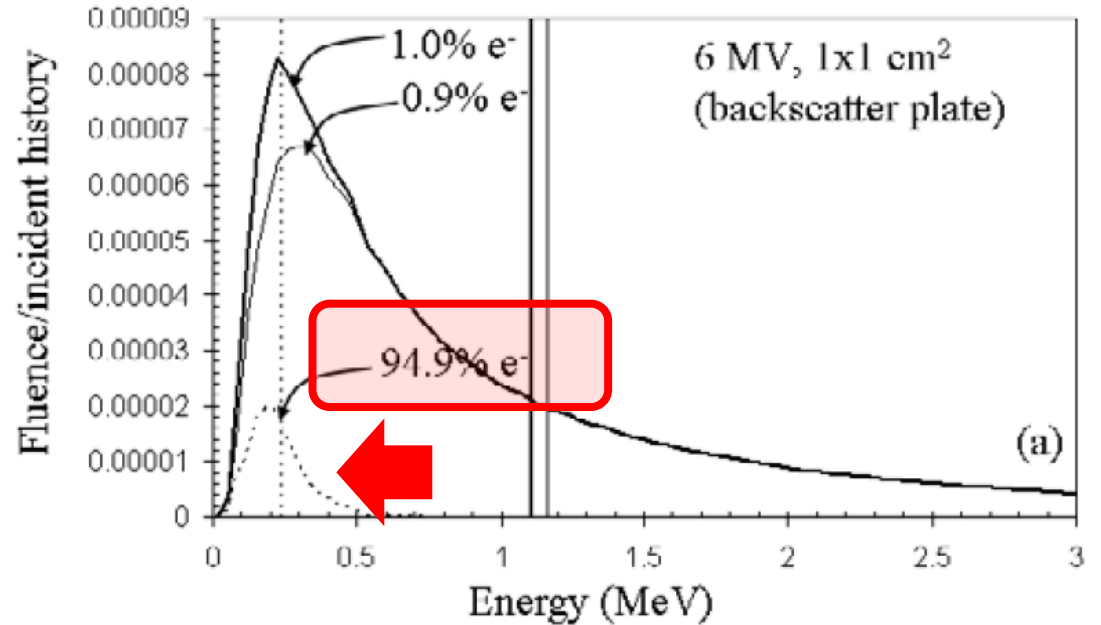
*Hounsell, A R. *Physics in medicine and biology* vol. 43,2 (1998): 445-54.

Beam Shaping

照射野 $40 \times 40 \text{ cm}^2$ における
後方散乱成分のエネルギースペクトル



照射野 $1 \times 1 \text{ cm}^2$ における
後方散乱成分のエネルギースペクトル



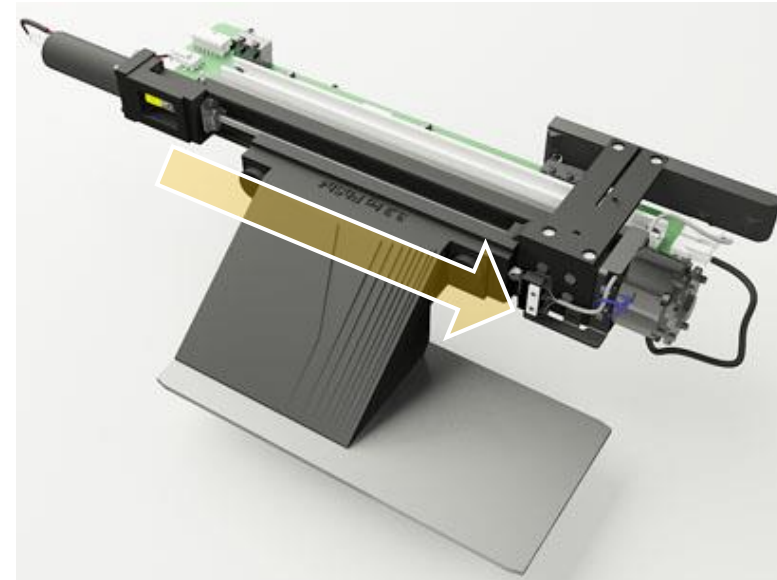
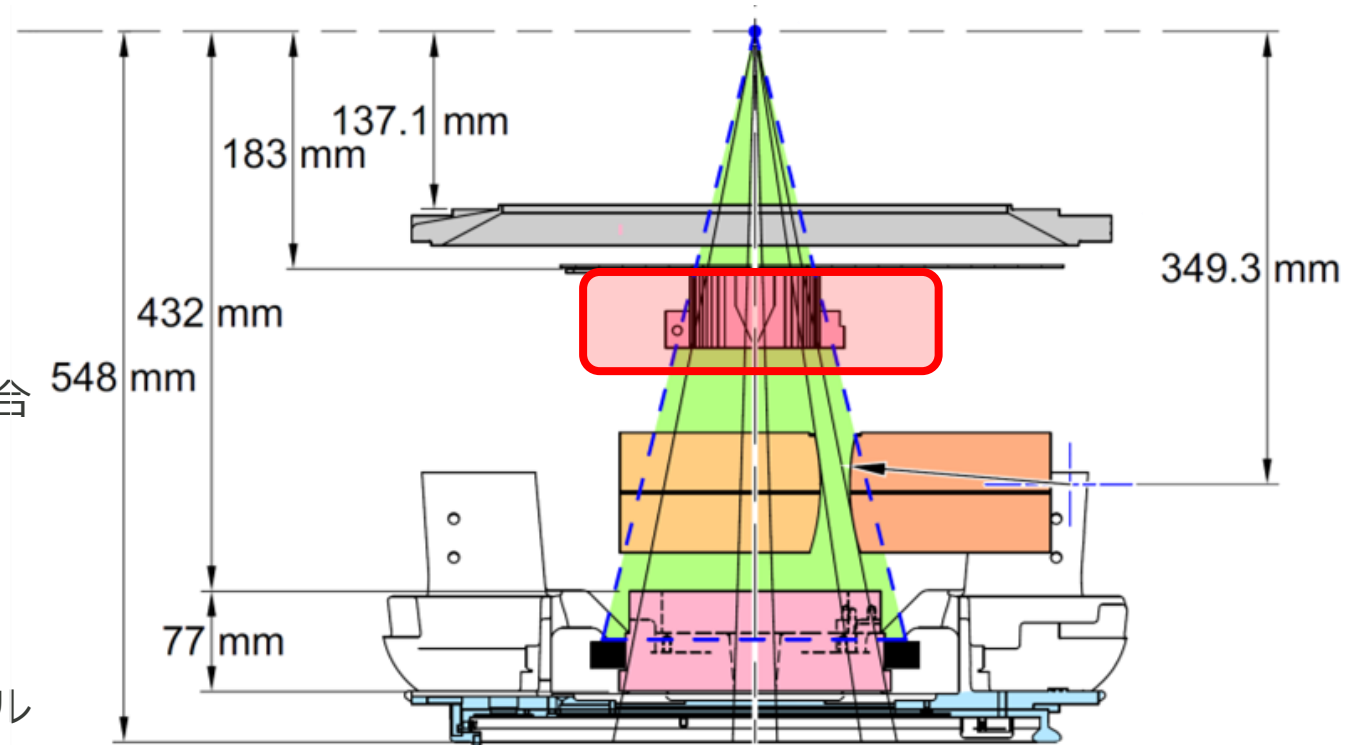
- Back scatter plateがある場合、照射野サイズによらず後方散乱成分のエネルギースペクトルが一定であることをモンテカルロ計算で示している*

*Kairn, T et al. *Australasian physical & engineering sciences in medicine* vol. 32,3 (2009): 129-35.

Beam Shaping

- Wedge Assembly

- 60度の内挿ウェッジ (鉛/アンチモン合金)
- ウェッジフィールドとオープンフィールドの組み合わせから、1°から60°のウェッジ角度を合成する
- ウェッジの最大フィールドサイズ:
30 cm x 40 cm
- ウェッジは電動式で、非ウェッジ方向からフィールドに移動する
- ウェッジが適切な位置にあるかどうかはマイクロスイッチで判断する



Beam Shaping

- Wedge & Back scatter plateのポジション

Wedge in & Back scatter plate in



< Wedge X線 >

Wedge out & Back scatter plate in



< Open X線 >

Wedge out & Back scatter plate out

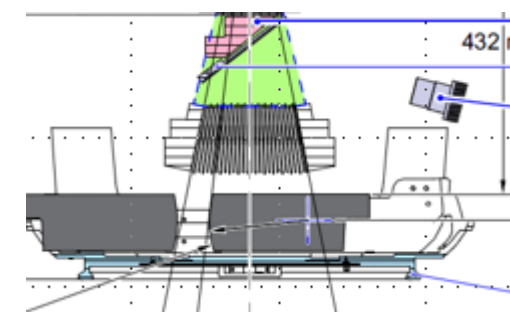
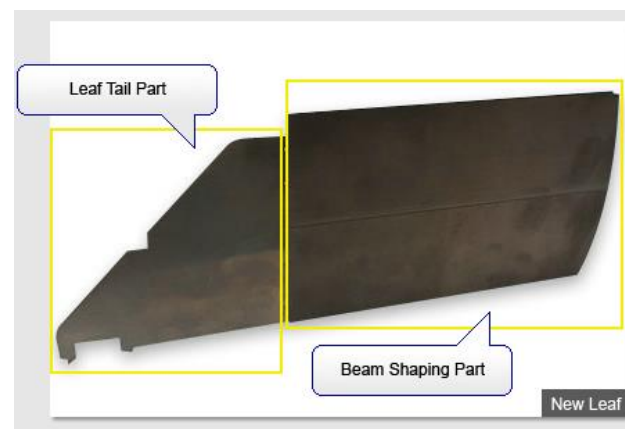
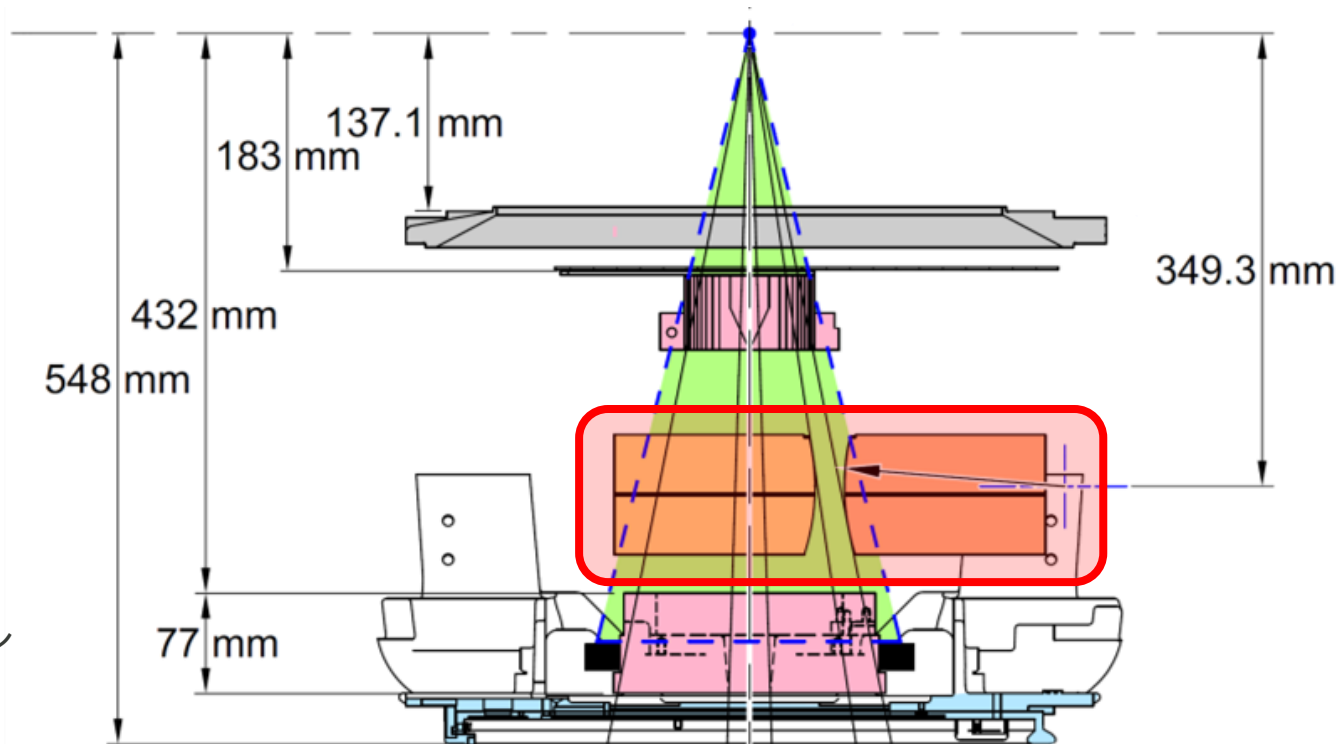


< 電子線 >

Beam Shaping

- Agility Leafbank

- 80対 (160枚) のタングステンリーフ
- アイソセンター面でのリーフ幅: 5 mm
- リーフとDynamic Leaf Guide (DLG)が Upper jaw の役割を果たす
- アイソセンターから最大15 cmオーバートラベル可能
- アイソセンター面でのリーフ位置精度: ± 1 mm
- リーフ単体での最大速度: 3.5 cm/sec
- リーフ + DLGの最大速度: 6.5 cm/sec



Beam Shaping

- Agility Leafbank

- わずかなTongue and groove構造がある
- MLCの焦点位置が線源位置とわずかにオフセットされている
- Interleaf gap : 90 μm

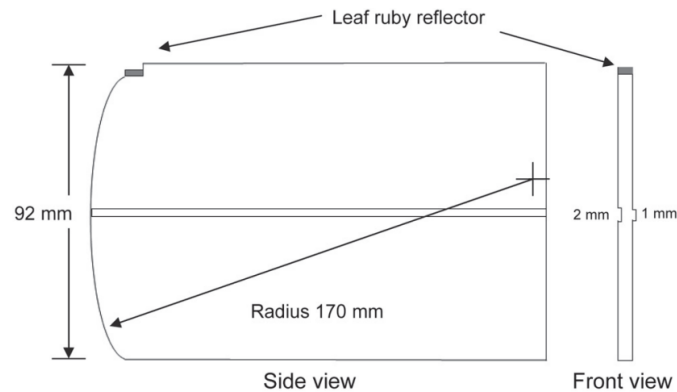
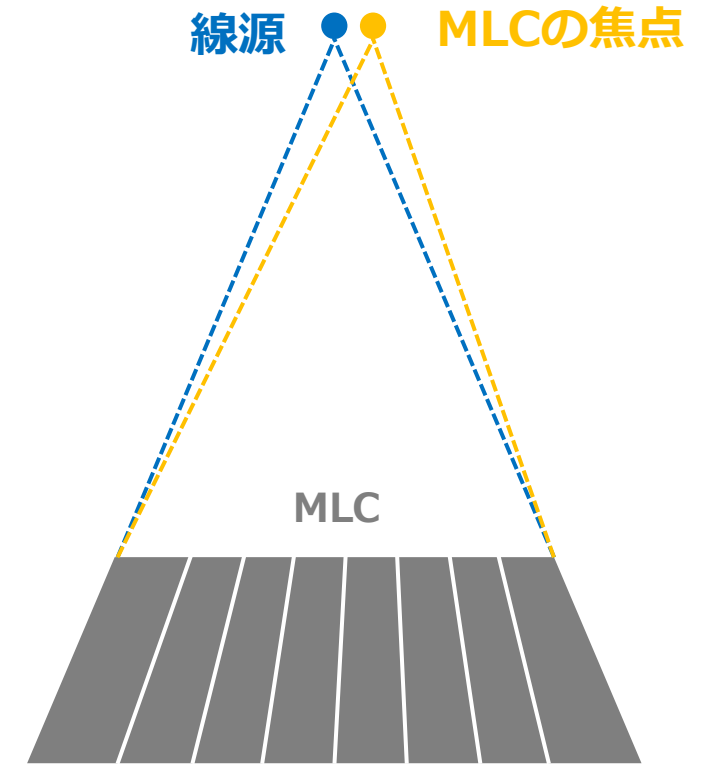


Fig. 1 Side and front views of an integrated 160-leaf multi-leaf collimator (MLC) (agility™, Elekta).

以下より引用:

Nakaguchi, Yuji et al. *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai zasshi* vol. 69,7 (2013): 778-83. doi:10.6009/jjrt.2013_jsrt_69.7.778



Diaphragm

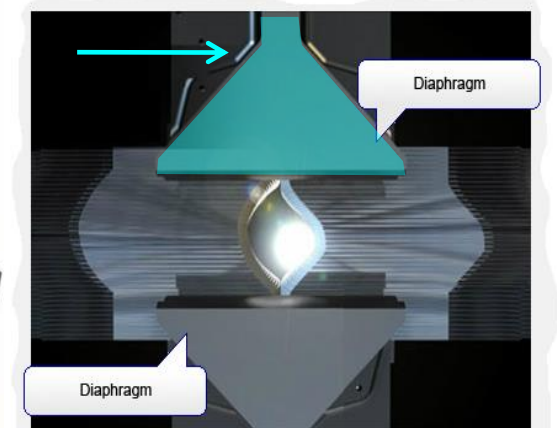
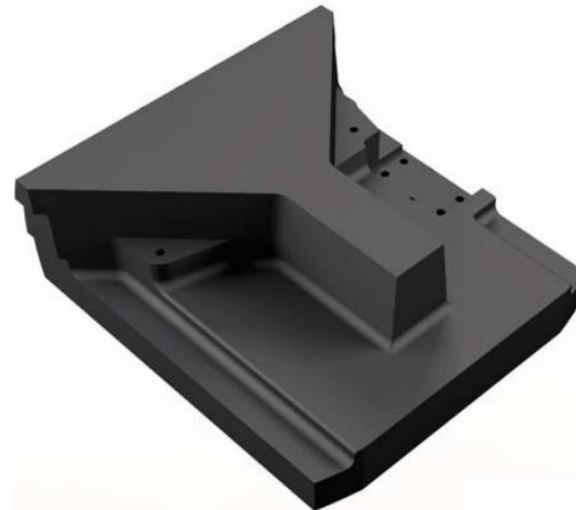
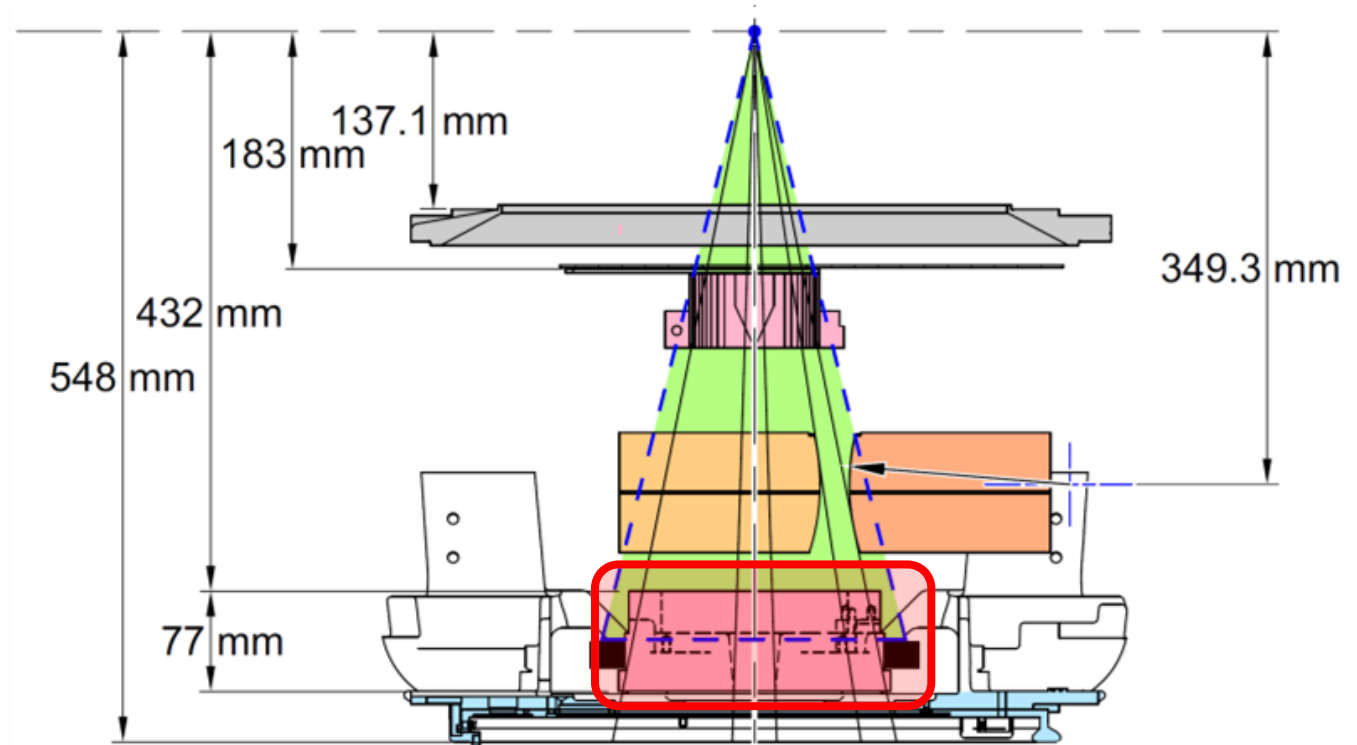
Diaphragm

↓患者側

Beam Shaping

- Diaphragms

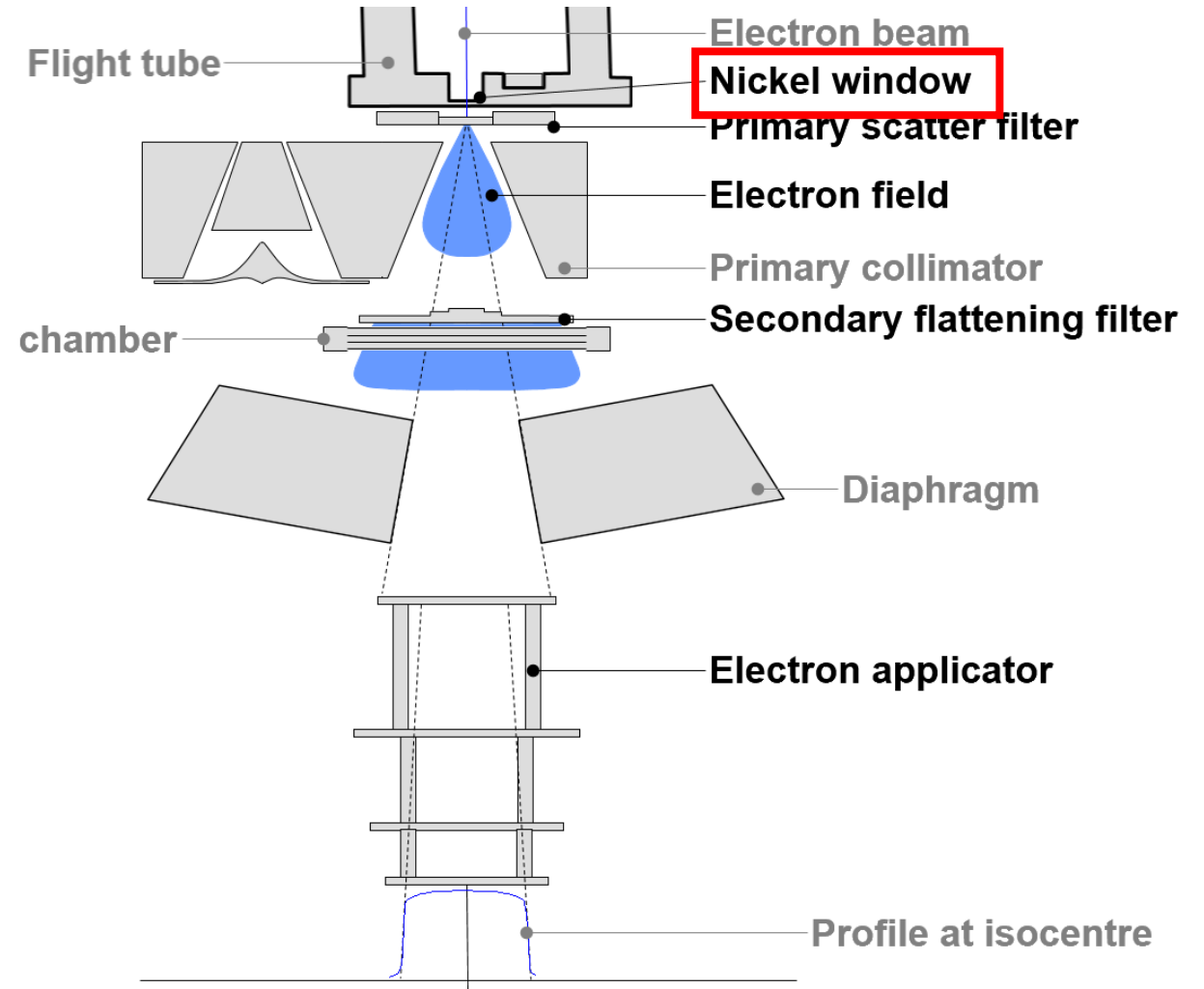
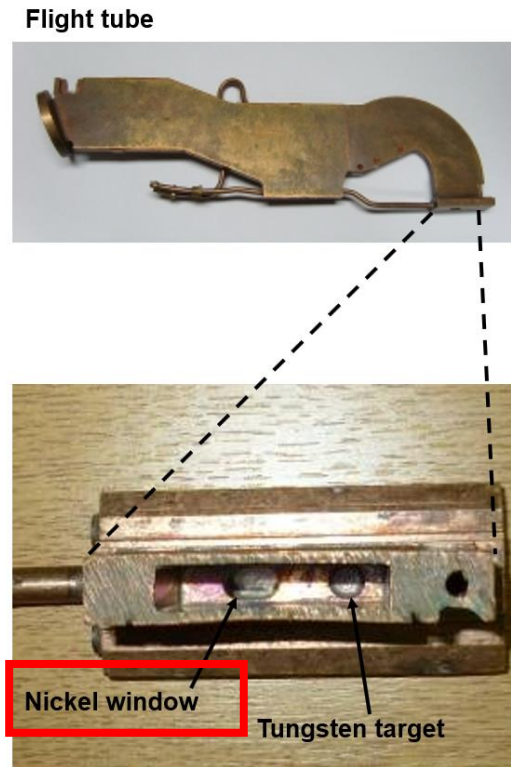
- 移動可能なタングステンブロック
- フィールドの中心から
最大12 cmオーバーtravelで可能
- 最大速度: 90 mm/sec



Beam Shaping

- Electron

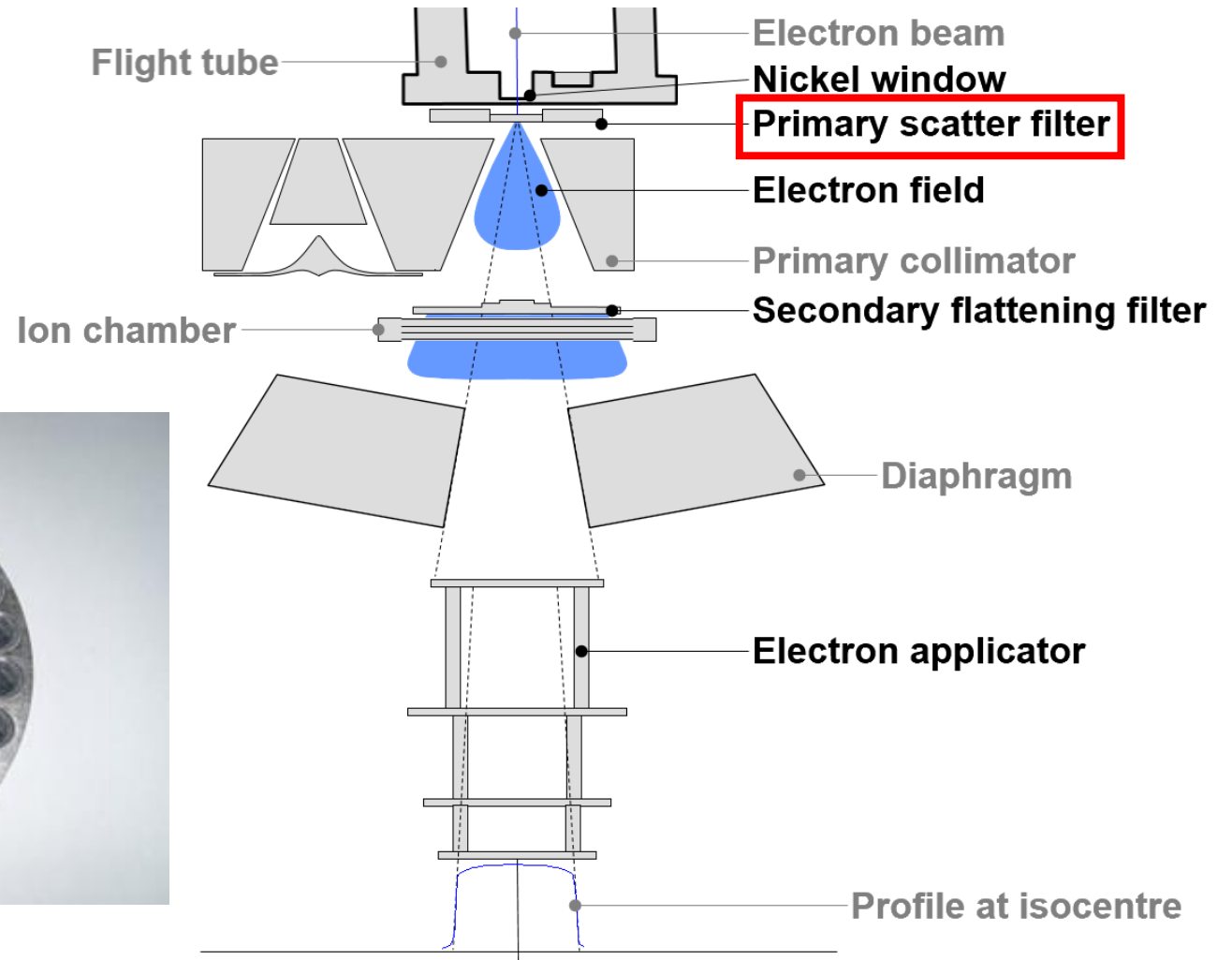
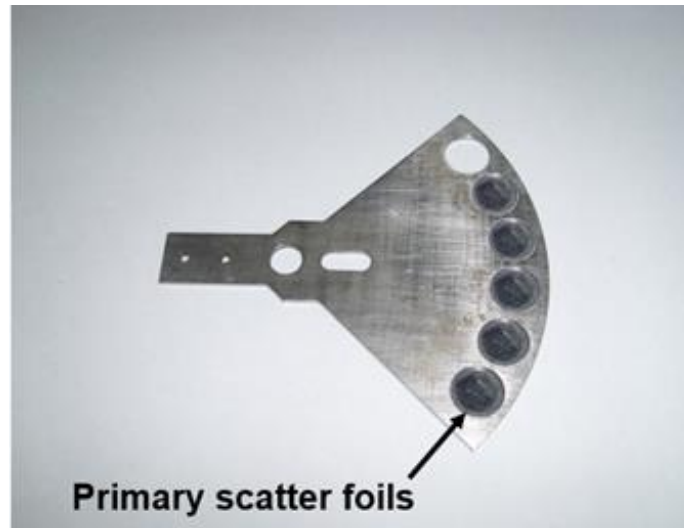
- ニッケル窓を加速された電子が通過する



Beam Shaping

- Electron

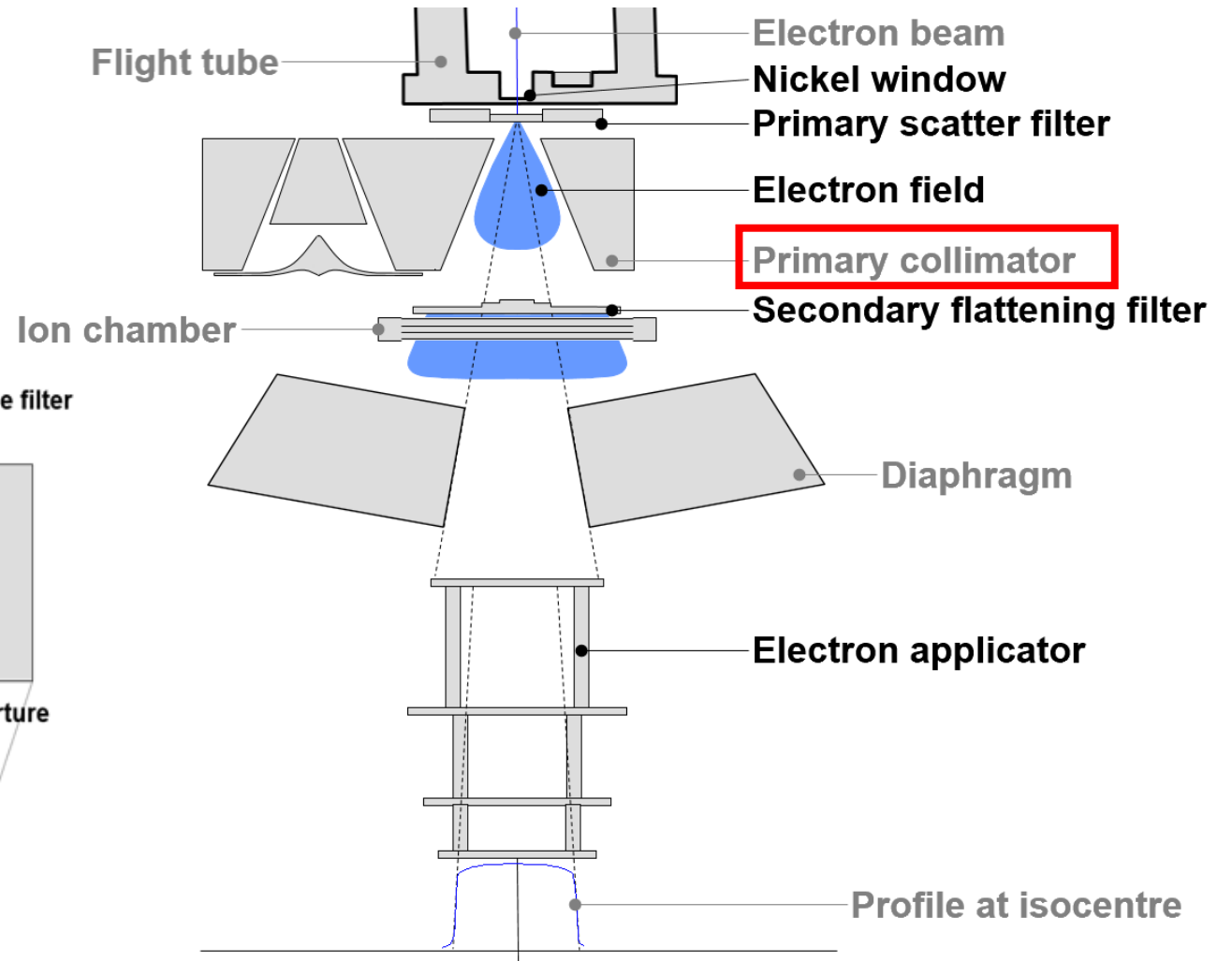
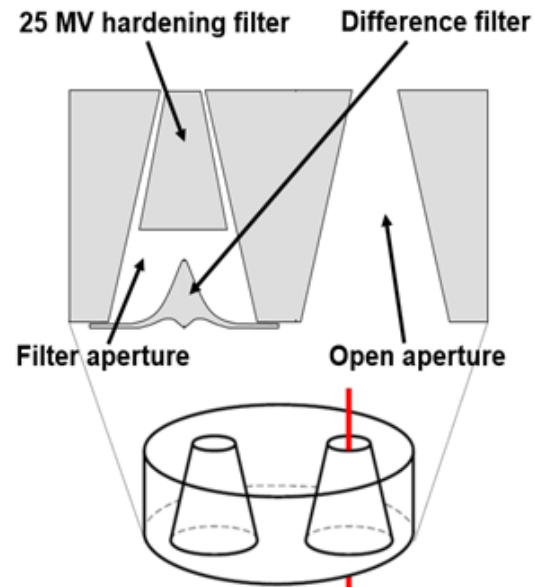
- 使用中の電子エネルギーに対応した厚さのプライマリフィルタが配置される



Beam Shaping

- Electron

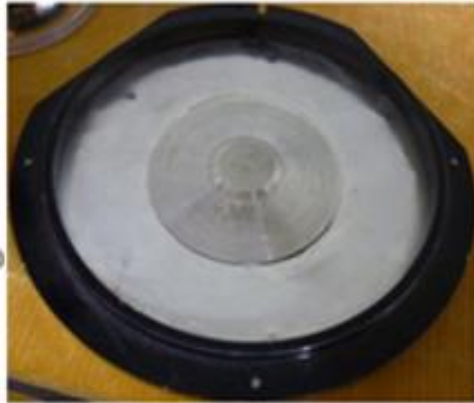
- プライマリコリメータはオープンポジションが使用される



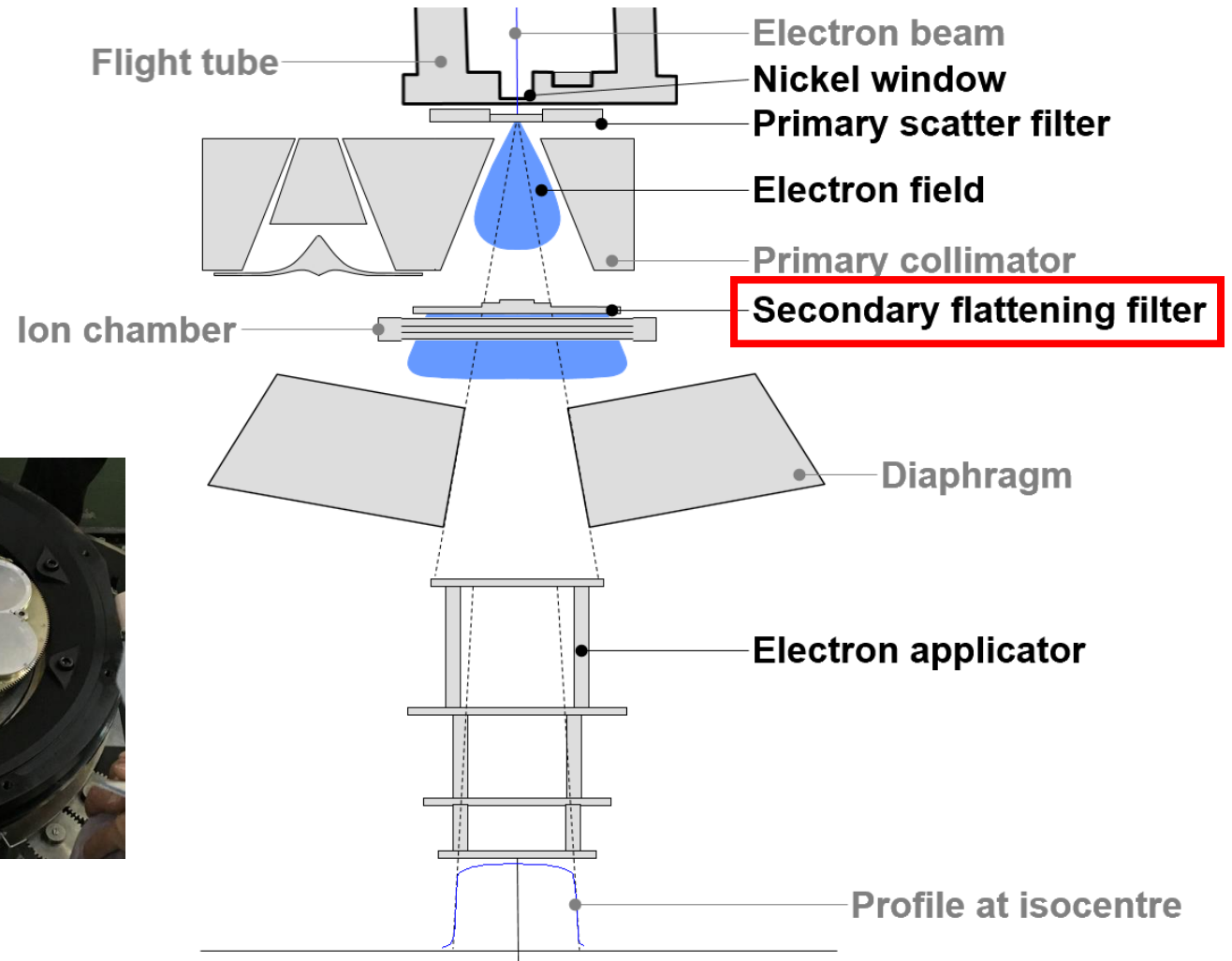
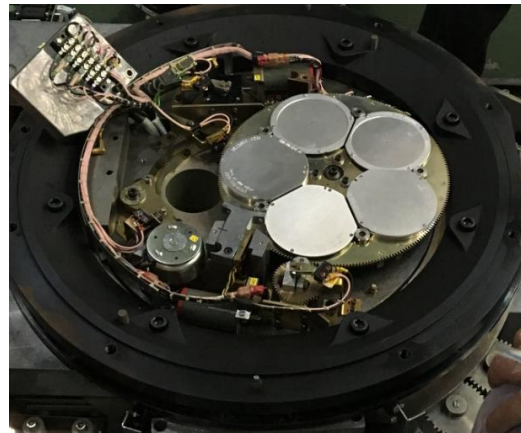
Beam Shaping

- Electron

- セカンダリフィルタは、使用するエネルギーに適したスキャタリングフォイルのポジションが使用される



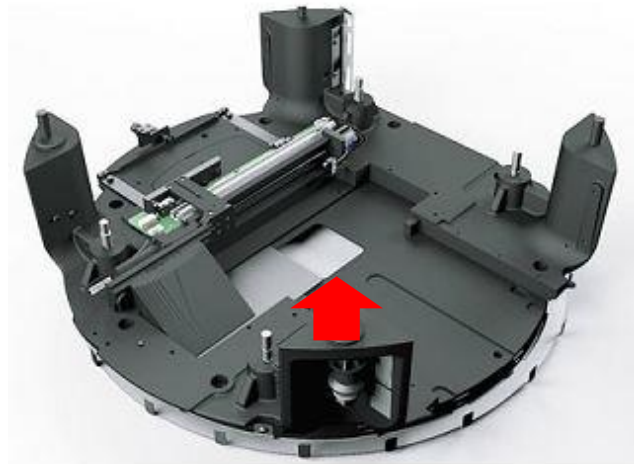
Electron secondary scatter filter



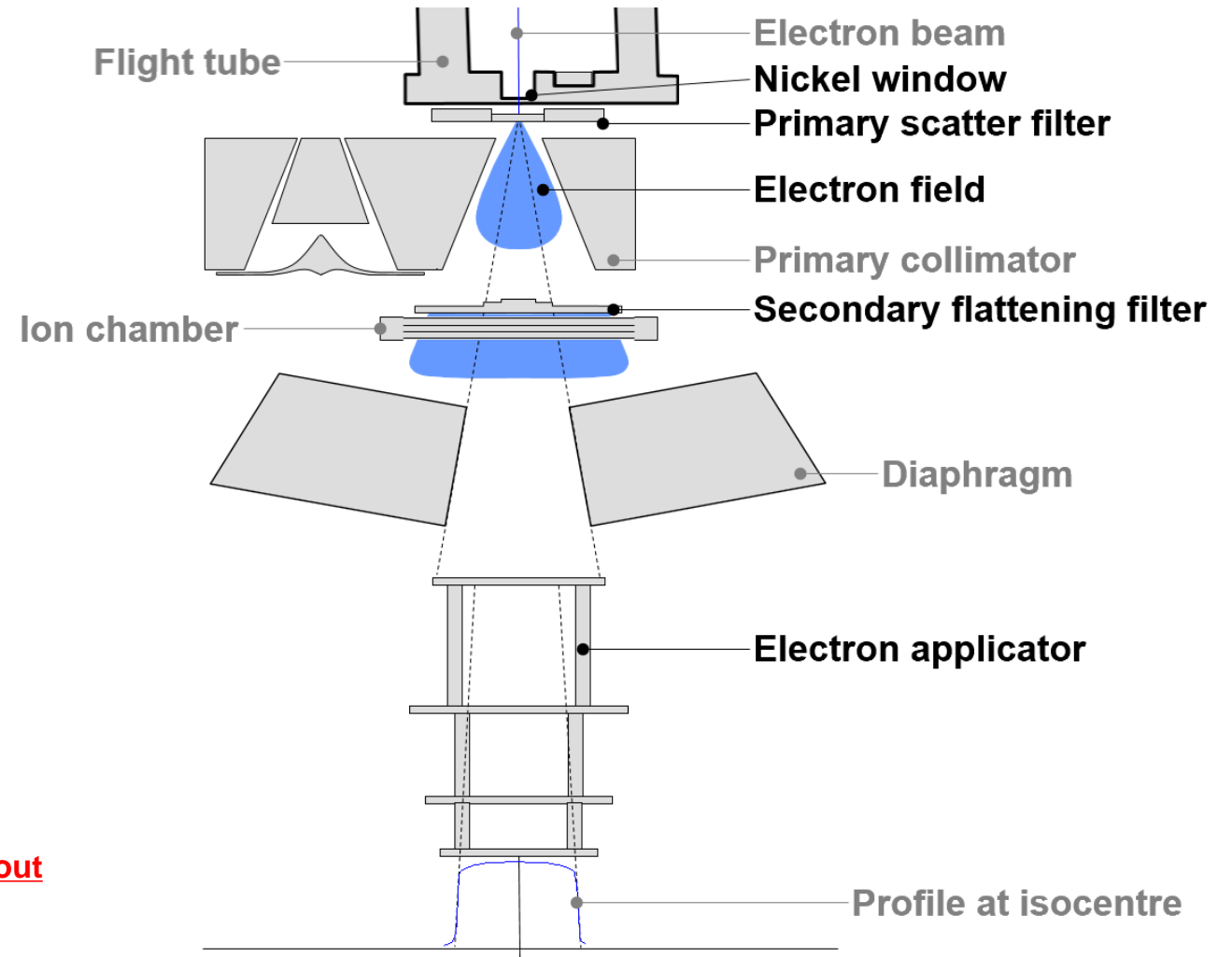
Beam Shaping

- Electron

- フィールドにウェッジとBack scatter plateが存在しない



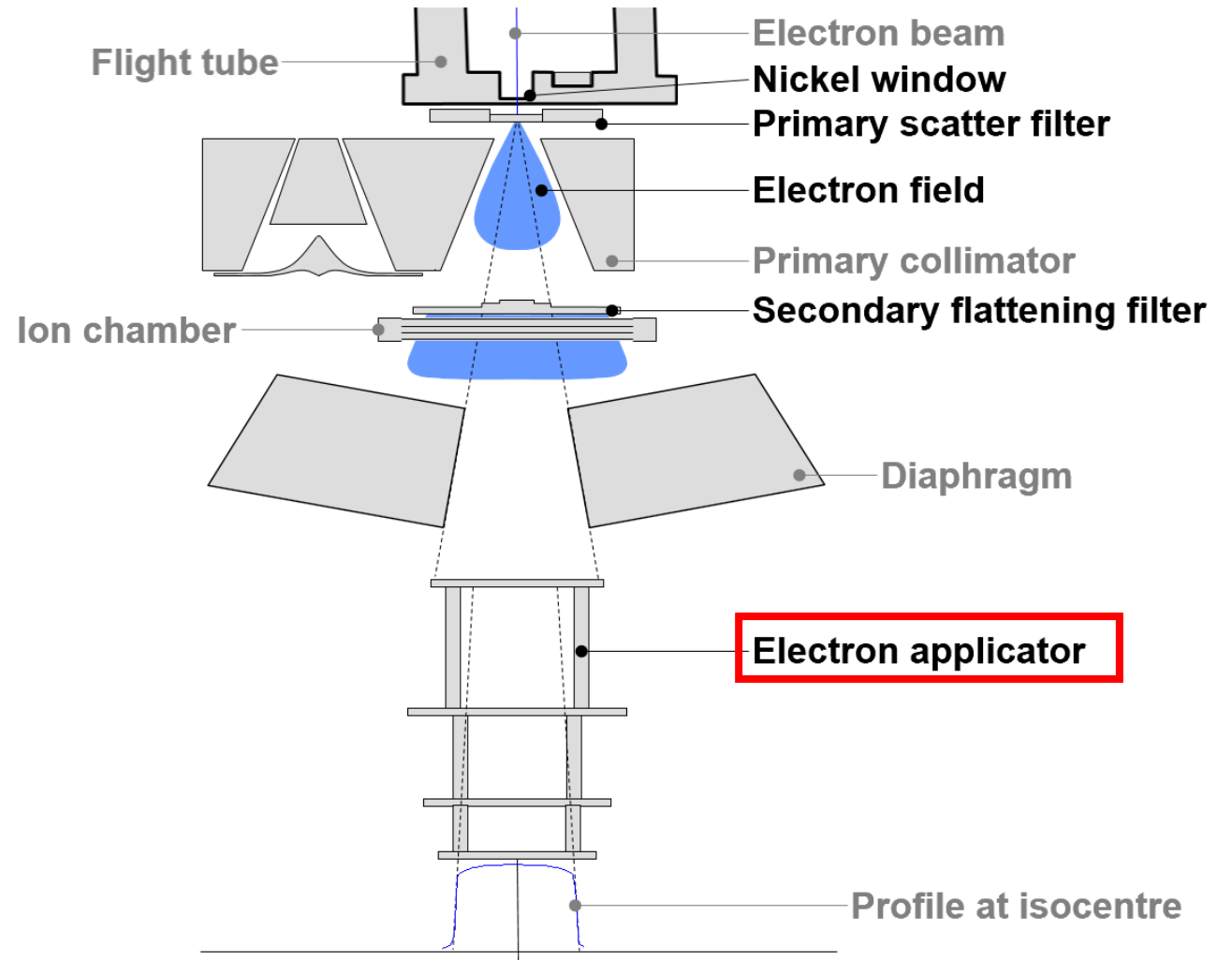
Wedge out & Back scatter plate out



Beam Shaping

- Electron

- 取り付けられたアプリケーションサイズとエネルギーを読み取り、自動的にリーフとダイアフラムのフィールドサイズが形成される



Hope for everyone
dealing with cancer.