

Linearbeschleuniger

Das Beschleunigerrohr ist Teil eines Linearbeschleunigersystems, das in der Strahlentherapie zur Behandlung von gut- und bösartigen Erkrankungen eingesetzt wird. Mit Hilfe von Beschleunigern wird therapeutische Elektronenstrahlung von 2 bis 25 MeV und Photonenstrahlung von 4 bis 25 MV erzeugt. Die Beschleunigereinheit setzt sich zusammen aus dem feststehenden Stativ und dem beweglichen Beschleunigerarm („Gantry“). Der Aufbau eines medizinischen Linearbeschleunigers mit seinen Einzelkomponenten ist nachfolgend dargestellt.

Linearbeschleunigerrohr

Irisblenden

Periodisch angeordnete Irisblenden erlauben den Transport der Elektronen durch die Röhre.

Beschleunigerrohr

Im Beschleunigerrohr werden die eingespeisten Elektronen transportiert und auf nahezu Lichtgeschwindigkeit beschleunigt.

Kopplungssegmente

Das dargestellte Beschleunigerrohr arbeitet nach dem Stehwellenprinzip. Lediglich in jedem zweiten Segment findet eine Beschleunigung der Elektronen statt. Dazwischenliegende Kavitäten können somit aus der Beschleunigungsstrecke herausgenommen werden. Dies erlaubt eine kurze Bauweise des Beschleunigerrohrs.

Achromatisches Umlenksystem

270°-Umlenkmagneten sorgen für eine Umlenkung des Nadelstrahls in den Strahlerkopf und anschließende Weiterleitung an das Target. Eine 90°-Umlenkung würde dazu führen, dass der Elektronenstrahl aufgrund von Streuung einen elliptischen Strahlquerschnitt ausbildet. Dieser Effekt kann durch eine 270°-Umlenkung vermieden werden.

Hohlraumresonatoren

Elektromagnetische Wellen werden in den Hohlräumen in Resonanz versetzt. Passen Resonanzfrequenz und Anregerfrequenz der Mikrowelle überein, so erfährt das Elektron innerhalb der stehenden Mikrowelle eine Beschleunigung.

Fokussier-Magnetspulen

Fokussierung und zur Erzeugung eines feinen Strahldurchmessers.

Lenk-Magnetspulen

Lenkung und Zentrierung des Elektronenstrahls im Beschleunigerrohr.

Target

Die auf dem Target auftreffenden Elektronen werden abgebremst. Dadurch entsteht Röntgen-Bremsstrahlung mit hoher Energie.

Elektronenkanone

Erzeugung von Elektronen über eine direkt geheizte Glühkathode aus Wolframwendeln oder eine indirekt geheizte Wolframmatrix.

Zirkulator

Schutz der Mikrowellenquelle vor reflektierter Leistung.

Mikrowellenquelle

Die Beschleunigung von Elektronen erfolgt im Linearbeschleuniger durch ein hochfrequentes elektrisches Feld (ca. 3 GHz). Als Hochfrequenzquelle erzeugt hierbei entweder ein Magnetron oder Klystron Mikrowellen, die über den Zirkulator an das Beschleunigerrohr weitergeleitet werden. Dort bildet sich eine fortlaufende Welle aus, auf der die Elektronen „surfen“ und beschleunigt werden.

Kühlsystem

Sorgt für eine Kühlung von Komponenten wie Beschleunigerrohr, Mikrowellensender oder Zirkulator auf festgelegte Temperaturen.

Drucksystem

Zur Vermeidung von Spannungsüberschlägen in den Wellenleitern, werden diese mit Isoliertgasen gefüllt. Ein Gasdruck von etwa 200 kPa wird vom Drucksystem aufrechterhalten und kontrolliert.

AFC-System

Das Beschleunigerrohr ändert seine Resonanzfrequenz mit der Temperatur oder aufgrund mechanischer bzw. elektrischer Störungen. Das Auto Frequency Control System passt die Frequenz des Mikrowellensenders an die sich zeitlich ändernden Resonanzfrequenzen an.

Vakuumsystem

Erzeugt im Beschleunigerrohr ein Vakuum, damit der Elektronenstrahl nicht abgebremst wird.

