

DEUTSCHES ELEKTRONEN-SYNCHROTRON
(DESY)

Hamburg-Gr. Flottbek 1, Flottbeker Drift 56

DESY-Bibliothek

Desy-Notiz A 2.83

Hamburg, den 1. November 1961
M 1-Pa/VM

Vorschlag zum Bau eines Strahlhärter für einen Gamma-Strahl
unter Verwendung eines konstanten Magnetfeldes

Bei den an vielen Stellen verwendeten Strahlhärtern benutzt man die hohen Wirkungsquerschnitte des Compton-Effektes zur Absorption der Gamma-Quanten bei niedrigeren Energien.

Die Bremsstrahlungs- und Paarerzeugungsprozesse bringen jedoch die Entwicklung einer Kaskade mit sich, das heißt es werden innerhalb der Materie ständig Quanten und Elektronen mit niedrigen Energien neu erzeugt. Die gemessene Intensität pro Energieintervall hinter einem Strahlhärter steigt aus diesem Grund vorerst für kleiner werdende Energien langsam an, um dann bei etwa 40 MeV stark abzufallen. Bei dieser Energie beginnt der Compton-Effekt zu überwiegen, das heißt die durch die Bremsstrahlungs- und Paarerzeugungs-Prozesse erzeugten niederenergetischen Teilchen werden schnell genug durch den Compton-Effekt absorbiert (Bild 2). Das Verhältnis von Compton-Prozeß zu den Bremsstrahlungs- und Paarerzeugungsprozessen ist besonders günstig bei Stoffen mit kleiner Kernladungszahl, da der Compton-Effekt proportional Z , die beiden anderen Prozesse proportional Z^2 anwachsen. Aus diesem Grunde benutzt man als Strahlhärter eine Lithiumhydrid, LiH,-Schicht. Bild 2 zeigt das von den Autoren* E.L. Hart, G. Cocconi, V.T. Cocconi und J.M. Sellen ausgemessene Spektrum sowie das primär

*) Electron Pair Production in the Field of the Proton and in the Field of the Electron by Photons of Energy from 10 Mev to 1 Bev.

eingefallene Spektrum. Der verwandte Strahlhärter ist 2,6 Strahlungslängen lang; das entspricht einer Länge von ca. 5.00 m.

Unterteilt man einen derartigen Strahlhärter in Schichten von ca. 1/10 Strahlungslänge LiH und baut dazwischen Laufstrecken von einigen cm in einem starken Magnetfeld ein (Bild 1), so werden die in der LiH-Schicht erzeugten Elektronen durch das Magnetfeld abgelenkt. Das Magnetfeld und die Laufstrecke müssen so bemessen werden, daß die abgelenkten Elektronen beim Eintritt in die darauffolgende LiH-Schicht nicht wieder durch Vielfachstreuung in die Vorwärtsrichtung gelenkt werden können. Zusätzlich sollte der Winkel, mit dem die abgelenkten Elektronen Gamma-Quanten durch Bremsstrahlungs-Prozesse ausstrahlen, klein gegen den Ablenkwinkel im Magnetfeld sein. Tabelle 1 zeigt für einige Elektronenenergien das notwendige Magnetfeld und die dazugehörige Laufstrecke entsprechend der Formel:

$$\mathcal{L} = \arcsin \frac{\ell \cdot 30 \cdot B}{E} \approx \frac{30 \cdot \ell \cdot B}{E}$$

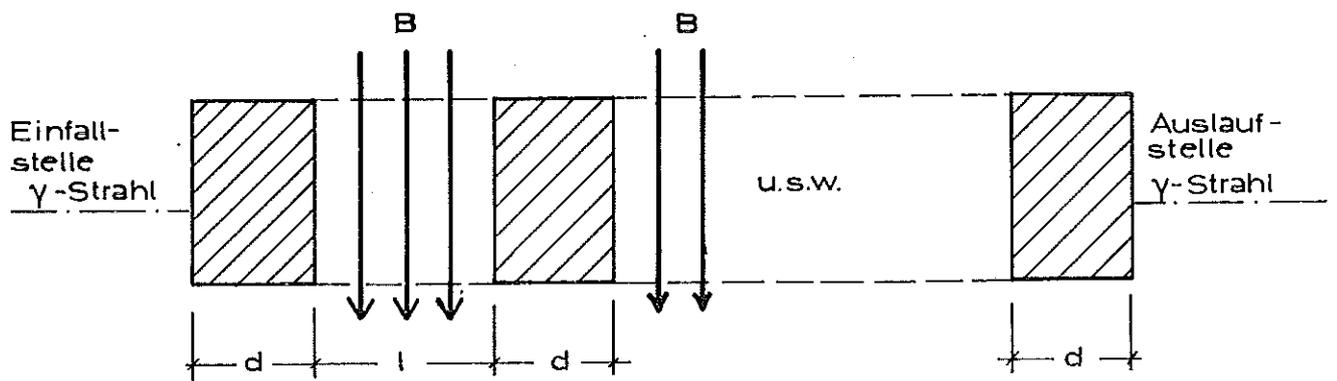
$$\begin{array}{l} E \text{ in MeV} \\ \ell \text{ in m} \\ B \text{ in kG} \end{array}$$

sowie die dazugehörigen Ablenkwinkel. In der vierten Spalte ist der mittlere Winkel für die Vielfachstreuung aufgeführt und daneben der Ausstrahlungswinkel für Gamma-Quanten bei Bremsstrahlungs-Prozessen. Man erkennt, daß es mit technisch ausführbaren Feldern möglich ist, fast sämtliche Elektronen auszusortieren, die aus einer LiH-Schicht von 1/10 Strahlungslänge heraustreten. Dadurch wird der Aufbau einer Kaskade weitgehend unterbunden.

Für ein einfallendes Gamma-Spektrum von gleicher Intensität in jedem Energiebereich wurde eine einfache Kaskadenrechnung durchgeführt. Die Kurve 1 würde sich bei einem Strahlhärter ohne Magnetfeld ergeben. Man erkennt ähnlich wie in der gemessenen Kurve einen starken Anstieg für Gamma-Quanten kleiner als 200 MeV, jedoch bei einer Energie in der Gegend von ca. 20 MeV einen Abfall der Zahl der Gamma-Quanten. Die im einzelnen unterschiedliche Form zwischen der Kurve 1 und der gemessenen Kurve liegt vor allem im Unterschied des Primärspektrums, sowie in den Vernachlässigungen bei der Kaskadenrechnung begründet. Die Kurve 2 zeigt das erhaltene Spektrum, wenn man annimmt, daß die erzeugten Elektronen nach jeweils $1/10$ Strahlungslänge mit Hilfe eines Magnetfeldes herausgelenkt werden und somit in der Kaskadenrechnung nicht weiter berücksichtigt werden müssen. Kurve 3 würde sich ergeben, wenn lediglich der Compton-Effekt eine Rolle spielte und keine Bremsstrahlungs- und Paarerzeugungs-Prozesse auftreten würden.

Es ist also zu erwarten, daß ein Strahlhärter mit Magnetfeld die Zahl der niederenergetischen Quanten noch weiter verringern wird, wenn man auf gleiche Intensität am Ausgang des Strahlhärters normiert.

Cord Passow



- d Dicke des LiH $\approx \frac{1}{10} t_0$
- l Laufstrecke im Magnetfeld
- ↓ B Magnetfeldrichtung
- ▨ Lithium - Wasserstoffschicht

B · l in kG·m	Elektronen- Energie E in MeV	Ablenkung der Elektronen im Magnetfeld α [rad]	Vielfach- streu- Winkel $\vartheta = \frac{21\sqrt{t}}{E}$ [rad]	Winkel der ausgestrahlten Quanten $\frac{0,5}{E}$ [rad]
1,2	10	$> \pi$	0,6	0,05
	100	0,37	0,06	0,005
	500	0,072	0,012	0,001
1,8	1000	0,054	0,006	0,0005

