

KERNFORSCHUNGSZENTRUM

KARLSRUHE

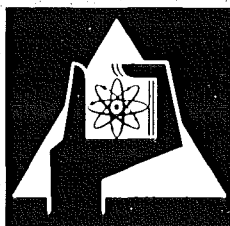
Mai 1971

KFK 1388

Institut für Experimentelle Kernphysik

**Streifenhalbleiterdetektoren
mit digital kodierten Positionssignalen**

M. A. Fawzi, E. L. Haase, D. P. Saylor, E. Velten



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.

KARLSRUHE

Als Manuskript vervielfältigt

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.
KARLSRUHE

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

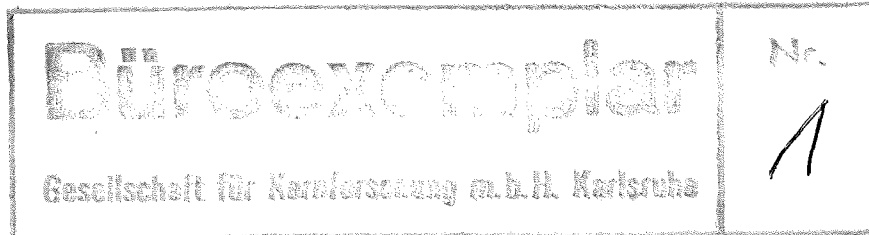
Mai 1971

KFK 1388

Institut für Experimentelle Kernphysik

Streifenhalbleiterdetektoren mit digital kodierten Positionssignalen

M.A. FAWZI, E.L. HAASE, D.P. SAYLOR, E. VELTEN



Gesellschaft für Kernforschung m.b.H. Karlsruhe

Vortrag K-143

Frühjahrstagung des Fachausschusses Kernphysik
der Deutschen Physikalischen Gesellschaft,
28.2. - 5.3.1971 in Würzburg

(Vorgetragen von E.L. HAASE)

Zusammenfassung

Um z.B. für Koinzidenzexperimente simultan mehrere Winkel messen zu können oder um kinematisch bedingte Energieverbreitung bei hochauflösenden Experimenten zu reduzieren, wurden Streifenhalbleiterdetektoren für digital kodierte Positionssignale sowie die notwendige Elektronik entwickelt. Es handelt sich dabei um großflächige ionenimplantierte Zähler mit einem gemeinsamen Aluminiumkontakt und mit einem Frontkontakt aus 5 oder 12 Goldstreifen im Abstand von 0,2 mm. Die Detektoren werden in konventionellen Teleskopen sowohl als ΔE - als auch als E-Zähler eingesetzt, wobei das ΔE - bzw. E-Signal auf herkömmliche Weise gewonnen wird. Zusätzlich wird von jedem Streifen über einen sehr schnellen ladungsempfindlichen Vorverstärker niederohmig ein Positionssignal abgenommen. Diese Signale ergeben über Diskriminator-Koinzidenz-Puffer Einheiten die Orts-, bzw. Winkelinformation digital.

Abstract

Solid state detectors with digital position read out were developed to permit the simultaneous measurement of several angles, or the increase of solid angle without increasing the kinematic spread. The counters are large area ion-implanted detectors with a common aluminum contact and a front contact consisting of five or twelve gold strips separated by 0.2 mm. The analog-signal is taken in common for all strips from the aluminum contact, and from each strip the position information is picked off via a fast charge sensitive preamplifier. This information is reduced to digital form and stored in discriminator-coincidence-buffer units. At high count rates, these detectors provide immediately available position signals and they permit the elimination of errors and background arising from collimator scattering.

Dieser Bericht behandelt eine technische Entwicklung, welche sowohl für Teilchen-Teilchen Koinzidenzmessungen als auch für Einzelmessungen für viele kernphysikalische Untersuchungen eine wesentliche Verbesserung gestattet.

Bei der Verwendung von Halbleiterzählern sind Strahlenschäden der begrenzende Faktor bei kleinen Wirkungsquerschnitten. Zur Verbesserung der statistischen Genauigkeit muß man große Raumwinkel anstreben, möchte andererseits gleichzeitig eine ausreichende Winkelauflösung erzielen. Außerdem soll die durch die Winkelauflösung bedingte kinematische Verschlechterung der Energieauflösung in Grenzen gehalten werden.

Man braucht deshalb zusätzlich Information über den Eintrittsort dernachzuweisenden Teilchen. Hohe Einzelraten schließen die Verwendung von konventionellen ortsempfindlichen Halbleiterzählern ¹⁾ aus, denn dort muß der vergrößerte Raumwinkel durch eine erhöhte Sammelzeit erkaufte werden (~ 10 μ sec). Hierzu kommt, daß das Ortsignal proportional der Energie ist, und erst nach analoger oder digitaler Aufbereitung verfügbar ist, Weiterhin braucht man häufig ein schnelles Zeitsignal, und man möchte Ereignisse identifizieren können, bei denen gleichzeitig zwei Teilchen den Zähler treffen.

Die naheliegende Idee ist nun, die Ortsinformation stattdessen parallel und nicht seriell zu behandeln. Man unterteilt also die eine Elektrode eines großflächigen Halbleiterdetektors in Streifen entsprechend der gewünschten Winkelauflösung, benutzt aber eine gemeinsame Gegenelektrode, um für alle Streifen einheitlich wie üblich ein ΔE - bzw. E-Signal zur Verfügung zu haben. Solche Detektoren mit 5 und mit 12 Streifen sind im ersten Bild gezeigt. Von jedem Streifen wird ein Ortssignal über einen Impulstransformator abgenommen und digital kodiert, wohingegen von der gemeinsamen Elektrode wie konventionell das ΔE - bzw. E-Analog-Signal abgenommen wird.

Beide aktiven Oberflächen werden im Stück durch Ionenimplantation ²⁾ dotiert, der Aluminiumkontakt wird in einem Stück bedampft, die Goldseite jedoch durch eine Drahtmaske in etwa 3 mm breite Streifen unterteilt, bei einem Zwischenraum von 0,2 mm.

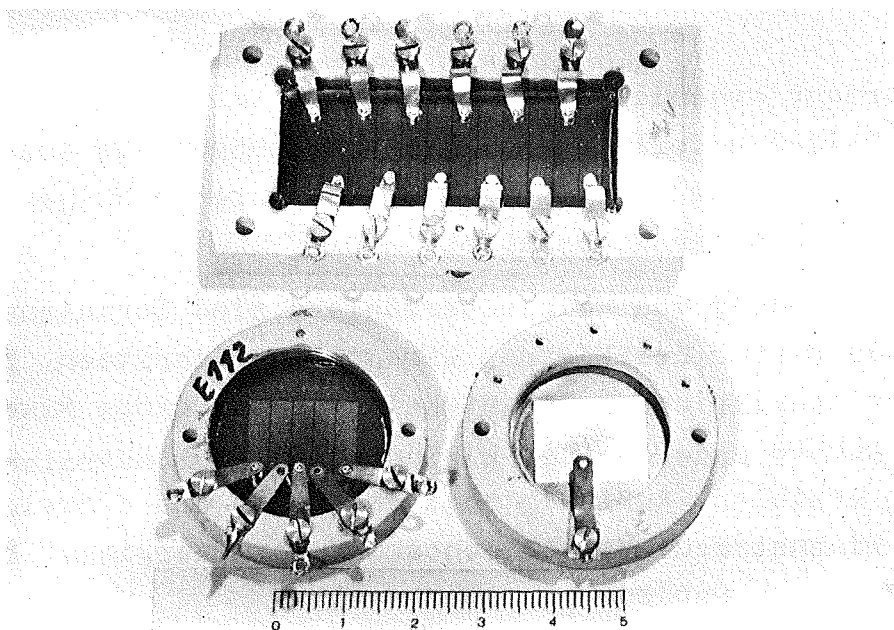


Abb. 1: Ionenimplantierte Halbleiterzähler mit in Streifen unterteiltem Frontkontakt und gemeinsamen Rückkontakt.

Die Zähler werden bei -20°C und einer Spannung betrieben, welche ca. 30 % über derjenigen liegt, bei welcher die Verarmungszone den Rückkontakt erreicht. Bei diesen Betriebsbedingungen wurden schnelle Orts- und Zeitsignale erhalten, und, wie die Linienform zeigt, werden auch Teilchen die zwischen den Streifen auftreffen, mit voller Pulshöhe registriert.

Im Betrieb ist der Ohm'sche Widerstand von Streifen zu Streifen größer als $100\text{ K}\Omega$ und somit ohm'sches Übersprechen vernachlässigbar klein.

Das kapazitive Übersprechen läßt sich durch ladungsempfindliche Vorverstärker mit sehr kleiner Eingangsimpedanz vermeiden. Um das Analogsignal nicht zu beeinflussen, müssen diese Vorverstärker sehr schnell sein.

Bild 2 zeigt das Schaltbild eines Vorverstärkers, den wir für diesen Zweck entwickelt haben. Er besteht im wesentlichen aus einem schnellen Operationsverstärker mit einem Emitterfolger-Ausgang. Dieser Verstärker hat am Eingang einen Transformator mit einer 1:2 Übersetzung für direkte Erdung des Zählers. Da-

durch wird die Rauscheinwirkung der Operationsverstärker auf das Analogsignal verkleinert. Die Anstiegszeit des Verstärkers liegt bei 5 nsec, die Abfallzeit bei etwa 40 nsec, gegeben durch die ladungsempfindliche Gegenkopplung. Die Sammelzeit wird verbessert durch eine zusätzliche Miller-Kapazität von 6,8 pf am Eingangstransistor. Bild 3 zeigt die Ausführung eines derartigen Verstärkers.

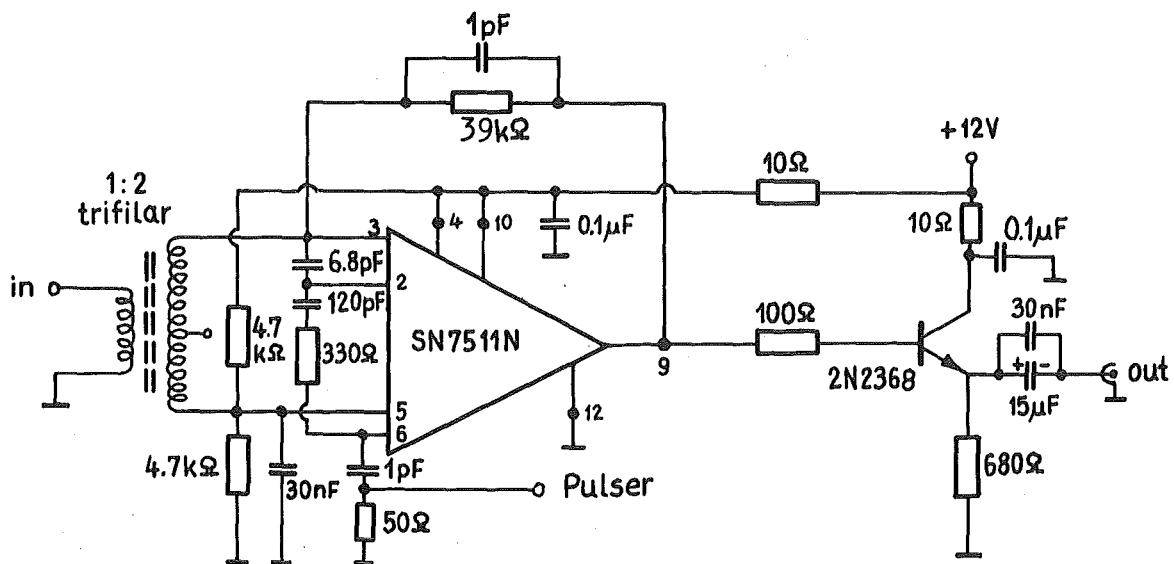


Abb. 2: Schaltbild des schnellen ladungsempfindlichen Vorverstärkers zur Abnahme des Ortssignals oder eines Zeitsignals. Der Eingang wird in den Massekontakt des Zählers gelegt.

Sowohl der Differenzeingang, als auch sehr gute Erdung und kurze Zuleitungen sorgen dafür, daß durch Aufbau und die Elektronik kein Übersprechen verursacht wird. Im übrigen sind derartige Vorverstärker natürlich auch sehr gut zur Abnahme von Zeitsignalen geeignet.

Das gesamte elektronische System ist in Bild 4 schematisch gezeigt. Zunächst sieht man im oberen Teil den Analogzweig, dessen Gates für die Teilchenidentifizierung durch eine ΔE -E Koinzidenz geöffnet werden. Diese Koinzidenz öffnet auch die Gates der Diskriminator-Koinzidenz-Puffereinheiten (DCB) für die Ortsinformation, die dann direkt zum Routing eines Vielkanalanalysators oder eines Computers benutzt wird. Man kann jedoch auch Ereignis für Ereignis

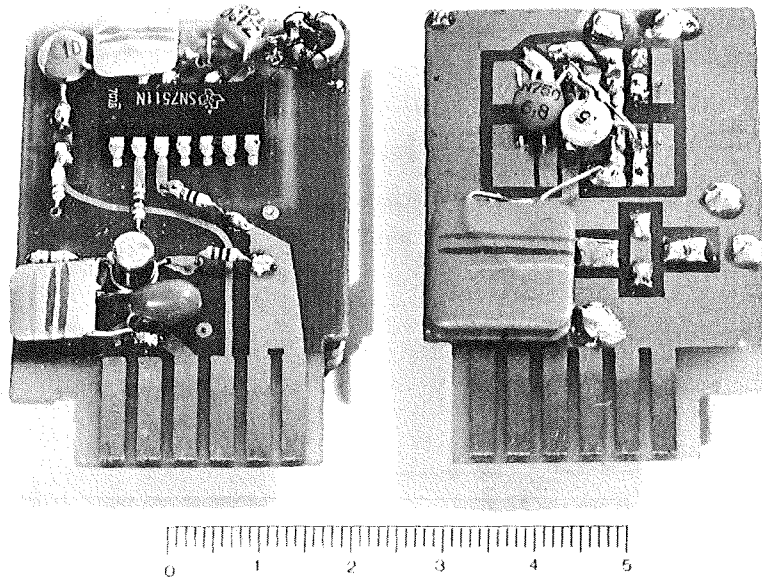


Abb. 3: Ausführung des Verstärkers. Vorder- und Rückseite.

auf Magnetband schreiben, wobei dann die "Fehlerinformation" voll erhalten bleibt, z.B. wenn zwei Teilchen gleichzeitig eintreffen, oder zwei Nachbarstreifen triggern.

Wichtig ist, daß die Schwellen für alle Diskriminator-Koinzidenz-Puffereinheiten unter der Schwelle in ΔE -Ast liegen, so daß eine einheitliche Schwelle für alle Streifen wirksam ist.

Bild 5 zeigt übereinander fünf Spektren der Reaktion $^{12}\text{C}(\alpha, \alpha')^{12}\text{C}$ bei $E_\alpha = 90$ MeV für die Winkel von $10,6$ bis $11,8^\circ$ in $0,3$ Grad Schritten. Man sieht die charakteristischen Kohlenstofflinien mit deutlicher kinematischer Verschiebung. Besonders deutlich wird diese Verschiebung für die breite Linie, welche von der $^1\text{H}(\alpha, \alpha')^1\text{H}$ Streuung herrührt, verursacht durch eine geringfügige Wasserstoffadsorption im Kohlenstofftarget.

Das System ergab über einen Energiebereich von über 50 MeV gute $^3\text{He} - ^4\text{He}$ Teilchentrennung.

Natürlich treffen auch Teilchen auf die unbedampfte Zone zwischen den Streifen, so daß es je nach Anwendungsfall vorkommen kann, daß zwei Streifensignale gleichzeitig die Schwelle des Diskrimina-

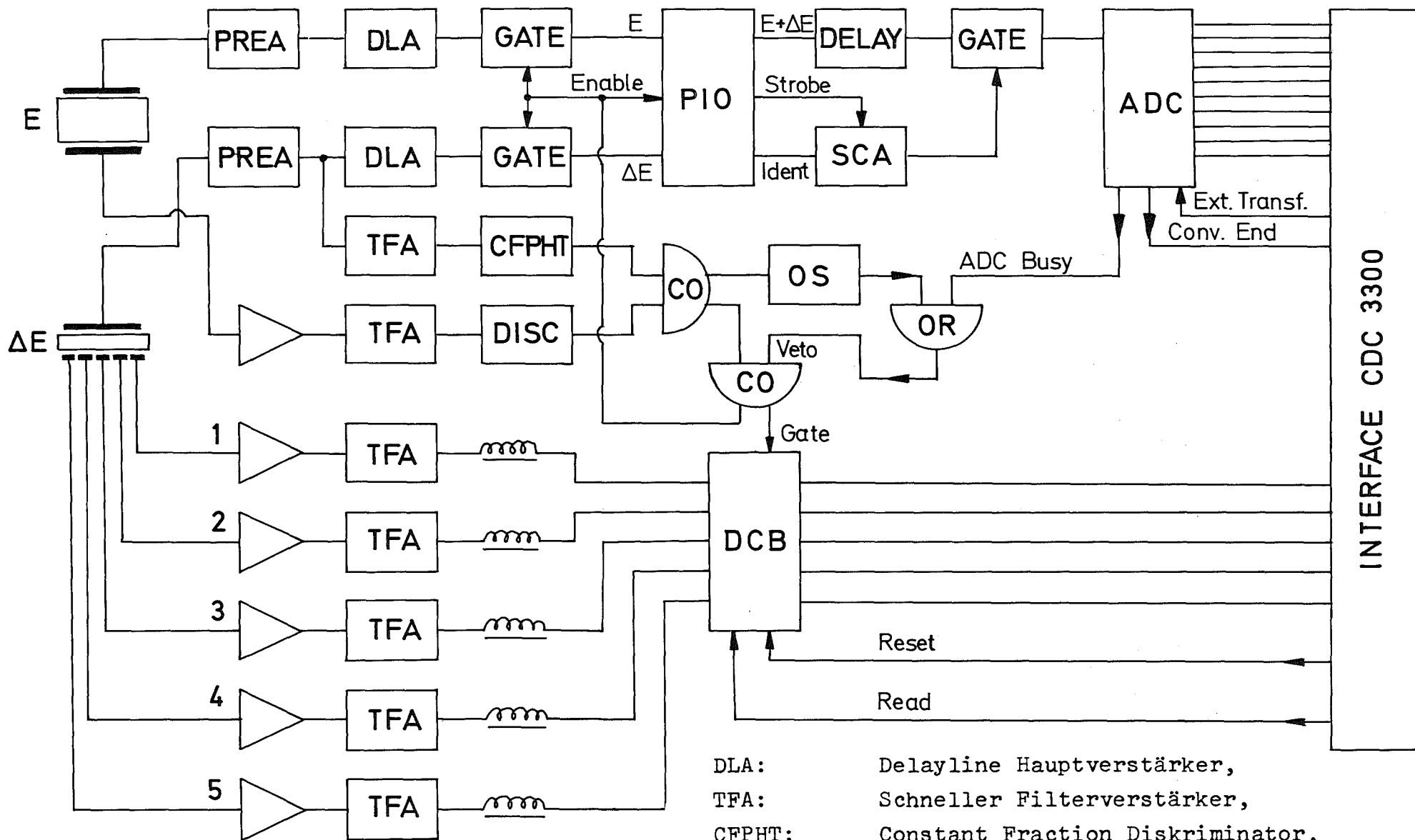


Abb. 4:

Schema der Elektronischen Anordnung.

DLA: Delayline Hauptverstärker,
 TFA: Schneller Filterverstärker,
 CFPHT: Constant Fraction Diskriminator,
 DCB: Diskriminator-Koinzidenz-Puffereinheit,
 PIO: Teilchenidentifiziereinheit,
 OS: Univibrator.

tors überschreiten. Durch nachträgliches Sortieren von Ereignis für

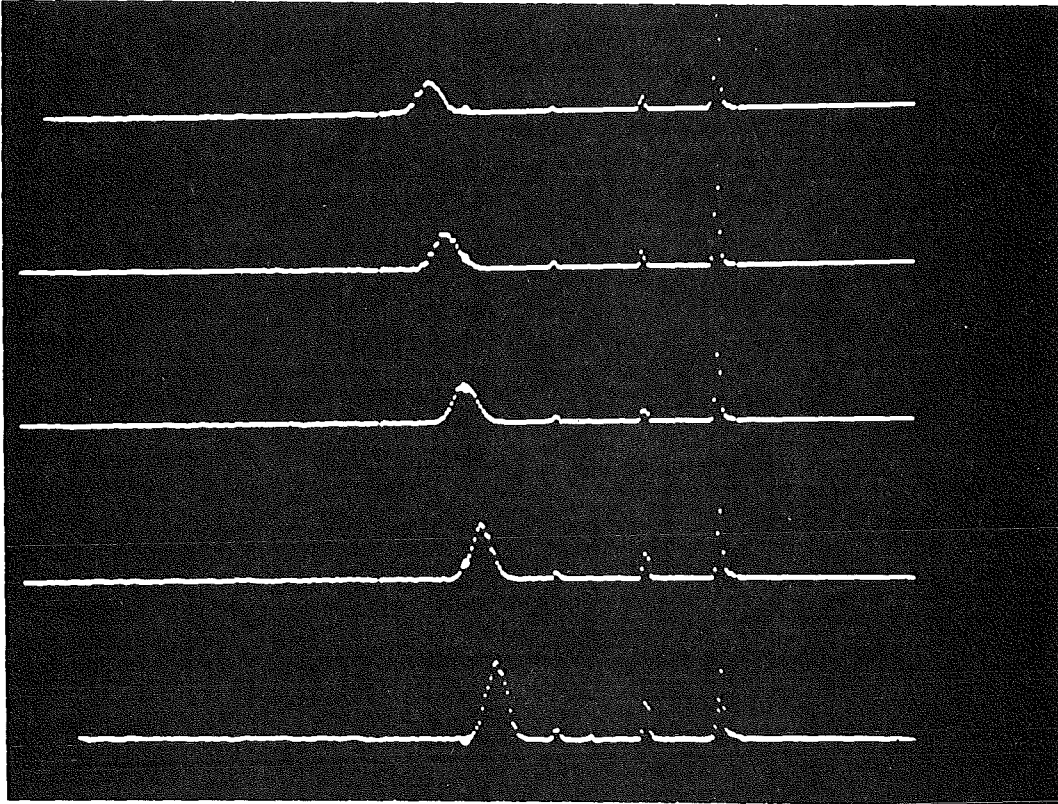


Abb. 5: 5 Streifenspektren mit $\Delta\theta=0,3^\circ$ für die Streuung von α -Teilchen an Kohlenstoff. Man beachte die kinematische Verschiebung.

Ereignis wurde bei Benutzen eines 300μ ΔE Zählers mit fünf Streifen für die $^{12}\text{C}(\alpha, \alpha')$ Messung festgestellt, daß bei etwa 1 % der Ereignisse nicht benachbarte Streifen triggerten.

Die Schwellen an den DCB's lagen bei etwa 3 MeV und im ΔE -Ast etwa bei 4 MeV, wobei der Energieverlust im 300μ ΔE Zähler für 90 MeV α -Teilchen etwa 6 MeV beträgt. Ca. 4 % betrug die Anzahl der Ereignisse, bei denen kein Streifen triggerte. Diese Anzahl entspricht dem Verhältnis von aktiver Fläche zu "to-ter" Zone zwischen zwei Streifen. Diese ist dadurch bedingt, daß die Signale beider Streifen nicht die Schwellen überschritten. Durch Herabsetzen der Schwelle läßt sich dieser Prozentsatz auf ein vernachlässigbares Maß reduzieren. Da diese Rate sowohl vom Energieverlust der Teilchen als auch von der ge-

meinsamen Schwelle in ΔE Ast abhängt, empfiehlt es sich, diese so zu setzen, daß sie etwas unter der Hälfte der Pulshöhe der interessierenden Teilchen mit dem kleinsten Energieverlust liegt.

In diesem Falle wird gelegentlich ein Teilchen zwei benachbarte Streifen triggern. Sinnvollerweise identifiziert man diese Ereignisse, und ordnet sie dann einem der beiden Streifen zu.

Ein sehr wesentlicher Vorteil der Streifenunterteilung ist die drastisch reduzierte Blendenstreuung.

Bild 6 zeigt in logarithmischem Maßstab Spektren der Streuung von 90 MeV α -Teilchen an ^{12}C . Man sieht die bekannten ^{12}C Linien bei 0, 4.43, 7.65, 9.64 und 14.08 MeV.

Das Verhältnis der Fläche der elastischen Linie zum mittleren Untergrund pro Kanal ist besser als 10^4 für den 4. Streifen, verglichen mit nur 10^3 für den 5. Streifen, der ein Randstreifen ist. Die naheliegende Erklärung ist die Streuung am Kollimator, welche nur für Randstreifen wichtig ist.

Man könnte durch Aufdampfen eines geerdeten "guard rings" um die aktive Zählerfläche den Kollimator ganz eliminieren.

Man kann die Vorteile des beschriebenen Systems wie folgt zusammenfassen:

- 1.) Gleichzeitige Messung mehrerer Winkel mit gemeinsamem Analogsignal.
- 2.) Gute Winkelauflösung bei hohen Zählraten.
- 3.) Für Koinzidenz- oder Flugzeitmessungen ist ein schnelles Zeitsignal verfügbar. Diese drei Punkte gestatten eine erhebliche Steigerung der Zählraten bei Koinzidenzmessungen ³⁾, wobei die Zahl der zufälligen Koinzidenzen verkleinert wird.
- 4.) Mehrfachereignisse können für nicht benachbarte Streifen identifiziert werden.
- 5.) Die Ortsinformation ist direkt und parallel vorhanden.
- 6.) Reduzierung des Untergrundes und der Meßfehler durch Kollimatorstreuung.

$^{12}\text{C}(\alpha, \alpha')^{12}\text{C}$ $E_{\alpha} = 90 \text{ MeV}$

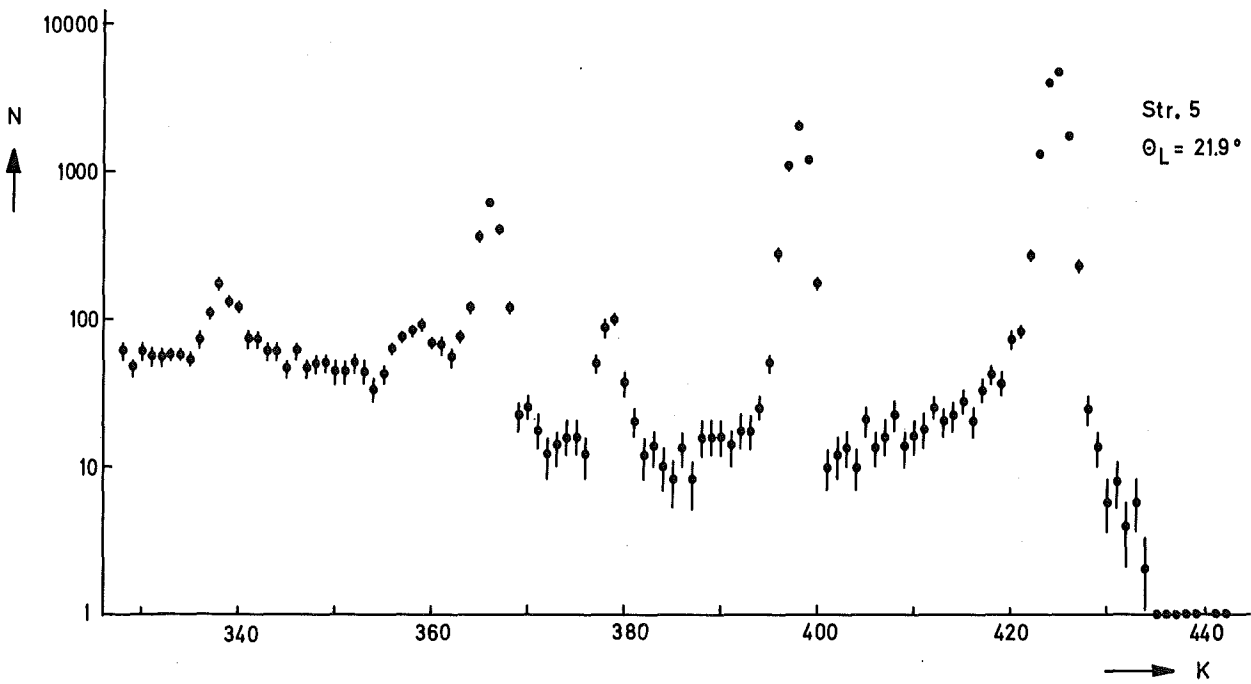
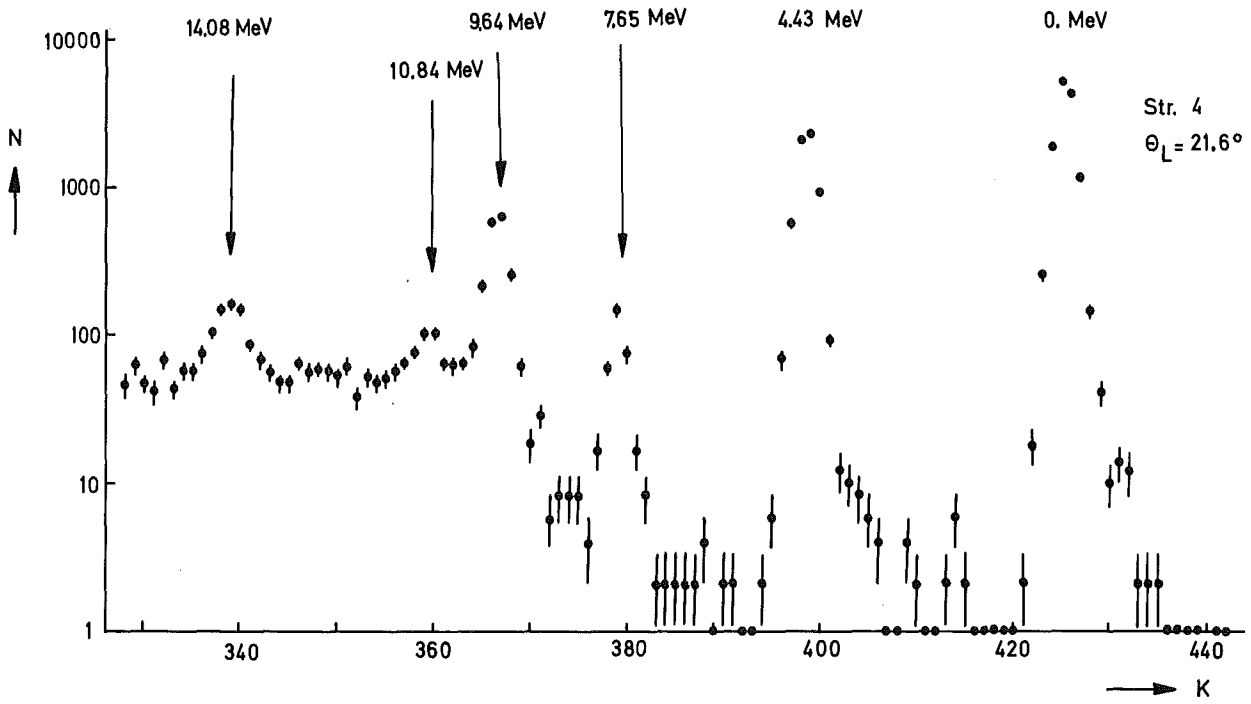


Abb. 6:

α -Teilchen Spektren für den 4. und den 5. Streifen (Rand mit Kollimator). Die inneren Streifenspektren haben wesentlich kleineren Untergrund.

Referenzen

- (1) K.H. Lauterjung, J. Pokar, B. Schimmer und R. Stäudner,
Nucl. Inst. 22 (1963) 117
- (2) O. Meyer,
IEEE Trans. Nucl. Sci NS-15 (1968) 232
- (3) J.A. Den Boer et al.,
Nucl. Instr. 92 (1971) 173

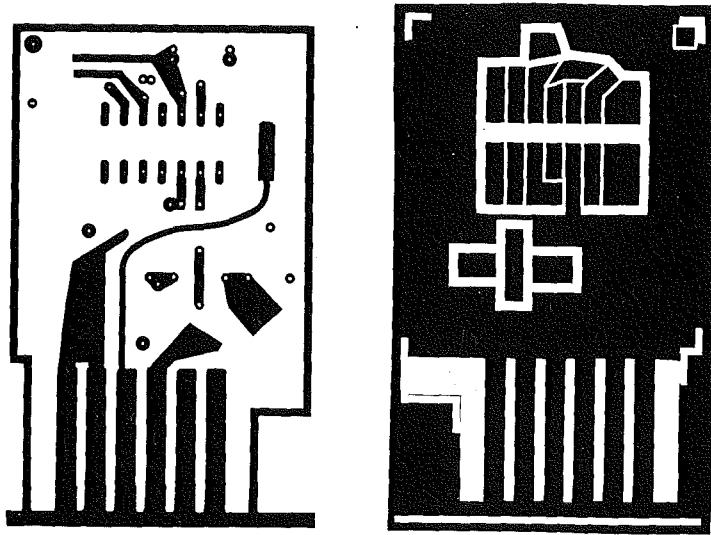


Abb. 7: Druckplatten für den schnellen ladungsempfindlichen Vorverstärker.