



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **242 291 A1**

4(51) G 01 T 1/29

**AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN**

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

---

(21)	WP G 01 T / 282 528 1	(22)	06.11.85	(44)	21.01.87
------	-----------------------	------	----------	------	----------

---

(71) Akademie der Wissenschaften der DDR, 1080 Berlin, Otto-Nuschke-Straße 22/23, DD

(72) Büttig, Hartmut, Dipl.-Ing., DD

---

**(54) Einrichtung zur Messung von Dichteverteilung und Querschnittsgeometrie eines Teilchenstrahls**


---

(57) Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Messung der relativen Dichteverteilung und zur Darstellung der Querschnittsgeometrie eines Teilchenstrahles aus beschleunigten Protonen, Deuteronen oder anderen leichten Teilchen. Es ist das Ziel der Erfindung, die Messung der relativen Dichteverteilung und die Darstellung der Querschnittsgeometrie eines Teilchenstrahls während seiner Nutzung vornehmen zu können. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für die Messung leichter Teilchen ein Target anzugeben, das auch während der Bestrahlung im Teilchenstrahl verbleiben kann und nur einen geringen Teil der kinetischen Energie der Teilchenstrahlung absorbiert. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß das Target fest innerhalb des Strahlführungssystems angeordnet ist und eine Dicke von mindestens 10 µm aufweist. In Abhängigkeit von der Leistungsdichte des Teilchenstrahles ist es vorteilhaft, das Target wärmeisoliert anzuordnen und/oder in eine Kühlung einzubeziehen. Das Target kann aus einer Metall- oder Kohlenstoffolie bestehen. Als besondere Art des Targets ist auch ein Gastarget einsetzbar.

#### Patentansprüche:

1. Einrichtung zur Messung der relativen Dichteverteilung und zur Darstellung der Querschnittsgeometrie eines Teilchenstrahls aus Protonen, Deuteronen oder anderen leichten Teilchen, bestehend aus einem in den Teilchenstrahl einbringbaren Target und einem in Höhe des Targets im Strahlführungssystem angeordneten, für Infrarotstrahlung transparenten Fenster, vor dem sich eine infrarotempfindliche Bildaufnahmeröhre befindet, die über eine elektronische Schaltung zur Bilderlegung mit einem Monitor verbunden ist, der die unterschiedlichen Teilchendichtebereiche innerhalb des Teilchenstrahls auf einem Bildschirm darstellt, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Target für die Teilchen transparent ist und eine Dicke von größer 10 µm aufweist und das Target fest innerhalb des Strahlführungssystems angeordnet ist.
2. Einrichtung nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Target wärmeisolierend angeordnet ist.
3. Einrichtung nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Target mit Mitteln zur Kühlung versehen ist.
4. Einrichtung nach Punkt 1 bis 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß als Target eine Metall- oder Kohlenstoffolie eingesetzt ist, die bei sehr geringer Dicke in einem Rahmen gehalten ist.
5. Einrichtung nach Punkt 1 bis 4, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Target aus strukturiertem Material aufgebaut ist.
6. Einrichtung nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß als Target ein Gastarget eingesetzt ist.
7. Einrichtung nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß zwischen Target und Strahlungsachse der gleiche Winkel eingeschlossen ist, wie zwischen Target und optischer Achse der Bildaufnahmeröhre.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

#### Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Messung der relativen Dichteverteilung und zur Darstellung der Querschnittsgeometrie eines Teilchenstrahles aus beschleunigten Protonen, Deuteronen oder anderen leichten Teilchen.

#### Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es ist bereits bekannt, innerhalb des Strahlführungssystems im Vakuum schwenkbar ein Target anzuordnen, das in Meßstellung schräg zur Strahlängsachse positioniert ist (DD-PS 150258). Das Strahlführungssystem weist in Höhe des Targets ein für Infrarotstrahlung transparentes Fenster auf, vor dem sich eine infrarotempfindliche Bildaufnahmeröhre befindet, die über eine elektronische Schaltung zur Bilderlegung mit einem Monitor verbunden ist, der die unterschiedlichen Teilchendichtebereiche innerhalb des Strahlbündels auf dem Bildschirm darstellt.

Während der Messung steht der Teilchenstrahl nicht zu Bestrahlungsaufgaben zur Verfügung. Außerdem werden Änderungen der Dichteverteilung und der Querschnittsgeometrie während der Bestrahlung nicht oder nur später anhand der Bestrahlungsergebnisse wahrgenommen.

#### Ziel der Erfindung

Es ist das Ziel der Erfindung, die Messung der relativen Dichteverteilung und die Darstellung der Querschnittsgeometrie eines Teilchenstrahls während seiner Nutzung vornehmen zu können.

#### Darlegung des Wesens der Erfindung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für die Messung leichter Teilchen ein Target anzugeben, das auch während der Bestrahlung im Teilchenstrahl verbleiben kann und nur einen geringen Teil der kinetischen Energie der Teilchenstrahlung absorbiert.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß das Target fest innerhalb des Strahlführungssystems angeordnet ist und eine Dicke von mindestens 10 µm aufweist. In Abhängigkeit von der Leistungsdichte des Teilchenstrahles ist es vorteilhaft, daß Target wärmeisoliert anzuordnen und/oder in eine Kühlung einzubeziehen. Das Target sollte zur Strahlängsachse den gleichen Winkel aufweisen, wie zur optischen Achse der Bildaufnahmeröhre. Das Target kann aus einer Metall- oder Kohlenstoffolie bestehen, die bei sehr geringer Dicke in einem Rahmen gehalten ist. Zur Vermeidung eines schnellen Wärmetransportes kann das Target auch strukturiert ausgebildet sein. Als besondere Art des Targets ist auch ein Gastarget einsetzbar.

#### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Die zugehörige Zeichnung zeigt einen Schnitt durch eine erfindungsgemäße Einrichtung. In einem Strahlführungssystem 1 ist eine Ausnehmung vorgesehen, in der sich ein den Ladungsträgerstrahl nicht beeinträchtigender Einbau 2 befindet. Im Einbau 2 befindet sich eine Halterung 3 für das Target 4, wobei das Target 4 gegenüber der Halterung 3 wärmeisoliert und/oder gekühlt angeordnet ist. Der Einbau 2 ist an einer Seite mit einem für Infrarotstrahlung transparenten Fenster 5 ausgerüstet, vor dem, also außerhalb des Strahlführungssystems 1, eine infrarotempfindliche Bildaufnahmeröhre 6 positioniert ist. Die Bildaufnahmeröhre 6 ist über eine elektronische Schaltung 7 mit einem Farbmonitor 8 verbunden.

Die Wirkungsweise der Einrichtung wird nachfolgend beschrieben.

Der Teilchenstrahl durchdringt das Target 4. Dabei verlieren die Teilchen einen Teil ihrer kinetischen Energie. Dieser Energieverlust führt in Abhängigkeit von der Teilchendichte zu einer unterschiedlichen Erwärmung des Targets 4. Dieses Temperaturfeld wird mittels der infrarotempfindlichen Bildaufnahmeröhre 6 elektronisch abgetastet und in ein Bild-Amplitudensignal gewandelt. Durch das elektronische Abtastverfahren, das im allgemeinen zeilenweise erfolgt, ist eine Zuordnung der Amplitude des Bild-Amplitudensignals zum Ort auf der die Temperaturstrahlung emittierenden Targetoberfläche 4 gegeben. Die Spannungswerte widerspiegeln nach entsprechender Eichung der Meßanordnung eine definierte Emissionsdichte am Ort der Targetoberfläche 4, diese wiederum entspricht einer bestimmten Dichte der dort auftretenden Ladungsträger.

Die Auswertung des Thermobildes erfolgt nach den bekannten Verfahren der elektronischen Bildzerlegung, z. B. mittels Triggerschaltungen, die einen Farbmonitor 8 steuern, so daß unterschiedliche Teilchendichtebereiche innerhalb des Strahlbündels verschiedenfarbig auf dem Bildschirm erscheinen.

Eine hinreichend genaue Targetdimensionierung kann für strahldurchlässige Targets, bei denen die Eindringtiefe der Teilchen im Material wesentlich größer ist als die Materialdicke, nach folgender Formel erfolgen,

$$X > \frac{5}{4} (T_f - T_o) \frac{\lambda}{\rho \left( \frac{dE}{d\varphi x} \right)} \frac{d_s}{\left( \sqrt{2} - \frac{d_s}{d_T} \right) I_s} \quad [\text{cm}]$$

wobei bedeuten:

$I_s$	mittlerer Strahlstrom	/μA
$T_f$	Brennflecktemperatur	/K/
$T_o$	Randtemperatur, durch Kühlung konstant gehalten	/K/
$\lambda$	Wärmeleitfähigkeit des Targets	/Wcm <sup>-A</sup> K <sup>-1</sup> /
$\rho$	Dichte des Targets	/gcm <sup>-3</sup> /
$d_s$	Strahldurchmesser	/cm/
$d_T$	Targetdurchmesser	/cm/
$x$	Targetdicke	/cm/
$\left( \frac{dE}{d\varphi x} \right)$	Stopping power (tabellierte Größe)	/MeV cm <sup>2</sup> /g/

Beispielsweise ist für einen Deuteriumionenstrahl der Energie 13 MeV und einem Strahldurchmesser von 1 cm ein transparentes Target aus einer 20 μm dicken Tantalfolie ab 190 μA Strahlstrom geeignet, wenn die Empfindlichkeit der Meßeinrichtung  $(T_f - T_o) = 300\text{K}$  beträgt. Der Energieverlust des Strahles beim Durchfliegen des Targets ist

$$dE = \rho \frac{dE}{d\varphi x} \cdot x \approx 0.82 \text{ MeV}$$

Zur Vermeidung der Streuung des Strahles ist es vorteilhaft, das Target rechtwinklig zum Strahl zu positionieren und das Target möglichst rechtwinklig zu betrachten. Bei schräger Betrachtung gestatten moderne Verfahren der Bildverarbeitung eine elektronische Entzerrung.

