DEUTSCHES REICH

AUSGEGEBEN AM
25. AUGUST 1939

REICHSPATENTAMT

PATENTSCHRIFT

№ 680284

KLASSE 21g GRUPPE ~~23~~ 37/20

B 154916 VIII c/21 g

Dr.-Ing. Bodo von Borries in Berlin-Halensee
und Dr.-Ing. Ernst Ruska in Berlin-Zehlendorf

Magnetische Sammellinse kurzer Feldlänge

Patentiert im Deutschen Reiche vom 17. März 1932 ab

Patenterteilung bekanntgemacht am 3. August 1939

Bei der elektronenoptischen Abbildung, z. B. beim Elektronenmikroskop, erfordern starke Vergrößerungen im allgemeinen eine beträchtliche und daher meist unerwünschte Baulänge der Apparatur. Um diesen Nachteil zu vermeiden, sind kleine Gegenstandsweiten und entsprechend kleine Brennweiten der Elektronenlinsen, insbesondere der Objektivlinse, erforderlich. Kleine Brennweiten sind nun aber nur durch große Spulenströme, also große Wicklungsquerschnitte und entsprechend große Spulendurchmesser zu erzielen.

Es ist nun bekannt, bei Kathodenstrahloszillographen die Konzentrationsspule für den Kathodenstrahl mit einer Eisenkapselung zu versehen, um das magnetische Feld auf eine kurze Strecke oberhalb der Ablenkplatten zu beschränken. Die axiale Länge des Feldes ist dabei etwa gleich der Spulenlänge. Man weiß auch, daß die zur Erzeugung eines bestimmten Feldes notwendige Amperewindungszahl bei der Benutzung eines Eisenmantels kleiner wird. Obwohl mit steigender Amperewindungszahl die Brennweite einer magnetischen Sammelspule kleiner wird, kann man bei den bisher bekannten magnetischen Linsen von dieser Verkleinerung der Brennweite nicht in beliebigem Maße Gebrauch machen, weil sich das Spulenfeld über eine zu große axiale Länge erstreckt, so daß man mit dem Objekt nicht genügend nahe an die optische Hauptebene der Linse herangehen kann. Die Verkürzung der Brennweite durch Steigerung der Erregung der bekannten Linsen ist also praktisch nicht ausnutzbar.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine magnetische Linse extrem kurzer Brennweite zu schaffen, deren Feld trotz seiner Stärke (kleine Brennweite) dennoch in axialer Richtung so kurz wie möglich ist. Diese Aufgabe wird mit Hilfe einer Sammellinse gelöst, die aus einer Sammelspule besteht, die in einen sie vollständig umgebenden, aus hochpermeablem Stoff bestehenden Mantel eingehüllt ist, der einen ringförmigen Spalt in seinem Innenteil aufweist. Gemäß der Erfindung sind die die Ränder des im Verhältnis zur Längsausdehnung der Spule schmalen Spaltes bildenden Mantelteile nach der Achse zu polschuhartig verjüngt, und die lichte Weite des Polschuhringes liegt in der Größenordnung der Spalthöhe. Es ist zweckmäßig, die Spalthöhe nahezu gleich dem Halbmesser der lichten Weite der Polschuhringe zu machen.

In der Abbildung sind Ausführungsbeispiele von Sammellinsen gemäß der Erfindung dargestellt. In der mit *a* bezeichneten linken Hälfte der Abbildung ist eine Einzellinse, in der rechten mit *b* bezeichneten

Hälfte eine Doppellinse dargestellt. Der nicht näher bezeichnete, die Spule umschließende Mantel aus hochpermeablem Stoff ist durch den Spalt 7 unterbrochen. Dieser Spalt wird begrenzt durch die mit 1 und 2 bezeichneten polschuhartig verjüngten Mantelteile. Der mit 8 bezeichnete, innerhalb der Spule liegende Teil des Mantels wird trichterförmig nach außen erweitert.

Die in der rechten Hälfte der Abbildung dargestellte Doppellinse besteht aus zwei mit 5 und 6 bezeichnete Einzellinsen. J_5 und J_6 deuten die Stromflüsse in den Spulen an. Bei der Linse 5 sind die Polschuhringe nach außen, also nach beiden Stirnseiten zu trichterförmig erweitert. Zur Erreichung eines möglichst gleichmäßigen Austritts der magnetischen Feldlinien aus den Polschuhen sollen sich diese stetig verjüngen, und ihre Spitze soll mäßig abgerundet sein.

Um eine extreme Annäherung der Polschuhe an die Achse zu ermöglichen, wird zweckmäßig die ganze Spule in das Vakuum der elektronenoptischen Einrichtung mit eingebaut. Hieraus ergeben sich weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Linse gemäß der Erfindung. Da eine zylindrische Begrenzung der Bohrung 3 der Spulenkapselung unnötig viele der vom Objekt kommenden Strahlen wegfängt, soll die Bohrung so ausgeführt werden, daß sie sich vom ringförmigen Spalt aus nach beiden Seiten trichterförmig erweitert. Liegt aber der eine Polschuh 1 in der objektseitigen Stirnfläche 4, so ist nur eine trichterförmige Erweiterung, und zwar nach der Bildseite, möglich. Die objektseitige Stirnfläche des Spulenmantels kann zur weiteren Ersparung an Baulänge selbst als Anode für den zu untersuchenden Emissionsvorgang dienen, wobei die lichten Durchmesser der Polschuhe die Öffnung in dieser Anodenblende sind und demgemäß bemessen werden können.

Um, wie beim gewöhnlichen Mikroskop, auf dem der Beobachtung dienenden, der Größe nach festgelegten Schirm verschieden große Teile des Objektes sichtbar machen zu können, könnte man, wie beim Mikroskop durch das Revolverobjektiv, den Abstand zwischen Objekt und Objektiv je nach der Brennweite des betreffenden Objektivs ändern. Dies stößt jedoch auf Schwierigkeiten, weil die Bewegungen im Vakuum erfolgen müßten. Es ist praktischer, den Abstand des Objekts von der objektseitigen Vorderfläche 4 konstant zu lassen, aber die optische Hauptebene des Objektivs zu verschieben. Dies kann geschehen durch Verwendung einer Doppellinse, bestehend aus zwei Linsen 5 und 6 gemäß der Erfindung als Objektiv (Abb. Teil *b*), die in kleinem axialen Abstand miteinander fest verbunden sind. Durch passende Strombelastung J_5 und J_6 jeder Einzelspule 5 und 6 kann nun das Gewicht der optischen Beeinflussung der Strahlen vom Spalt der Spule 5 bis zum Spalt der Spule 6 stetig verlegt werden, und zwar bei jeweils beliebiger Gesamtbrennweite des so entstandenen Doppelobjektivs. Diese Anordnung bietet die gleichen Vorteile wie ein Revolverobjektiv beim optischen Mikroskop.

Um in den Fällen, in denen die Spule selbst nicht ins Vakuum gebracht wird, ebenfalls noch einen möglichst kleinen Polschuhdurchmesser zu erzielen, kann zweckmäßig der Innenteil 8 der Spulenkapselung durch Ausfüllen des Schlitzes mit unmagnetischem, vakuumdichtem Material 7 und durch vakuumdichtes Verbinden dieses Materials mit den Schlitzrändern als vakuumdichtende Wand der Apparatur ausgebildet werden. Man gewinnt durch diese Anordnung den Vorteil, daß die Spule bequem und ausreichend gekühlt werden kann. Eine auch nur geringe Temperaturänderung der Spule ist nämlich sehr unerwünscht, weil durch die mit ihr verknüpfte Widerstands- und Stromänderung eine einmal getroffene Brennweiteneinstellung wieder verlorengeht.

Die beschriebene Sammellinse ist dank ihrer beiden Eigenschaften, der kleinen Brennweite und der kleinen Feldlänge, nicht nur die günstigste Lösung für das Objektiv des Elektronenmikroskops, sondern auch in durchaus gleicher Weise für dessen übrige Linsen; denn auch diese müssen jeweils kurz hinter dem von der vorhergehenden Linse entworfenen Bild angeordnet werden, um es dann weiter zu vergrößern.

Die Anwendbarkeit und die Vorteile der neuartigen Sammelspule beschränken sich indessen nicht auf das Elektronenmikroskop; denn auch extreme Verkleinerungen, wie sie beispielsweise nötig werden, wenn eine große und entsprechend ausgiebige Elektronenstrahlenquelle zwecks extremer Wärmeentwicklung auf einen kleinen Querschnitt abzubilden ist (Kathodenstrahlofen), lassen sich vorteilhaft mit einer Spule der beschriebenen Art erzielen.

Schließlich ergibt die Sammellinse gemäß der Erfindung auch bei der Braunschen Röhre, sei es zu Oszillographen-, sei es zu Fernsehzwecken, gegenüber anderen Konzentrationsanordnungen erhebliche Vorteile. Hier kommt es vor allem darauf an, bei kurzer Röhrenlänge große Ablenkempfindlichkeit zu erzielen; zu diesem Zwecke muß man mit dem Ablenksystem möglichst nahe an die Hauptebene der Spule herangehen. Da man jedoch, um Verzerrungen zu vermeiden, nicht in das Feldgebiet der Spule kommen darf,

ist es notwendig, die axiale Länge des Spulenfeldes möglichst klein zu machen, was mit der Linse gemäß der Erfindung auf einfache Weise möglich ist.

Patentansprüche:

1. Magnetische Sammellinse kurzer Feldlänge (vorzugsweise Vergrößerungslinse für Elektronenoptik), bestehend aus einer Sammelspule in einem sie vollständig umgebenden, aus hochpermeablem Stoff bestehenden Mantel, der einen ringförmigen Spalt in seinem Innenteil aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die die Ränder des im Verhältnis zur Längsausdehnung der Spule schmalen Spaltes bildenden, Mantelteile nach der Achse zu polschuhartig verjüngt sind und daß die lichte Weite des Polschuhringes in der Größenordnung der Spalthöhe liegt.

2. Magnetische Sammellinse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens der eine Polschuhring nach außen trichterförmig erweitert ist.

3. Magnetische Sammellinse nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Spalthöhe nahezu gleich dem Halbmesser der lichten Weite der Polschuhringe ist.

4. Magnetische Sammellinse nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der eine Polschuhring an der objektseitigen Stirnfläche der Sammelspule liegt.

5. Magnetische Doppellinse, bestehend aus zwei dicht hintereinander angeordneten, fest miteinander verbundenen, aber unabhängig voneinander steuerbaren Sammellinsen nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4.

6. Magnetische Doppellinse nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß der Spalt zwischen den Polschuhringen mit unmagnetischem Material vakuumdicht ausgefüllt ist und der innerhalb der Spule liegende Teil des die Spule umhüllenden Mantels als Röhrenwandung einer elektronenoptischen Einrichtung dient.

7. Magnetische Doppellinse nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch die Verwendung der objektseitigen Stirnfläche des Spulenmantels als Anode der Emissionsanordnung.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

BERLIN. GEDRUCKT IN DER REICHSDRUCKEREI

Zu der Patentschrift 680 284
Kl. 21 g Gr. 35

