

gleichzeitiger spektraler Zerlegung des Lichtes — reicht die Leuchtdichte einer Glühlampe nicht aus. An ihre Stelle tritt die Hochdruck-Gasentladungslampe. Da deren Abstrahlung zeitlich und räumlich nicht konstant ist, zweigt man von dem Lichtstrom durch physikalische Teilung einen Teil auf einen zweiten Empfänger ab, welcher die Empfindlichkeit des Meß-Empfängers entsprechend den Lichtstromschwankungen steuert, Bild 3 [5]. Soll beim photometrischen Messen auch durch das Spektrum registriert werden, so ist ein Zweistrahlverfahren nach Bild 4 erforderlich [6]. Bei ihm trifft auf eine Photozelle in schnellem Wechsel das durch das Präparat gefallene Licht und das Vergleichslicht. Eine Sonderstellung nimmt der Mikro-Spektrograph nach Ruch ein, Bild 5 [7]. Bei ihm liegt der Eintrittsspalt des Spektrographen in der Bildebene des Mikroskopes, so daß er aus dem Objektbild einen linearen Bereich herauschneidet. Bei einer Aufnahme in weißem Licht entsteht daher auf der Platte des Spektrographen ein Absorptionsspektrum von jedem Punkt dieser Linie. Um die spektrale Ab-

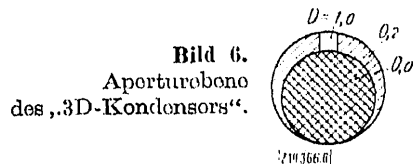
sorptionskurve einer bestimmten Stelle der Linie zu erhalten, mißt man die Spektralaufnahme in Höhe dieser Stelle lotrecht zum Spalt mit einem Mikrodensitometer aus. Ist von der Schnittlinie die Absorptionskurve einer bestimmten Wellenlänge zu ermitteln, wird die Spektralaufnahme in Richtung parallel zum Spalt ausgemessen.

Komparatorprinzip und Werkzeugmaschine

Nach dem Komparatorprinzip nach Abbe sind Prüfling und Maßstab in einer Linie anzuordnen, um Führungsfehler erster Ordnung zu vermeiden. Wie K. Rüntsch [8] zeigt, lassen sich an Präzisionswerkzeugmaschinen, bei denen dieses Prinzip nicht erfüllbar ist, solche Führungsfehler vermeiden, wenn man das optische Prinzip der Längenmeßmaschine von Lypenstein zugrunde legt. Zwei zueinander senkrechte optische Präzisionseinstellungen erlaubt ein „Optischer Kreuztisch“, der keine Führungsfehler erster Ordnung aufweist.

„3D-Super-Kondensator“

Unter dem Namen „3D-Super-Kondensator“ ist ein Durchlichtkondensator auf dem Markt erschienen und in einigen Arbeiten beschrieben [9; 10]. Er soll besonders plastische und außergewöhnlich kontrastreiche Bilder liefern. Bei dieser Erfindung von Barabas, Zselyonka u. a. handelt es sich um einen dreilinsigen Hohlfeldkondensator mit dezentrierter Zentralblende. Die von der Zentralblende freigelassene



halbmondförmige Zone der Aperturebene hat in der Mitte einen kleinen voll durchlässigen Bereich. Der Rest der Zone ist mit einer etwa 20% durchlässigen Metallschicht abgedeckt, Bild 6. Den gleichen Beleuchtungseffekt erzielt im Prinzip ein Hohlfeldkondensator mit Zentralblende, bei dem die Lichtquelle zu klein und dezentriert abgebildet wird.

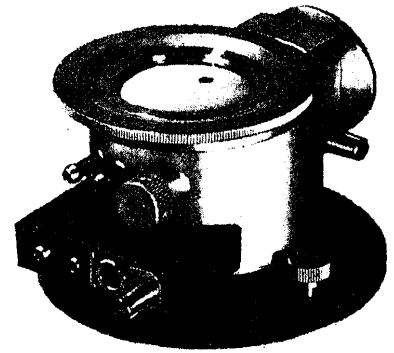


Bild 7. Vakuum-Heiztisch für Proben bis 1750 °C.

Heiztische

Ein neuer Vakuumheiztisch des deutschen Marktes, Bild 7, erlaubt mikroskopische Beobachtungen an Objekten mit einer Temperatur bis 1750 °C. Da man das Objekt von oben betrachtet, sind auch Präparate in Pulverform, Sintertabletten usw. zu beobachten. Als stärkstes Beobachtungsobjektiv ist ein Linsenobjektiv mit 0,60 Apertur und 32facher Vergrößerung anwendbar. Eine zusammenfassende Darstellung der Hochtemperatur-Metallographie von M. G. Lozinskii ist in englischer Übersetzung in London erschienen [11]. Darin sind Apparaturen und Verfahren ausführlich beschrieben.

Präparation

Eine neue Präpariertechnik für die Metallographie beschreibt W. Pepperhoff [12; 13]. Auf die polierte Probe dampft man dabei (statt sie zu ätzen) eine stark lichtbrechende Interferenzschicht auf. Diese macht nicht nur die Korngrenzen, sondern auch die unterschiedlichen Gefügebestandteile unmittelbar sichtbar und vermeidet Störungen, die an kleinsten Kristalliten durch das Ätzen auftreten können. P. A. Jacquet beschreibt ein Verfahren, bei dem ein Gerät für elektrolytisches Polieren auf das Werkstück aufgesetzt, ein Lackabdruck gemacht, dieser Aluminium bedampft und mit dem Metallmikroskop untersucht wird [14].

S 14 366

- [5] Caspersson, T., G. Lamacka u. L. Carlson: Eine Instrumentausrüstung für quantitative Cytochemie. Acta Histochem. 9 (1960) Nr. 1/4, S. 139/56.
- [6] Hansen, G.: Energetische Grenzen der Mikro-Spektrophotometrie. Zeiss Mitt. 2 (1961) Nr. 4, S. 117/24.
- [7] Ruch, F.: Ein Mikrospektrograph für Absorptionsmessungen im ultravioletten Licht. Z. wiss. Mikrosk. 64 (1960) Nr. 8, S. 453/68.
- [8] Rüntsch, K.: Komparatorsystem und Werkzeugmaschine. Maschinenmarkt 66 (1960) Nr. 27, S. 18/25.
- [9] Zselyonka, L., u. P. Kiss: Der dreidimensionale (Super-)Kondensator. Mikroskopie 15 (1961) Nr. 9/10, S. 243/83.
- [10] Lovas, B.: Oberflächenuntersuchung mit dem Abdruckverfahren bei 3D-Kondensator- und Phasenkontrastbeleuchtung. Mikroskopie 15 (1961) Nr. 11/12, S. 327/42.
- [11] Lozinskii, M. G.: High temperature metallography. London u. Oxford: Pergamon Press 1961.
- [12] Pepperhoff, W.: Gefügeentwicklung durch Interferenz-Aufdampfschichten. Arch. Eisenhüttenwes. 82 (1961) Nr. 4, S. 260/73.
- [13] Pepperhoff, W.: Entwicklung des Gefüges von Ferrolegierungen durch Interferenz-Aufdampfschichten. Arch. Eisenhüttenwes. 82 (1961) Nr. 9, S. 651/53.
- [14] Jacquet, P. A.: Zerstörungsfreie Metallographie. Metalloberfläche 14 (1960) Nr. 12, S. 368/69.

Elektronenmikroskopie Von Ernst Ruska, Berlin-Dahlem

DK 621.385.833:537.533.35 (047.1)

- [1] Ruska, E.: Elektronenmikroskopie. VDI-Z. 101 (1959) S. 1106/09.
- [2] Neunte Tagung für Elektronenmikroskopie. Phys. Verh. 10 (1959) S. 189/207.
- [3] Zehnte Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Elektronenmikroskopie e. V., Phys. Verh. 12 (1961) S. 133/54.
- [4] The Proceedings of the European Regional Conference on Electron Microscopy Delft 1960, published by De Nederlandse Vereniging voor Electronenmicroscopie Delft 1961.

Über die seit der letzten Übersicht [1] erzielten Fortschritte geben be-

Professor Dr. Ernst Ruska ist Direktor des Instituts für Elektronenmikroskopie am Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft in Berlin-Dahlem.

sonders die zahlreichen Vorträge Aufschluß, die auf der 9. und 10. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Elektronenmikroskopie in Freiburg 1959 [2] bzw. in Kiel 1961 [3] sowie auf der regionalen europäischen Konferenz über Elektronenmikroskopie in Delft 1960 [4] gehalten wurden.

Bauelemente von Elektronenmikroskopen und Ionenmikroskopen

Strahlensysteme mit negativer Steuerblende und geheizter Spitzenkathode [5; 6; 7] ergaben drei- bis zehnmals so hohe Richtstrahlwerte wie solche mit den bisher üblichen Haarnadelkathoden [6; 7]. Mit der Entwicklung eines Strahlensystems, bei dem die geheizte Spitzenkathode bei Feldemission arbeitet und damit um einige Größenordnungen bessere Richtstrahlwerte erwarten läßt, wurde begonnen [7].

Die paraxialen Kenngrößen runder magnetischer Linsen mit unsymmetrischem axialem Feldverlauf, d. h. der herkömmlichen Elektronenmikroskop-Objektive, sind beschrieben [8]. Mit dem Ziel, den Öffnungsfehler zu verkleinern, untersuchte man Korrektursysteme mit Vier- und Achtpolllinsen [9].

Zur Konstantregelung der Strahlspannung wurde der Elektronenstrahl eines 50-kV-Mikroskopes intermittierend als abbildender Strahl und nach Durchlaufen eines gesonderten, vom Objektivstrom durchflossenen Ablenkensystems als Geschwindigkeitsanalysator benutzt. Dieser erzeugt Regelpulse, die die Strahlspannung auf 0,02% konstant halten [10]. In der Beschreibung der 1,5-MV-Anlage für das im folgenden noch erwähnte Höchstspannungsmikroskop findet man angegeben, daß die Spannung über eine Zeit von einigen Minuten auf 0,01% konstant ist [11]. Bei dem gleichen Mikroskop gelang es, die Ströme in den Linsen bei 1 kW Leistung auf wenige tausendstel Promille konstant zu regeln [12].

Um Objekte im Durchstrahlungsmikroskop bei erhöhten Temperaturen untersuchen zu können, entwickelte man verschiedene heizbare Präparathalter [13], von denen einer auch eine begrenzte Orientierung zum Elektronenstrahl erlaubt [14]. Man konstruierte ferner Präparathalter, mit denen sich Objekte während der Beobachtung strecken lassen [15].

Zum Untersuchen von massiven Proben mit Hilfe der Elektronenbeugung bei streifendem Strahleinfall gibt es jetzt für das Elmiskop I von Siemens & Halske einen Beugungstisch, der eine Heizeinrichtung enthält [16].

Die Helligkeit des Leuchtschirmbildes im Elektronenmikroskop ließ sich durch einen abstrahierenden Bildverstärker vergrößern [17]. Das Bild wird dabei an einer dünnen Selen-schicht verstärkt, auf deren Vorderseite ein leitender Belag aufgebracht ist, durch den die bilderzeugenden Elektronen in die Selen-schicht eindringen. Die ohne Elektronenbestrahlung nicht leitende Selen-schicht wird je nach der Intensität der eindringenden Bildelektronen örtlich ver-

schieden stark leitend (Kathodoleitfähigkeit). Durch Abrastern der Rückseite der Selen-schicht mit einem Strahl langsamer Elektronen ebnet man das durch die Bildelektronen während der Abtastperiode entstehende Potentialgebirge ein; dabei werden Bildsignale erzeugt, die über Draht an die Intensitätssteuerblende einer Bildröhre gelangen.

Zur Aufnahme zeitlich veränderlicher Elektronenbilder dient eine Vakuumfilmkassette für 16-mm-Film, die ein Beobachten des Leuchtschirms während des Filmens gestattet [18].

Das Festhalten von Ladungsbildern auf dünnen, einseitig mit einer leitenden Schicht versehenen und hochisolierenden Folien und ihr Sichtbarmachen mit geeigneten Pigmentpulvern, deren Teilchen durch das Ladungsbild festgehalten werden, ermöglichen das „Photographieren“ bei Licht und eine sehr rasche „Entwicklung“ [19; 20]. Das geringe Auflösungsvermögen photographischer Schichten für die (meist kontrastarmen) Elektronenbilder verlangt eine sehr hohe elektronische Vergrößerung. Mittels lichtoptischer Interferenzfilter [21] gelang es, Elektronenbilder mit sehr viel besserer als photographischer Auflösung festzuhalten. Dies erreichte man auch durch Vernetzung organischer Substanzen [22].

Durchstrahlungsmikroskope

Mit dem Ziel, eine Anlage mit möglichst großem Bedienungskomfort (insbesondere bei der photographischen Aufnahme) zu schaffen, entwickelte man bei Carl Zeiss ein mit drei magnetischen Linsen ausgestattetes kommerzielles Elektronenmikroskop mit einer Strahlspannung von 60 kV und einer maximalen elektronischen Vergrößerung von 35 000 : 1, dessen Auflösung etwa 10 Å beträgt [23].

Die bisher besten elektronenmikroskopischen Abbildungen, bei denen Gitterebenen im Abstand von 3,2 Å aufgelöst sind [24], erzielte man kürzlich bei 100 kV. Bei dieser Spannung, die man noch ohne große Schwierigkeiten konstant halten kann, ist der Kontrast noch ausreichend groß und die Wellenlänge schon genügend klein. Wenn es nicht auf beste Auflösung ankommt, kann man heute mit sehr viel größeren Spannungen wesentlich dickere Objekte durchstrahlen und bei merklich niedrigeren Spannungen bessere Kontraste in dünnen Objekten erzielen.

In der Berichtszeit wurde ein Gerät für 1000 kV Strahlspannung gebaut, dessen Mikroskopröhre über 2,5 m lang ist, und die ohne die Bleiabschirmung gegen Röntgenstrahlen rd. 4000 kg wiegt. Wegen der hohen Strahlspannung werden trotz der Bleiabschirmung die Leuchtschirm-

bilder von einer Fernsehasttröhre aufgenommen und über Draht zu einem Fernsehempfänger am strahlungsgeschützten Arbeitsplatz des Beobachters übertragen. Mit diesem Elektronenmikroskop erhielt man bisher (wenn auch bei vorläufig noch mäßiger Vergrößerung und Auflösung) von verschiedenen Objekten, deren Dicke ein Vielfaches der sonst üblichen Objektdicke war, bei 750 kV

- [5] Swift, D. W., u. W. C. Nixon: The behaviour of a point cathode in a triode electron gun. In [4] S. 69/72.
- [6] Maruse, S.: Vergleichende Untersuchungen der Eigenschaften von Spitzenkathoden und Haarnadelkathoden in Strahlenerzeugungssystemen mit negativer Wehnelthlede. In [4] S. 73/77.
- [7] Krause, S., u. W. D. Riecke: Die Bestimmung des Achsenrichtstrahlwertes von Elektronenstrahlern mit Spitzenkathoden und erste Versuche zur Verwendung von Feldemissionskathoden im Elektronenmikroskop. Phys. Verh. 12 (1961) S. 141.
- [8] Dugas, J., P. Durandeu u. B. Fagot: Caractéristiques électrooptiques paraxiales des lentilles électroniques magnétiques dissymétriques. In [4] S. 35/40.
- [9] Archard, G. D., T. Mulvey u. D. P. R. Petrie: Experiments with the correction on spherical aberration. In [4] S. 51/54.
- [10] Strojnik, A.: A new type H. V. stabilizer for electron microscopes. In [4] S. 119/21.
- [11] Adler, H., R. Minkner, G. Reinhold u. J. Seitz: Ein hochstabilisierter 1,5-MeV-Elektronenbeschleuniger. In [4] S. 122/25.
- [12] Dupouy, G., u. F. Perrier: Perfectionnements aux stabilisateurs de courant destinés à l'alimentation des lentilles électroniques magnétiques. In [4] S. 110 bis 113.
- [13] Loebe, W., O. Schott u. F. Wilke: Objekt-heizungseinrichtung zum Elmiskop I. In [4] S. 134/36.
- [14] Fisher, R. M., P. R. Swann u. J. Nutting: A new objective pole-piece and specimen heating stage for the Elmiskop. In [4] S. 131/33.
- [15] Jackson, P. J., u. J. W. Matthews: A simple straining device for use in the Siemens (Elmiskop I) electron microscope. In [4] S. 137/38.
- [16] Eisfeldt, M., K. H. Herrmann u. F. Thom: Ein Elektronenbeugungsgerät als Zusatz-einrichtung zum Elmiskop I. In [4] S. 139/42.
- [17] Haine, M. E., u. P. A. Einstein: Image intensifier. In [4] S. 97/100.
- [18] Düker, H.: Eine Vakuum-Filmkamera für das Elektronenmikroskop. Phys. Verh. 12 (1961) S. 136; s. a. [55].
- [19] Trillat, J. J., u. L. Tertian: Procédé d'enregistrement électrostatique des diagrammes et images de diffraction de microscopie électronique. Bull. Soc. Franc. Minér. Crist. 82 (1959) S. 56/60.
- [20] Albert, L., u. W. Jaenicke: Elektronenmikroskopische Ladungsbilder. Phys. Verh. 12 (1961) S. 152.
- [21] Speidel, R.: Kornlose und höchstauflösende Fixierung von Ionen- und Elektronenbildern mittels lichtoptischer Interferenzfilter. Z. Physik 154 (1959) S. 238/63.
- [22] Binkels, L., u. H. Hamisch: Hochauflösende Fixierung elektronenoptischer Bilder durch Vernetzung organischer Substanzen. Angew. Chemie 74 (1962) S. 157.
- [23] Güttler, E.: Konstruktive Gesichtspunkte bei der Entwicklung eines Routine-Elektronenmikroskops hoher Leistung. Phys. Verh. 12 (1961) S. 135.
- [24] Dowell, W.: Die Abbildung von Netzebenen-scharen mit kleinem Abstand im Elektronenmikroskop. Phys. Verh. 12 (1961) S. 152.

und bei 1000 kV sowohl gut aufgelöste Beugungsdiagramme als auch Mikrogramme mit genügend vielen Graustufen [25; 26]. Ferner wurden Bak-

terien in einer durch Folien gegenüber dem Vakuum des Gerätes abgeschlossenen Kammer bei Atmosphärendruck und normaler Luftfeuchtigkeit abgebildet [27].

Mit Geräten, die nur bei 13 bzw. 18 kV arbeiteten [28; 29], erhielt man erwartungsgemäß von extrem dünnen Objekten sehr viel kontrastreicherer Bilder. Die bei kleineren Spannungen größere Ablenkung des Strahls durch magnetische Wechselfelder und Aufladung von Schmutzteilen muß noch überwunden werden, bevor höhere Auflösungen möglich sind.

In den vergangenen fünf Jahren übertrug man Interferenz- und Phasenkontrastverfahren in verschiedener Form auf das Elektronenmikroskop [30 bis 36]. In den Interferenzmikroskopen konnte man dabei die inneren Potentiale dünner Schichten messen und aus ihnen für das Elektronenmikroskop Phasenblättchen im Sinne von *Zernicke* herstellen.

Gebaut wurde ferner ein Mikroskop mit zwei gegenläufigen Elektronenstrahlen, bei dem der zusätzliche zweite Strahl vom Bildschirm zum Objekt verläuft und das Objekt in einem sehr kleinen, im vergrößerten Bild kontrollierbaren Bereich durchstrahlt. Die verschiedenartigen Wechselwirkungen zwischen Strahlsonde und Objektdetail werden registriert [37].

Auch die Verfahren zur Untersuchung ausgewählter kleiner Objektbereiche mittels Elektronenbeugung im Elektronenmikroskop erfuhren eine Verbesserung. Die beim vergrößerten Abbilden des Beugungsdiagramms durch Elektronenlinsen entstehende Verzerrung läßt sich vermindern, wenn man die von verschiedenen Linsen herrührenden Fehler gegeneinander kompensiert [38]. Die Abbildungs- und Einstellfehler der Objektivlinse und verschiedenartige magnetische Störfelder haben zur Folge, daß abgebildeter und beugender Bereich nicht genau übereinstimmen; in neueren Arbeiten [39; 40; 41] ist gezeigt, daß man deshalb Bereiche von weniger als 1 μm Durchmesser mittels einer Selektorblende nicht isoliert untersuchen kann. Dies gelingt nur, wenn man den beugenden Bereich durch Bestrahlen dieser Stelle allein auswählt. Zum Herstellen von sehr feinen Elektronensonden entwickelte man zwei neue Verfahren. Beim ersten [42] wird die Elektronenquelle zunächst mit kurzbrunnweitigen Linsen zweistufig erheblich verkleinert und dann von einer langbrunnweitigen Linse mit besonders kleinem Öffnungsfehler und korrigiertem zwei- oder dreizähligen Astigmatismus etwa im Maßstab 1 : 1 in die Präparatenebene übertragen. Dabei gelingt es, Elektronensonden von nur 0,1 μm Durchmesser zu erzeugen. Beim zweiten Verfahren [43] ordnet man das Präparat genau in der Feldmitte

einer magnetischen Objektivlinse an. Die Feldhälfte direkt vor dem Präparat hat ebenso wie das eigentliche Objektivfeld direkt hinter dem Präparat eine kurze Brennweite. Mit zwei weiteren kurzbrunnweitigen Linsen und dieser Vorfeldlinse lassen sich im Präparat Elektronensonden von 0,02 μm Dmr. herstellen. In einer dritten Anordnung [43] konnten Beugungsdiagramm und Präparatbild gleichzeitig beobachtet werden. Dabei beleuchtete man das Präparat mit einem normalen Doppellinsenkondensator (Sondendurchmesser 2 μm) und bildete es mittels der erwähnten korrigierten Kondensatorlinse als langbrunnweitiger Objektivlinse (Gegenstandsweite 300 nm) zusammen mit einer kurzbrunnweitigen Zwischenlinse und einer Projektivlinse 850fach vergrößert ab. Das Beugungsdiagramm wird auf einem Leuchtschirm vor dem Objektiv mit zentraler Bohrung beobachtet. Der durch die Bohrung und das Objektiv fallende Zentralstrahl erzeugt das Hellfeldbild. Mit dem Präparattisch kann man das Präparat über einen großen Winkelbereich drehen.

Eine zum elektrostatischen Elektronenmikroskop EM 8 von Carl Zeiss passende Zusatzeinrichtung ermöglicht das Aufnehmen von Kleinwinkel-Elektronenbeugungsdiagrammen [44].

Man verbesserte des weiteren die Abbildung von Objekten unter Atmosphärendruck und untersuchte den Einfluß der dünnen, das Objekt umgebenden Gasschichten experimentell [45]. Es zeigte sich, daß nicht nur Luft und Sauerstoff, sondern bei genügend hohem Druck alle Gase im bestrahlten Objekt zu einem Kohlenstoffabbau führen können. Die Abbaugeschwindigkeit hängt vom Druck und von der Art des Gases sowie von der Objekttemperatur ab. Bei langsamem Abbau wird nur die Objektverschmutzung verzögert, bei schnellerem jedes kohlenstoffhaltige Objekt selbst beschädigt. Bemerkenswerte Anwendungen sind außer der Untersuchung von Gasreaktionen das Verhindern des Austrocknens von elektronenmikroskopischen Objekten sowie eine kontrastierende und differenzierende Ätzung von organischen Stoffen während des Beobachtens.

Rückstrahlungsmikroskope

Neu ist ein Gerät, das wegen seiner universellen Objektbewegungsmöglichkeit und der Kompensation der außeraxialen chromatischen Linsenfehler besonders für Rückstrahlungsmikroskopie und -Beugung geeignet ist, aber auch Durchstrahlungsuntersuchungen zuläßt. Die Objekte lassen sich während der Beobachtung von -80°C . bis $+1000^\circ\text{C}$ temperieren und dabei durch Ionenbeschuß chemisch beeinflussen oder ätzen [46].

- [25] Dupouy, G., F. Perrier u. R. Fabre: Microscopie électronique fonctionnant sous très haute tension. C. R. Acad. Sci. (Paris) 252 (1961) S. 627/32.
- [26] Dupouy, G., u. F. Perrier: Etude de la structure des métaux et des alliages au moyen d'un microscope électronique. C. R. Acad. Sci. (Paris) 253 (1961) S. 2435/40.
- [27] Dupouy, G., F. Perrier u. L. Durrieu: L'observation de la matière vivante au moyen d'un microscope électronique fonctionnant sous très haute tension. C. R. Acad. Sci. (Paris) 251 (1960) S. 2836/41.
- [28] van Dorsten, A. C., u. H. F. Prensela: Low voltage electron microscopy. In [4] S. 101/04.
- [29] Wilksa, A. P.: Low voltage electron microscope. In [4] S. 105/09.
- [30] Möllenstedt, G., u. M. Keller: Elektroneninterferometrische Messung des inneren Potentials. Z. Physik 148 (1957) S. 34/37.
- [31] Möllenstedt, G., u. R. Buhl: Ein Elektronen-Interferenz-Mikroskop. Physik. Bl. 13 (1957) S. 357/60.
- [32] Buhl, R.: Interferenzmikroskopie mit Elektronenwellen. Z. Physik 156 (1959) S. 395/412.
- [33] Möllenstedt, G.: Aktuelle Probleme der Elektronenmikroskopie. In [4] S. 1/17.
- [34] Paget, J., u. Ch. Fert: Microscopie interférentielle et mesure de la différence de phase introduite par une lampe en optique électronique. C. R. Acad. Sci. (Paris) 244 (1957) S. 2368/71.
- [35] Pagot, M., u. Ch. Fert: Contraste de défocalisation en éclairage cohérent, cas d'un objet périodique en microscopie électronique. C. R. Acad. Sci. (Paris) 250 (1960) S. 94/96.
- [36] Pagot, J., M. Pagot u. Ch. Fert: Microscopie électronique en éclairage cohérent: microscopie interférentielle, contraste de défocalisation, striescopie et contraste de phase. In [4] S. 18/24.
- [37] Nixon, W. C.: A double gun electron microscope for selected area analysis. In [4] S. 92/96.
- [38] Dowell, W. C. T.: The use of imaging lenses for comparative electron diffraction. In [4] S. 55/59.
- [39] Agar, A. W.: Accuracy of selected-area microdiffraction in the electron microscope. Brit. J. appl. Physics 11 (1960) S. 185/89.
- [40] Riecke, W. D.: Über die Genauigkeit der Übereinstimmung von ausgewählten und beugendem Bereich bei der Feinbereichselektronenbeugung in *Le Poole*-schen Strahlengang. Optik 18 (1961) S. 278/93.
- [41] Römer, H.: Über eine einfache Methode zur Prüfung der Zuordnungsgenauigkeit bei der Feinbereichsbeugung. Phys. Verh. 12 (1961) S. 135.
- [42] Riecke, W. D.: Feinstrahl-Elektronenbeugung mit dreistufigem Kondensator und langbrunnweitiger letzter Kondensatorstufe. Optik 19 (1962) S. 81/116.
- [43] Riecke, W. D.: Neue Methoden zur Aufnahme von Beugungsdiagrammen kleiner ausgewählter Bereiche aus Durchstrahlungspräparaten. In [4] S. 82/88.
- [44] Mahl, H., u. W. Weitsch: Kleinwinkel-Beugung mit Elektronenstrahlen. In [4] S. 143/46.
- [45] Heide, H. G.: Elektronenmikroskopie von Objekten unter Atmosphärendruck oder unter Drucken, welche ihre Austrocknung verhindern. Die Naturwissenschaften 47 (1960) S. 313/17.
- [46] Müller, K., E. Ruska, H. Büttner u. K. Kerbstadt: Ein Elektronenstrahlgerät zur Untersuchung temperierter Objekte durch Mikroskopie und Beugung im Rückstrahl- und Durchstrahlverfahren. In [4] S. 78/81.