

KfK 3750
Juni 1984

Konzepte für die Herstellung von Vielkanal-Bildverstärkerplatten durch Röntgentiefenlithographie und Mikrogalvanoplastik

**E. W. Becker, F. S. Becker, W. Ehrfeld
Institut für Kernverfahrenstechnik**

Kernforschungszentrum Karlsruhe

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE
Institut für Kernverfahrenstechnik

KfK 3750

KONZEPTE FÜR DIE HERSTELLUNG VON VIELKANAL-BILDVERSTÄRKER-
PLATTEN DURCH RÖNTGENTIEFENLITHOGRAPHIE UND MIKROGALVANOPLASTIK

von

E.W. Becker, F.S. Becker ^{x)}, W. Ehrfeld

x) Siemens AG, Zentrale Forschung und Entwicklung,
Otto Hahn Ring 6, D-8000 München 83

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

Als Manuskript vervielfältigt
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
ISSN 0303-4003

KONZEPTE FÜR DIE HERSTELLUNG VON VIELKANAL-BILDVERSTÄRKERPLATTEN DURCH RÖNTGENTIEFENLITHOGRAPHIE UND MIKROGALVANOPLASTIK

Zusammenfassung

Durch eine Kombination von Röntgentiefenlithographie mit Synchrotronstrahlung und Mikrogalvanoplastik können Mikrostrukturen mit extrem hohem Aspektverhältnis hergestellt werden. In diesem Bericht wird im Rahmen einer Vorstudie gezeigt, wie diese Fertigungstechnik, die ursprünglich für die Fertigung technischer Trenndüsen-elemente entwickelt wurde, zur Herstellung von Vielkanal-Bildverstärkerplatten genutzt werden könnte. Ein besonderer Vorteil dieser Fertigungstechnik ist darin zu sehen, daß Streuungen in den Abmessungen und Positionen der Kanäle gegenüber anderen Fertigungsmethoden wesentlich herabgesetzt werden können, was u.a. eine direkte Zuordnung einzelner Kanäle oder Kanalgruppen zu anderen diskreten Mikrostrukturen auf der Eingangs- und der Ausgangsseite der Vielkanalplatte ermöglicht. Für die Herstellung von Vielkanalplatten aus Glas ist vorgesehen, zunächst durch Röntgentiefenlithographie ein Kunststoffpositiv mit einer Vielzahl eng benachbarter Kanäle zu erzeugen, das galvanisch mit Metall abgeformt werden kann. In die so gewonnene Metallform kann dann Glas eingeschmolzen werden, worauf dann wieder die Metallform aufgelöst werden soll, so daß eine Vielkanalplatte aus Glas verbleibt. Für die Herstellung geschichteter Vielkanalplatten, die aus gegeneinander isolierten Dynoden in Form von Lochblechen aufgebaut sind, soll durch Röntgentiefenlithographie zunächst ein Kunststoffnegativ mit einer Vielzahl eng benachbarter Kunststoffsäulen erzeugt werden. In die Zwischenräume zwischen den Säulen können dann abwechselnd Schichten aus unterschiedlichen Materialien abgeschieden werden, welche die Dynoden bilden bzw. zur Isolation der auf unterschiedlichem Potential liegenden Dynoden genutzt werden können.

CONCEPTS OF FABRICATING MULTICHANNEL PLATES FOR IMAGE INTENSIFIERS BY X-RAY LITHOGRAPHY AND MICRO-ELECTROFORMING

Abstract

Microstructures with extremely high aspect ratios can be fabricated by means of X-ray lithography using synchrotron radiation and micro-electroforming, which technique has been developed for the production of micron-sized commercial separation nozzle elements. This paper deals with the possible application of the technique for the production of multichannel plates for image intensifiers. A major advantage of this technique is due to the fact that, compared to other fabrication methods, the tolerances of the dimensions and positions of the channels can be greatly reduced. As a result, single channels or groups of channels can be matched directly to other discrete microstructures at the input or output of a multichannel plate. For producing multichannel plates from glass, a positive plastic mold with a multitude of closely adjacent channels is to be generated by means of X-ray lithography. In a second step, a negative metal mold of the channel plate can be made by electroforming. This metal mold can then be filled with molten glass. By dissolving the negative metal mold a multichannel plate consisting of glass will remain. For producing laminated multichannel plates consisting of isolated dynodes in the shape of perforated metal sheets, a negative plastic mold with a multitude of closely adjacent columns is to be generated by X-ray lithography. Sheets of various materials can then be deposited alternately into the interspaces between the columns. The sheets of one material constitute the dynodes, while the other material is used for the electrical insulation of the dynodes.

Einleitung

Vor einiger Zeit wurde über ein Verfahren zur Herstellung extrem kleiner Trenndüsenysteme zur Urananreicherung berichtet, das auf Röntgentiefenlithographie mit Synchrotronstrahlung und Mikrogalvanoplastik beruht ("LIGA"-Verfahren) /1/. Bei den vom Kernforschungszentrum Karlsruhe gemeinsam mit der Siemens-AG und dem Institut für Festkörpertechnologie der Fraunhofer-Gesellschaft durchgeführten Arbeiten wurden sowohl bei der primär anfallenden Kunststoffform als auch bei der damit durchgeführten Galvanoplastik bisher unbekannte Kombinationen von räumlichem Auflösungsvermögen, Aspektverhältnis und Parallelität der Strukturwände erreicht. Dies geht z. B. aus der in Abb. 1 gezeigten Trenndüsenstruktur aus Nickel hervor, die bei einer Abschälerweite von $3\ \mu\text{m}$ eine Strukturhöhe von $350\ \mu\text{m}$ besitzt. Für die Massenfertigung sollen die Nickelstrukturen wiederholt mit einem nichthaftenden Kunststoff abgeformt und die gewonnenen sekundären Kunststoffformen für die Galvanoplastik verwendet werden.

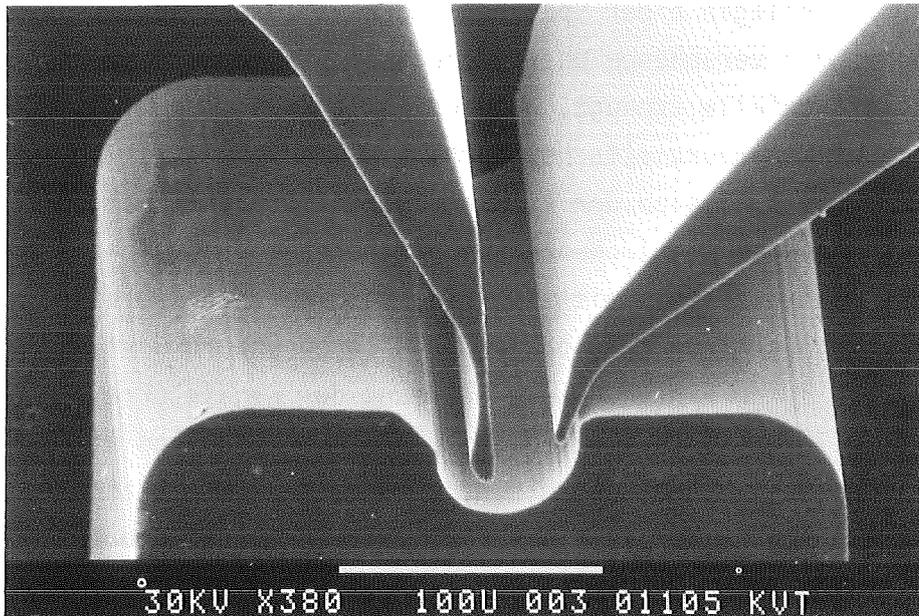


Abb. 1: Durch Röntgentiefenlithographie mit Synchrotronstrahlung und Mikrogalvanoplastik hergestelltes Trenndüsenystem aus Nickel. Abstand des Abschälers von der Umlenkwand $3\ \mu\text{m}$; Strukturhöhe senkrecht zur Bildebene $350\ \mu\text{m}$. REM-Aufnahme. Die Länge des Strichs am unteren Bildrand entspricht etwa $100\ \mu\text{m}$.

Bei der Suche nach weiteren Anwendungsmöglichkeiten des LIGA-Verfahrens zeigte sich, daß es eine ganze Reihe erfolgversprechender Ansatzpunkte gibt. Da entsprechende Entwicklungsarbeiten aber mit erheblichem Aufwand verbunden sind, ist vorgesehen, das Entwicklungspotential der einzelnen Anwendungen zunächst in Vorstudien genauer zu untersuchen. Im folgenden wird eine solche Vorstudie für den Einsatz des LIGA-Verfahrens bei der Herstellung von Vielkanal-Bildverstärkerplatten vorgelegt.

Stand der Technik und Zielsetzung

Bekanntlich lassen sich optische Bilder oder andere flächenhafte Signalverteilungen mit einer sogenannten Vielkanal-Bildverstärkerplatte verstärken^{*)} /2/. Sie besteht aus einer etwa 1 mm dicken, in einem evakuierten Gefäß eingeschlossenen Glasplatte, die senkrecht oder schräg zur Oberfläche von vielen eng benachbarten Kanälen von etwa 30 Mikrometer Durchmesser durchsetzt ist. Durch Verwendung bleioxidhaltiger Gläser und eine Nachbehandlung mit reduzierenden Gasen bei erhöhter Temperatur sind die inneren Oberflächen der Kanäle schwach elektrisch leitend gemacht. Durch Anlegen einer Spannung von etwa 1000 Volt zwischen den mit Metallüberzügen versehenen Oberflächen der Platte wird in den Kanälen ein Potentialgefälle erzeugt, wodurch jeder Kanal die Eigenschaften eines Sekundärelektronenvervielfachers erhält. Eine Schrägstellung der Kanäle begünstigt die Kollision der Primärteilchen mit den Kanalwänden und damit die gewünschte Elektronenauslösung. Daneben ermöglicht sie den Aufbau eines Plattenstapels mit zick-zack-förmiger Kanalstruktur, die die unerwünschte Beschleunigung parasitärer Ionen unterdrückt. Eine ähnliche Wirkung kann durch eine schwache Krümmung der Kanäle erreicht werden. Vielkanal-Bildverstärkerplatten aus Glas in Kombination mit einer Fotokatode und einem Leuchtschirm sind beispielsweise die aktiven Bauelemente von Nachtsichtgeräten, die Licht-Verstärkungsfaktoren über 10000 liefern /3/.

*) Andere Bezeichnungen: Kanal-Vervielfacherplatte, Multi- bzw. Micro-Channel Plate.

Vielkanal-Bildverstärkerplatten aus Glas werden heute gewöhnlich nach dem sogenannten Doppelziehverfahren hergestellt /2/: Dabei werden hohle oder mit einem leichter löslichen Glas gefüllte Glaszylinder zu Glasfäden ausgezogen, die gebündelt, verschmolzen und weiter ausgezogen werden, wonach die Vorgänge des Bündelns und Verschmelzens wiederholt werden. Das endgültige Bündel wird in etwa 1 mm dicke Platten zerschnitten, aus denen die auf einen Durchmesser von etwa 30 μm heruntergezogenen Kerne aus leichter löslichem Glas herausgelöst werden.

Obwohl das Doppelziehverfahren zu hoher Vollkommenheit entwickelt worden ist, müssen bei ihm, wie bei den anderen bekannten Herstellungsverfahren, gewisse Streuungen in den Abmessungen und Positionen der Kanäle in Kauf genommen werden. Die Streuungen verhindern oder erschweren die Zuordnung einzelner Kanäle oder Kanalgruppen des Bildverstärkers zu anderen mit Methoden der Mikrofertigung hergestellten optischen oder elektrischen Bauteilen. Die Streuungen sind auch dafür verantwortlich, daß sich bei dem erwähnten Aufbau eines Plattenstapels mit zick-zackförmiger Kanalstruktur erhebliche Verluste im Auflösungsvermögen ergeben.

Durch Anwendung des LIGA-Verfahrens sollen die Streuungen in den Abmessungen und Positionen der Kanäle der aus Glas oder einem anderen elektrischen Isolator hergestellten Vielkanal-Bildverstärkerplatten erheblich herabgesetzt werden.

Bei den Vielkanal-Bildverstärkerplatten der bisher besprochenen Art begrenzt der in den Wänden der Kanäle aufrechterhaltbare Strom die Größe des Ausgangssignals. Ist der Fluß der Sekundärelektronen zu groß, so wird die aus der Oberfläche eines Kanals befreite elektrische Ladung nicht mehr schnell genug ersetzt. Das elektrische Feld verändert sich dann so, daß der Kanal nur noch eine geringe Verstärkung bewirkt /2/. Bei Verwendung der Vielkanal-Bildverstärkerplatte zur Registrierung kurzzeitiger intensiver Signale macht sich dieser Effekt durch eine entsprechende "Totzeit" bemerkbar, die mehrere Millisekunden betragen kann. Diese Verstärkungsbegrenzung läßt sich weitgehend beseitigen, wenn man die Bildverstärkerplatten aus zahlreichen elektrisch gegenein-

ander isolierten, mit eng benachbarten Löchern versehenen Metallschichten zusammensetzt, die so gestapelt sind, daß die Löcher eng benachbarte, senkrecht zur Plattenoberfläche verlaufende Kanäle bilden /4/. Die Schichten sind einzeln so an eine Spannungsquelle angeschlossen, daß sich zwischen ihnen ein stufenweiser Potentialanstieg ergibt. Die Kanäle erhalten dadurch wieder die Funktion von Sekundärelektronenvervielfachern, wobei die mit Löchern versehenen Metallschichten die Dynoden bilden. Der optimale Lochdurchmesser der Dynoden liegt in der Größenordnung der Schichtdicken.

Die zum Aufbau geschichteter Vielkanal-Bildverstärkerplatten benötigten Dynoden lassen sich mit genau vorgebbaren Querschnitten und Positionen der Löcher sowie hoher Transparenz, d. h. hohem Verhältnis von Summe der Lochquerschnitte zu Gesamtfläche, nach bekannten Methoden der Mikrofertigung herstellen. Beispielsweise können die Kanäle in vorgegebene dünne Metallplatten unter Verwendung lithographischer Methoden durch Formätzen eingebracht werden /5/. Es ist aber auch möglich, mit Kanälen versehene dünne Metallplatten galvanoplastisch unter Verwendung lithographisch erzeugter Kunststoffformen herzustellen.

Wenn bei geschichteten Vielkanal-Bildverstärkerplatten ein ähnlich hohes räumliches Auflösungsvermögen wie bei den Bildverstärkerplatten aus Glas erreicht werden soll, müssen die Durchmesser der Löcher und damit die Stärken der Dynoden in der Größenordnung von 30 μm und darunter liegen. Es ergeben sich dann erhebliche Probleme beim gegenseitigen Ausrichten und elektrischen Isolieren der getrennt hergestellten folienartigen Dynoden. Man kann zwar daran denken, diese Probleme dadurch zu umgehen, daß man Folien erst nach dem Stapeln und gegenseitigen Isolieren mit Löchern versieht. Es ist jedoch kein Verfahren bekannt geworden, bei dem eine solche nachträgliche Bearbeitung mit vertretbarem Aufwand zu geschichteten Vielkanal-Bildverstärkerplatten mit hohem räumlichem Auflösungsvermögen und hoher Transparenz führt.

Unter Einsatz des LIGA-Verfahrens sollen geschichtete Vielkanal-Bildverstärkerplatten hergestellt werden, die ein ähnlich hohes räumliches Auf-

Lösungsvermögen und ähnlich hohe Transparenz wie Vielkanal-Bildverstärkerplatten aus Glas haben, ohne daß die erwähnten Begrenzungen im Verstärkungsfaktor und in der Signalfrequenz in Kauf genommen werden müssen.

Vielkanal-Bildverstärkerplatten aus elektrisch isolierendem Material

Die Strukturen der im ersten Arbeitsschritt des LIGA-Verfahrens anfallenden Kunststoffform können durch entsprechende Ausgestaltung der Absorberstrukturen der Röntgenmaske nahezu beliebig vorgegeben werden. Verwendet man einen Positiv-Resist, wie z. B. Polymethylmethacrylat (PMMA), und eine Absorberstruktur in Form zusammenhängender Sechsecklinien, so ergibt sich nach der Entwicklung^{*)} die in Abb. 2 gezeigte Wabenstruktur aus Kunststoff.^{**)} Im Prinzip könnte sie, nach Aufbringung eines elektrisch schwach leitenden Überzuges auf den Kanalwänden und eines gut leitenden auf den Kanallendflächen, unmittelbar als Bildverstärkerplatte verwendet werden. Jedoch ist nicht damit zu rechnen, daß das für die Strukturierung durch Röntgenstrahlen besonders geeignete Material auch als Strukturmaterial für die Bildverstärkerplatte optimal ist.

Entsprechend Abb. 3 wurde daher vorgesehen, von der primären Kunststoffform durch galvanische Abformung zunächst eine metallische Negativ-Form herzustellen, die mit einem für den Aufbau von Vielkanal-Bildverstärkerplatten geeigneten Material aufgefüllt wird. Anschließend wird dann die Negativ-Form, z. B. durch Auflösen, entfernt. Die im vorigen Abschnitt erwähnte Schrägstellung der Kanäle wird nach Abb. 3 durch schrägen Einfall der Synchrotronstrahlung erreicht. Zur Vermeidung einer Verschmierung der Strukturkanten wird eine Maske verwendet, bei deren Herstellung die zur Strukturierung benutzte Strahlung unter dem für die Herstellung der Vielkanalplatte vorgesehenen Winkel aufgetroffen ist.

*) Die Entwicklung wurde mit einem Multikomponenten-Entwickler entsprechend /6/ durchgeführt.

***) Die Bestrahlung des PMMA-Resists erfolgte am Synchrotron des Physikalischen Instituts der Universität Bonn, die Röntgenmaske wurde von der Firma Siemens hergestellt. Die Bestrahlungsexperimente, über die in Kürze ausführlich berichtet werden wird, wurden von P. Hagmann, A. Maner, J. Mohr und D. Münchmeyer durchgeführt.

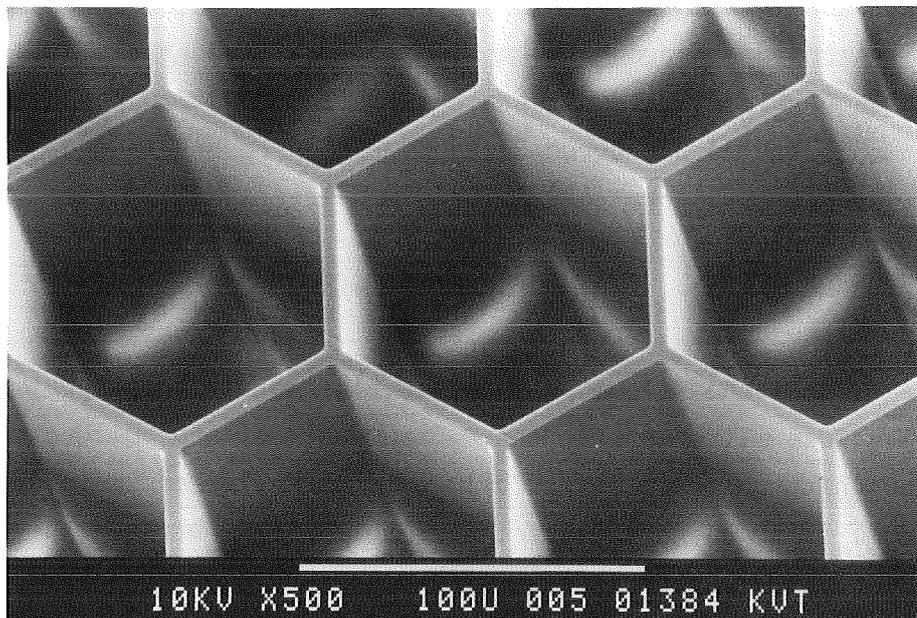
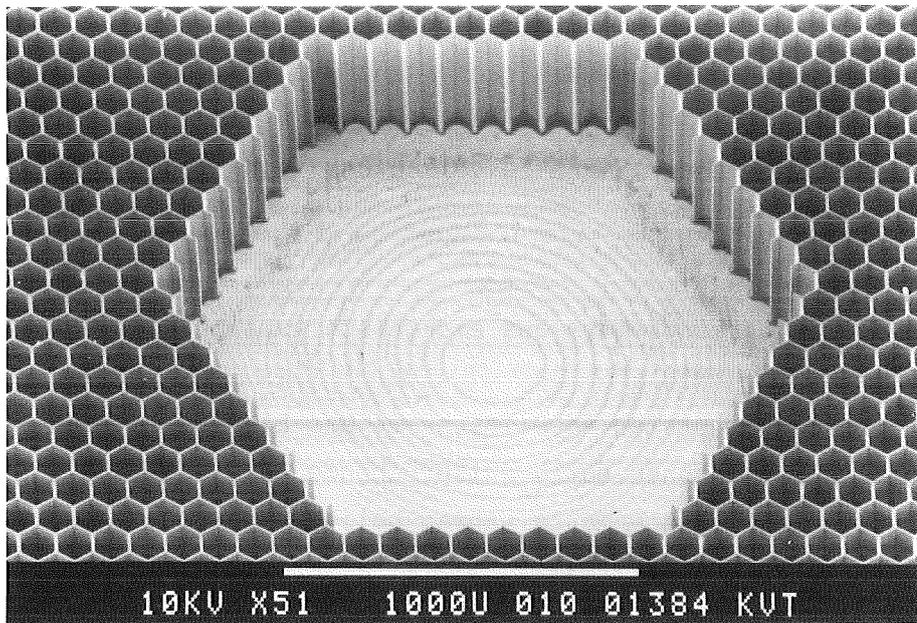


Abb. 2: Durch Röntgentiefenlithographie mit Synchrotronstrahlung hergestellte Wabenstruktur aus PMMA. Wandstärke $4\ \mu\text{m}$, kleinster Wabendurchmesser $80\ \mu\text{m}$, Strukturhöhe $350\ \mu\text{m}$. Der von angeschnittenen Wabenstrukturen umgebene Freiraum im Zentrum des oberen Bildes ermöglicht eine Beurteilung der Strukturgenauigkeit in größerer Tiefe. REM-Aufnahme. Die Längen der Striche an den unteren Bildrändern entsprechen etwa 1000 bzw. $100\ \mu\text{m}$.

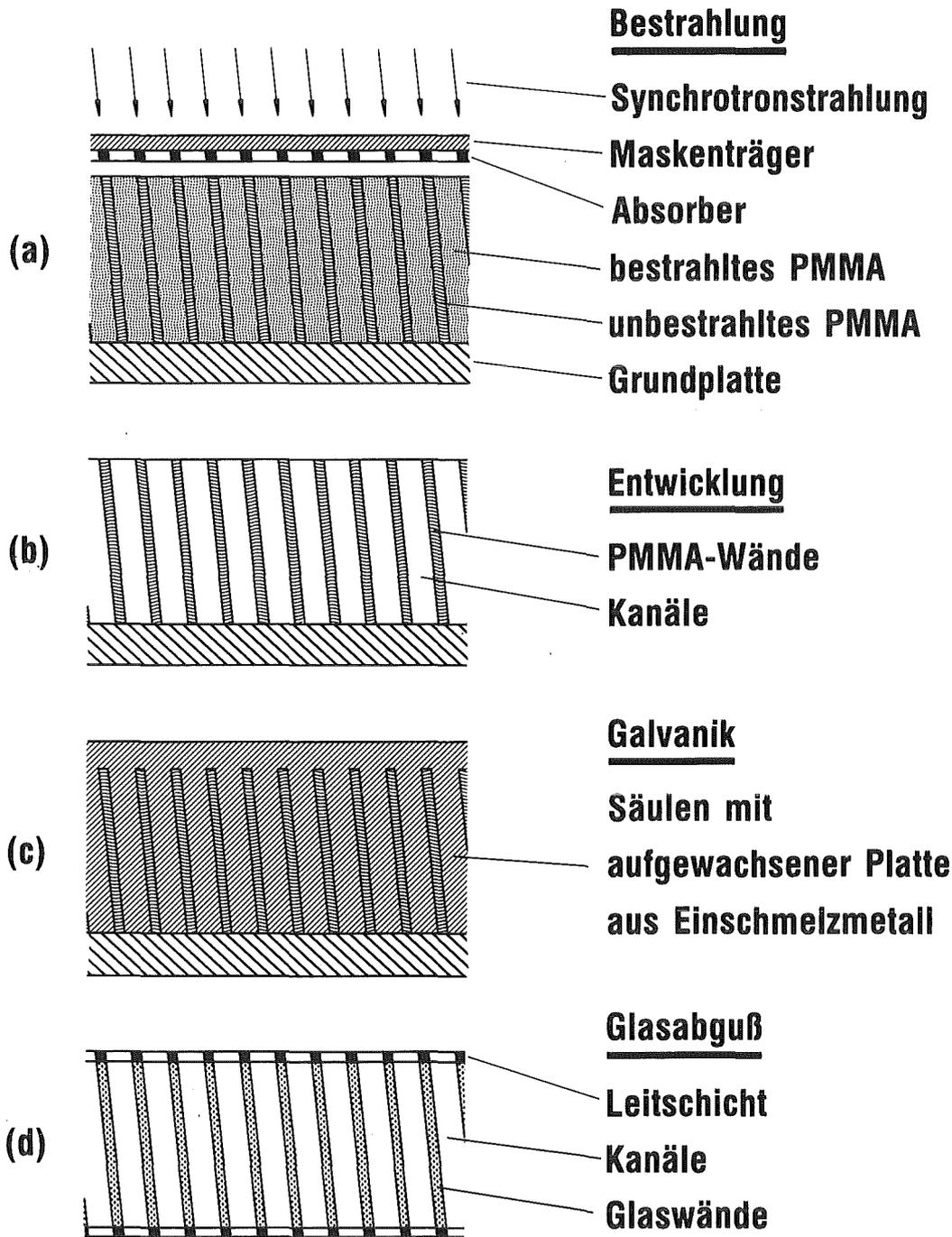


Abb. 3: Herstellung von Vielkanal-Bildverstärkerplatten aus Glas: Durch Bestrahlen (a) einer PMMA-Platte mit Synchrotronstrahlung über eine Maske und Herauslösen der bestrahlten Bereiche ("Entwicklung") (b) wird eine Vielkanalplatte aus Kunststoff hergestellt, die galvanoplastisch mit Einschmelzmetall abgeformt wird (c). Die nach Entfernen der Kunststoffform zurückbleibende Negativform aus Metall wird mit Glas aufgefüllt, wonach die Negativform durch Herauslösen entfernt und der Glasabguß auf üblichem Wege mit Leitschichten versehen wird (d). Aus Gründen der Darstellung wurde bei den obigen Figuren das Verhältnis von Kanallänge zu Kanaldurchmesser vermindert.

Zum Auffüllen der metallischen Vielkanal-Negativ-Form kann das beim Doppelziehverfahren verwendete, Bleioxid enthaltende Glas benutzt werden. Das Glas kann eingeschmolzen oder, unter Verwendung von Glaspulver, eingesintert werden. Für das Auffüllen kommen aber auch andere elektrisch nicht oder nur schwach leitende Materialien, beispielsweise Al_2O_3 -Pulver, in Frage, das sich bei höherer Temperatur ebenfalls zu einem formbeständigen Körper zusammensintern läßt. Zur Erzielung einer ausreichenden elektrischen Leitfähigkeit muß dabei gegebenenfalls die bei den bleioxidhaltigen Gläsern übliche Nachbehandlung mit H_2 durch eine andere Nachbehandlung, z. B. nach der bekannten CVD-Methode ("Chemical vapor deposition"), ersetzt werden.

Zur Verbilligung der Massenfertigung von Vielkanal-Bildverstärkerplatten aus elektrisch isolierendem Material können mit der durch Röntgentiefenlithographie und Mikrogalvanoplastik hergestellten metallischen Negativ-Form, unter Verwendung eines nicht haftenden Kunststoffes, sekundäre Kunststoffform hergestellt werden, die bei der Massenfertigung die Rolle der primären Kunststoffform übernehmen.

Geschichtete Vielkanal-Bildverstärkerplatten aus Metall

Verwendet man bei der Bestrahlung des Positiv-Resists eine Maske, bei der die Absorberstruktur aus Sechseckflächen mit schmalen Zwischenräumen besteht, so ergibt sich nach der Entwicklung die in Abb. 4 gezeigte Negativ-Form einer Wabenstruktur^{*)}. Sie kann, unter Verwendung einer mit ihr verbundenen Metallelektrode, zur galvanischen Herstellung der Dynoden einer geschichteten Vielkanal-Bildverstärkerplatte aus Metall benutzt werden.

Um die Probleme beim nachträglichen Stapeln einzeln hergestellter Dynoden zu vermeiden, wurde nach Abb. 5 vorgesehen, die Dynoden nacheinander in einer entsprechend hohen Negativ-Form abwechselnd mit Zwischenschichten zu erzeugen, mit denen die Dynoden elektrisch gegeneinander isoliert werden können.

*) Bei Strukturen mit besonders hohem Aspektverhältnis kann es zweckmäßig sein, die der Grundplatte abgewandten Enden der säulenförmigen Negativ-Formen der Kanäle vor dem Entwickeln gegenseitig zu fixieren, was z. B. mit einem lithographisch aufgetragenen Kunststoffnetz erfolgen kann.

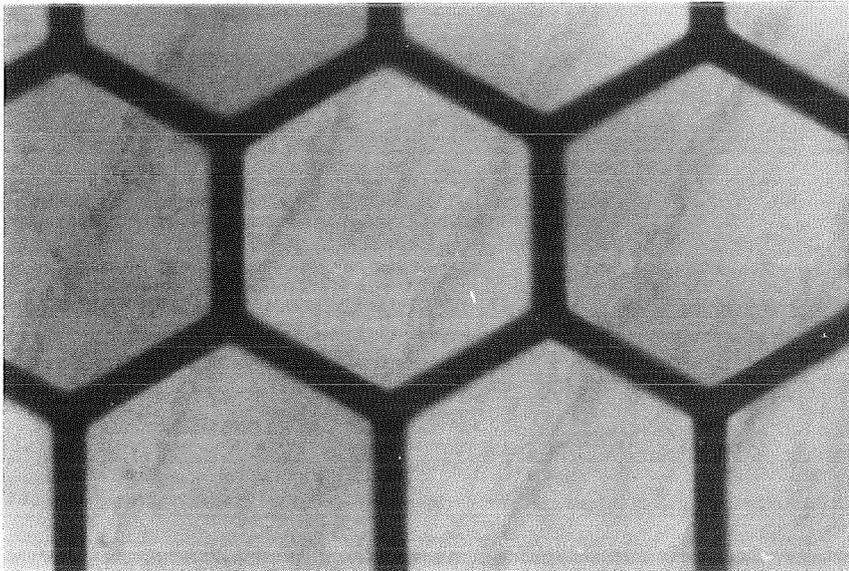
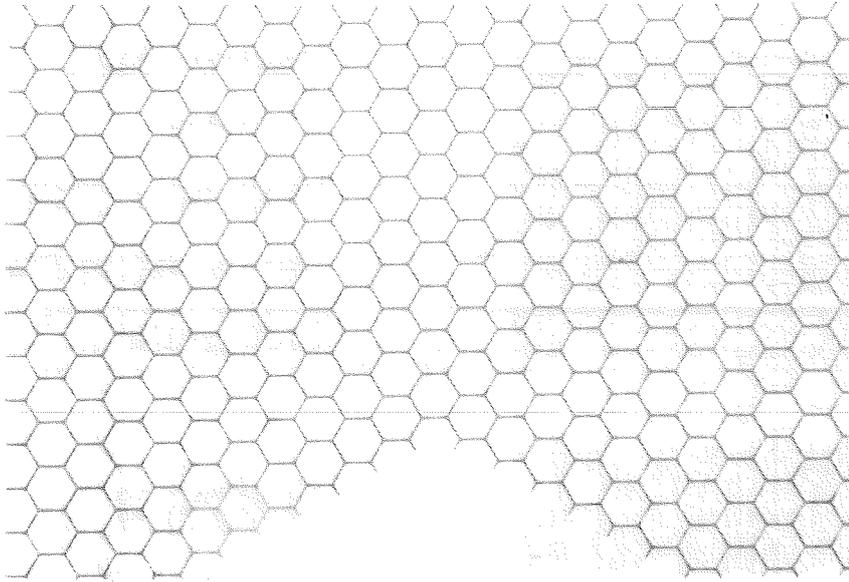


Abb. 4: Durch Röntgentiefenlithographie mit Synchrotronstrahlung hergestellte Negativ-Form einer Wabenstruktur aus PMMA. Abstand der Sechskantsäulen $4\ \mu\text{m}$; kleinster Säulendurchmesser $80\ \mu\text{m}$; Strukturhöhe $350\ \mu\text{m}$. Lichtoptische Aufnahmen.

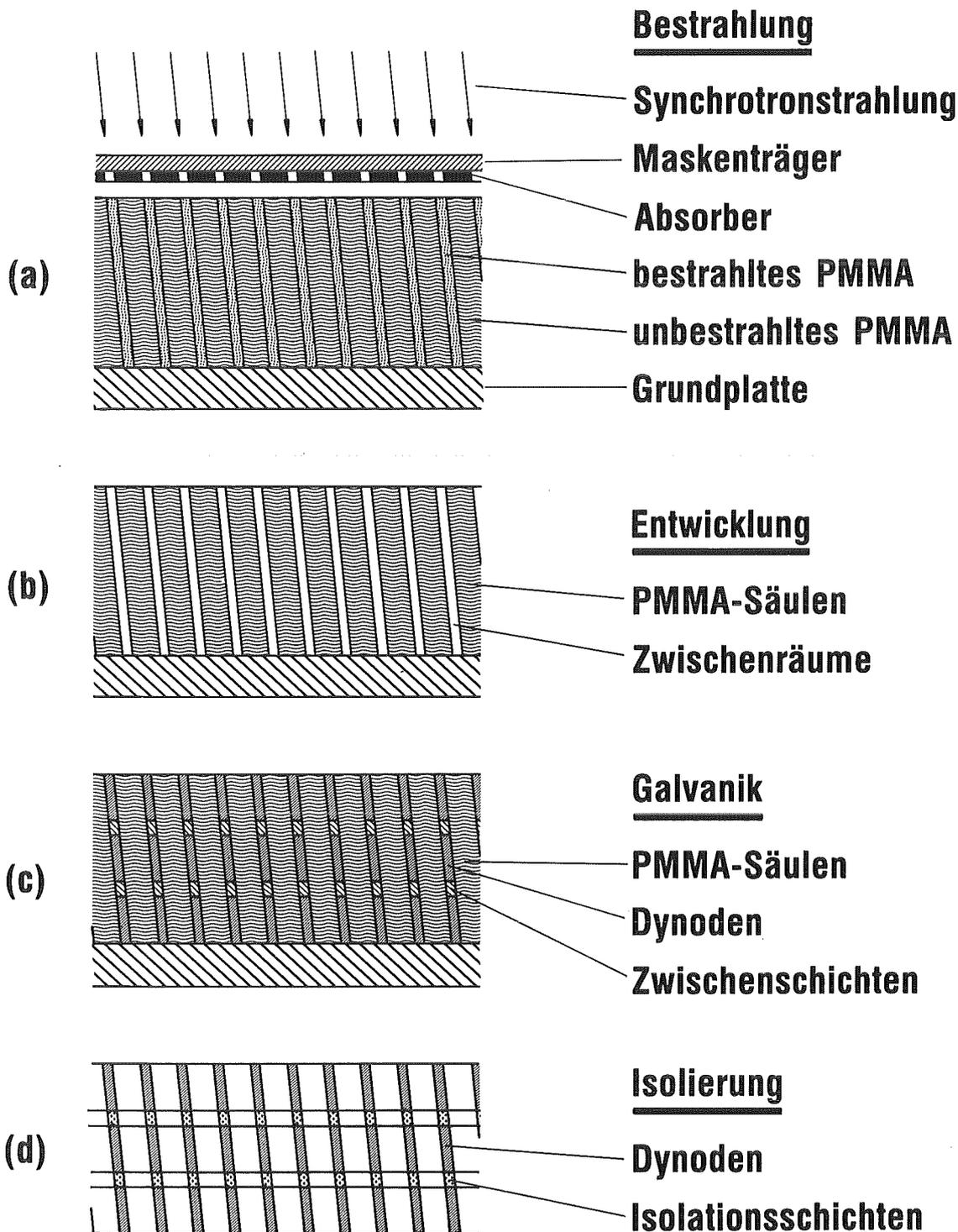


Abb. 5: Herstellung von geschichteten Vielkanal-Bildverstärkerplatten aus Metall. Durch Bestrahlen (a) einer PMMA-Platte mit Synchrotronstrahlung über eine Maske und Herauslösen der bestrahlten Bereiche ("Entwicklung") (b) wird die Negativ-Form einer Vielkanalplatte aus Kunststoff hergestellt, in der die Dynoden galvanoplastisch abwechselnd mit für die elektrische Isolation vorgesehenen Zwischenschichten abgeschieden werden (c). Die Isolation kann auf verschiedenen Wegen, z.B. durch Herauslösen oder chemisches Umwandeln der Zwischenschichten erreicht werden (d), (vgl. Text). Aus Gründen der Darstellung wurde bei den obigen Figuren das Verhältnis von Kanallänge zu Kanaldurchmesser vermindert und die Zahl der Dynoden verringert.

Am einfachsten läßt sich die elektrische Isolation dadurch erreichen, daß für die Zwischenschichten ein im Vergleich zum Dynodenmaterial leichter lösliches Metall verwendet wird, das nach der Entfernung der Negativ-Form herausgelöst wird. Die gegenseitige Ausrichtung der Dynoden bleibt dabei über elektrisch isolierende Stützen erhalten, die beim galvanischen Aufbau des Stapels in die Metallschichten eingebettet worden sind.

Auf Stützen kann man verzichten, wenn die Zwischenschichten aus Aluminium bestehen, das nach der Entfernung der Negativ-Form chemisch in das gut isolierende Al_2O_3 umgewandelt wird.

Schließlich ist es auch möglich, die einzelnen Aluminiumschichten unmittelbar nach ihrer Abscheidung chemisch oder elektrochemisch zu oxidieren. Zur Erleichterung der nachfolgenden Galvanik kann dabei auf die Oxidschichten chemisch jeweils eine dünne Metallschicht aufgebracht werden, die eine Stromzuführung parallel zur Plattenoberfläche ermöglicht.

Die zuletzt beschriebene Ausführungsform läßt sich erheblich vereinfachen, wenn Aluminium auch als Dynodenmaterial akzeptiert werden kann.

Zur Verbilligung der Massenfertigung von geschichteten Vielkanal-Bildverstärkerplatten aus Metall kann mit der durch Röntgentiefenlithographie hergestellten primären Negativ-Form durch galvanische Abformung eine metallische Positiv-Form hergestellt werden, mit der, unter Verwendung eines nicht haftenden Kunststoffes, sekundäre Negativ-Formen hergestellt werden, die bei der Massenfertigung die Rolle der primären Negativ-Form übernehmen.

Besondere Anwendungsmöglichkeiten

Die geringen Fehlergrenzen der Abmessungen und Positionen der einzelnen Kanäle der durch Röntgentiefenlithographie und Mikrogalvanoplastik hergestellten Vielkanal-Bildverstärkerplatten eröffnen u. a. die Möglichkeit, Bilder direkt unter Erhaltung ihres Farbinformationsgehaltes zu verstärken. Nach Abb. 6 wird dazu der Fotokatode eine optische Filterplatte vorgeschaltet, die in einem mit der Bildverstärkerplatte deckungsgleichen Raster eine periodische Anordnung von Filtern für die drei

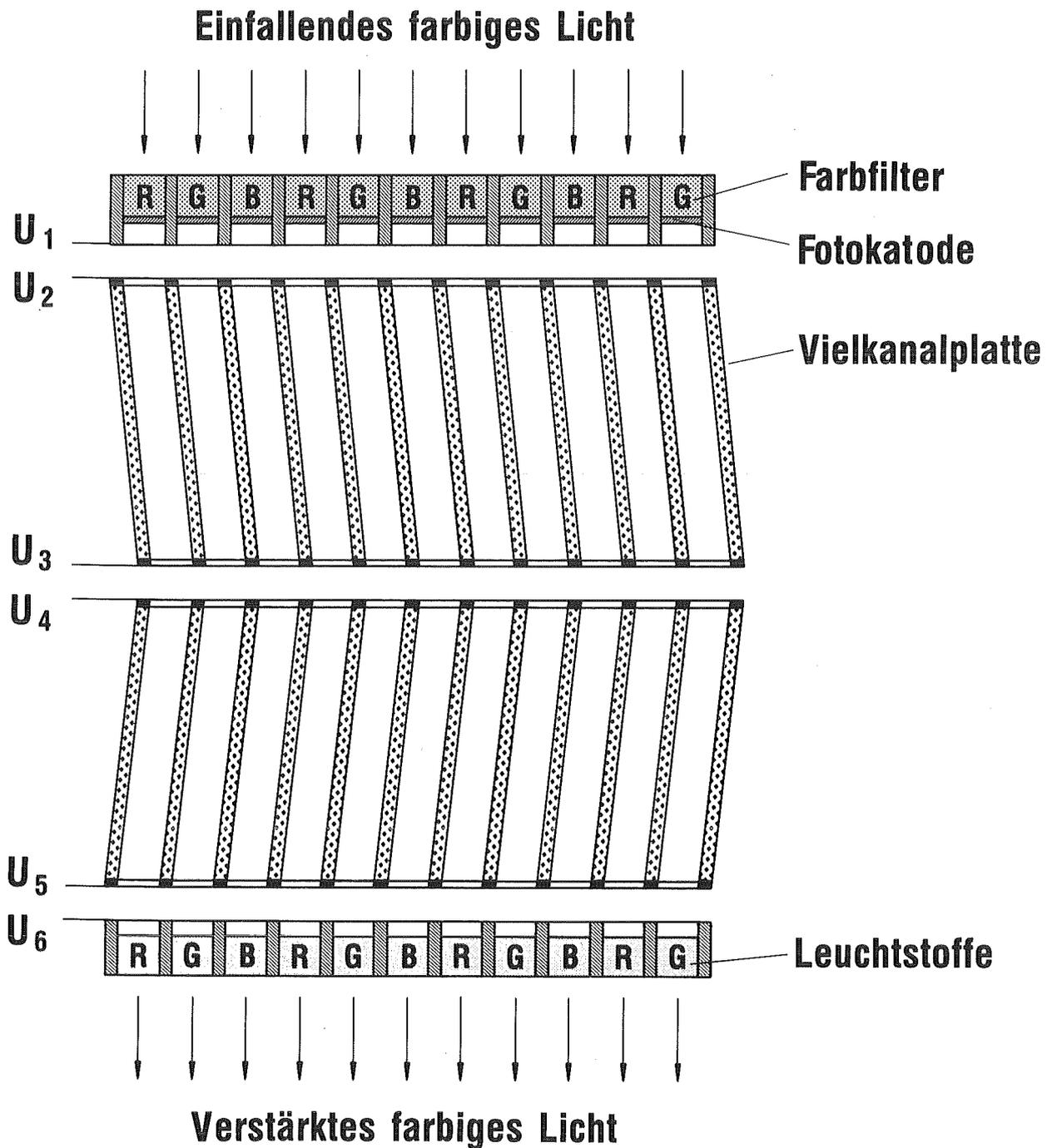


Abb. 6: Mögliche Anwendung einer Vielkanal-Bildverstärkerplatte mit geringen Streuungen in den Abmessungen und Positionen der Kanäle zur Erzeugung farbiger Bilder. Der Fotokathode ist eine optische Filterplatte vorgeschaltet, die in einem mit der Bildverstärkerplatte deckungsgleichen Raster eine periodische Anordnung von Filtern für die drei Grundfarben aufweist. Auf der Ausgangsseite befindet sich in einem mit der Bildverstärkerplatte deckungsgleichen Raster eine periodische Anordnung von Leuchtstoffen, die bei Elektronenbeschuss Licht in den drei Grundfarben aussenden, wobei die Leuchtstoffe kanalweise den entsprechenden Filtern zugeordnet sind. R, G, B = rot, grün, blau. Aus Gründen der Darstellung wurde das Verhältnis von Kanallänge zu Kanaldurchmesser vermindert, U_1-U_6 = elektrische Potentiale.

Grundfarben aufweist. Auf der Ausgangsseite befindet sich in einem mit der Bildverstärkerplatte deckungsgleichen Raster eine periodische Anordnung von Leuchtstoffen, die bei Elektronenbeschuß Licht in den drei Grundfarben aussenden, wobei die Leuchtstoffe kanalweise den entsprechenden Filtern zugeordnet sind. Die optische Filterplatte und der farbige Leuchtschirm lassen sich mit der bei der Herstellung von Farbbildröhren gebräuchlichen Technik realisieren.

Die geringen Fehlergrenzen ermöglichen bzw. erleichtern auch eine direkte elektrische Weiterverarbeitung der von einzelnen Kanälen bzw. von bestimmten Kanalgruppen gelieferten elektrischen Ströme, beispielsweise durch CCD-arrays.

Literatur

/1/ E.W. Becker, H. Betz, W. Ehrfeld, W. Glashauser, A. Heuberger,
H.J. Michel, D. Münchmeyer, S. Pongratz, R. von Siemens
"Production of Separation Nozzle Systems for Uranium-235 Enrichment by a Combination of X-Ray Lithography and Galvanoplastics"
Naturwissenschaften 69 (1982) 520-523.

/2/ Vgl. z. B.:
A.R. Asam
"Advances in Microchannel Plate Technology and Applications"
Optical Engineering 17 (1978) 640-644.

M. Lampton
"Künstliche Facettenaugen zur Bildverstärkung"
Spektrum der Wissenschaften, Januar 1982, 44-55 (aus Scientific American, November 1981).

J.L. Wiza
"Microchannel Plate Detectors"
Nuclear Instruments and Methods 162 (1979) 587-601.

M. Wolf
"Multi-Channel-Plates"
Physik in unserer Zeit 12 (1981) 90-95

A.W. Woodhead, G. Eschard
"Microchannel Plates and their Applications"
Acta Electronica 14 (1971) 181-200.

/3/ Vgl. z. B.:
"Litton High Performance Night Vision Modular System M-911"
Litton Industries, 1215 S. 52nd Street, Tempe, Arizona 85281.

"Channeltron Electron Multiplier Arrays and Microchannel Plates"
Data Sheet 6300, Galileo Electro-Optics Corp., Galileo Park,
Sturbridge, Mass. 01518.

- /4/ Vgl. z. B.:
V. Jares, M. Dvorak
"A Flat Channel System for Imaging Purposes"
Proc. 5th Symp. Photo-Electronic Image Devices, Advances in
Electronics and Electron Physics 33A (1972) 117-123.
- /5/ E. Bauersachs, W. Glashauser
"Elektronenvervielfacher"
Patentschrift DE 2927850 C3 (Anmeldung: 10.7.1979).
- /6/ V. Ghica, W. Glashauser
"Verfahren für die spannungsfreie Entwicklung von bestrahlten
Polymethylmethacrylat-Schichten"
Offenlegungsschrift DE 3039110 (Anmeldung: 16.10.1980).