



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 04 239 T2** 2006.01.26

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 446 805 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 04 239.9**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/NO02/00414**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 778 118.6**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 03/041084**

(86) PCT-Anmeldetag: **08.11.2002**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **15.05.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **18.08.2004**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **18.05.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **26.01.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G11C 11/22** (2006.01)  
**H01L 21/8239** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**20015509 09.11.2001 NO**

(73) Patentinhaber:

**Thin Film Electronics ASA, Oslo, NO**

(74) Vertreter:

**Fuchs, Mehler, Weiß & Fritzsche, 65201  
Wiesbaden**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR**

(72) Erfinder:

**GUDESEN, Gude, Hans, B-1000 Brussels, BE;  
LEISTAD, I., Geirr, N-1337 Sandvika, NO**

(54) Bezeichnung: **ELEKTRODEN, VERFAHREN UND VORRICHTUNG FÜR EINE SPEICHERSTRUKTUR**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Elektrodenmittel, das erste und zweite Dünnschichtelektroden-schichten mit Elektroden in Form paralleler streifenartiger elektrischer Leiter in jeder Schicht umfaßt, wobei die Elektroden der zweiten Elektroden-schicht kreuzweise oder im wesentlichen orthogonal zu den Elektroden der ersten Schicht orientiert sind, wobei mindestens eine der Elektroden-schichten auf einer isolierenden Oberfläche eines Substrats oder einer Rückwandplatte vorgesehen ist und wobei die Elektroden-schichten in parallelen beabstandeten Ebenen unter Kontaktierung einer global vorgesehenen Schicht aus einem funktionellen Medium dazwischen vorgesehen sind; sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Elektrodenmittels dieser Art.

**[0002]** Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung, die mindestens ein Elektrodenmittel umfaßt, das erste und zweite Dünnschichtelektroden-schichten mit Elektroden in Form paralleler streifenartiger elektrischer Leiter in jeder Schicht umfaßt, wobei die Elektroden der zweiten Elektroden-schicht kreuzweise oder im wesentlichen orthogonal zu den Elektroden der ersten Schicht orientiert sind, wobei mindestens eine der Elektroden-schichten auf einer isolierenden Oberfläche eines Substrats oder Rückwandplatte vorgesehen ist und wobei die Elektroden-schichten in parallelen beabstandeten Ebenen unter Kontaktierung einer global vorgesehenen Schicht aus einem funktionellen Medium dazwischen vorgesehen sind, wobei funktionelle Elemente in Volumen des funktionellen Mediums an jeweiligen Überlappungen zwischen Elektroden der ersten Elektroden-schicht und den Elektroden der zweiten Elektroden-schicht definiert sind, um ein matrixadressierbares Array bereitzustellen, wobei ein funktionelles Element aktiviert werden kann durch Anlegen einer Spannung an die das funktionelle Element definierenden kreuzenden Elektroden derart, daß ein Potential über letzteres hinweg erzeugt wird, wodurch der physikalische Zustand eines funktionellen Elements vorübergehend oder permanent geändert werden kann oder eine Umschaltung zwischen wahrnehmbaren physikalischen Zuständen stattfindet, wobei die Spannungsanlegung im wesentlichen eine Adressierung des funktionellen Elements für Schreib- oder Leseoperationen dazu entspricht und wobei die funktionellen Elemente entsprechend den Eigenschaften eines ausgewählten funktionellen Materials veranlaßt werden können, als mindestens eines der folgenden zu arbeiten, nämlich schaltbare Logikelemente einer Datenverarbeitungsvorrichtung, Speicherzellen in einer Datenspeicherungsvorrichtung oder Pixel in einer Informationsanzeigenden Vorrichtung, wodurch das Adressieren der Elemente, Zellen oder Pixel in jedem Fall in einem matrixadressierenden Verfahren stattfindet.

**[0003]** Die Erfindung betrifft schließlich auch Verwendungen des Elektrodenmittels gemäß der Erfindung in der Vorrichtung gemäß der Erfindung.

**[0004]** Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere ein Elektrodenmittel zur Verwendung in Vorrichtungen und Einrichtungen mit funktionellen Elementen in einem planaren Array, wobei die funktionellen Elemente jeweils über ein erstes Elektrodenmittel mit parallelen streifenartigen Elektroden, die in Kontakt mit den funktionellen Elementen auf einer Seite davon angeordnet sind, und einem anderen Elektrodenmittel mit ähnlichen Elektroden, aber senkrecht zu den Elektroden des ersten Elektrodenmittels angeordnet sind und in Kontakt mit der gegenüberliegenden Seite der funktionellen Elemente vorgesehen sind, adressiert werden. Dies stellt eine sogenannte matrixadressierbare Einrichtung dar. Solche matrixadressierbaren Einrichtungen können zum Beispiel funktionelle Elemente in Form von Logikzellen oder in Form von Speicherzellen umfassen. Die funktionellen Elemente können ein oder mehrere aktive Schaltmittel enthalten, wobei dann die matrixadressierbare Einrichtung als eine aktive matrixadressierbare Einrichtung bezeichnet wird, oder die funktionellen Elemente können nur aus passiven Mitteln bestehen, zum Beispiel Widerstands- oder kapazitiven Mitteln, wobei dann die matrixadressierbare Einrichtung als eine passive matrixadressierbare Einrichtung bezeichnet wird.

**[0005]** Letztere wird so angesehen, daß sie eine höchst effiziente Möglichkeit des Adressierens liefert, beispielsweise im Fall von Speicherbauelementen, da keine Schaltelemente, nämlich Transistoren, in einer Speicherzelle erforderlich sind. Es ist dann wünschenswert, eine höchstmögliche Speicherdichte zu erzielen, doch begrenzen gegenwärtige Designregeln, die für die Zelle eine Untergrenze setzen, auch deren Füllfaktor, das heißt den Bereich des Speicher-materials des matrixadressierbaren Speicherbauelements, der tatsächlich zu Speicherzwecken verwendet werden kann.

**[0006]** Eine passive matrixadressierbare Einrichtung nach dem Stand der Technik ist in [Fig. 1a](#) gezeigt und umfaßt eine im wesentlichen planare globale Schicht **3** aus funktionellem Material im Sandwich zwischen einem ersten Elektrodenmittel, das parallele streifenartige Elektroden der Breite  $w$  und mit einem Abstand  $d$  beabstandet umfaßt, und einem ähnlichen zweiten Elektrodenmittel, das parallele streifenartige Elektroden **2** der gleichen Breite  $w$  umfaßt, wobei aber die Elektroden **2** senkrecht zu den Elektroden **1** angeordnet sind. In der globalen Schicht **3** aus funktionellem Material definiert die Überlappung zwischen den Elektroden **1**, **2** des jeweiligen Elektrodenmittels ein funktionelles Element **5** in dem funktionellen Material der globalen Schicht **3**. Durch Anlegen einer Spannung an die sich an dieser Stelle kreuz-

zenden Elektroden kann ein physikalischer Zustand des funktionellen Elements, das beispielsweise eine Logikzelle oder eine Speicherzelle sein kann, geändert oder umgeschaltet werden.

**[0007]** [Fig. 1b](#) zeigt die Einrichtung nach dem Stand der Technik von [Fig. 1a](#) in einem Schnitt entlang der Linie X-X, woraus das Layout der Elektroden **1**, **2** und der globalen Schicht des geschichteten funktionellen Materials **3** sowie der Ort des funktionellen Elements **5** hervorgehen. Das funktionelle Material der globalen Schicht **3** weist üblicherweise Eigenschaften auf wie etwa, daß ein Anlegen der Spannung an sich kreuzende Elektroden **1**, **2** nur das funktionelle Element **5** an der Kreuzung davon beeinflussen wird und nicht benachbarte funktionelle Elemente oder Zellen an den Elektrodenkreuzungen in der Nähe der ersten. Wenn das funktionelle Material der globalen Schicht zum Beispiel elektrisch leitend ist, kann dies erreicht werden, indem es mit einer anisotrop leitenden Eigenschaft versehen wird, so daß die Leitung nur in einer vertikalen Richtung zum funktionellen Material und zwischen den überlappenden Elektroden stattfinden kann, wobei kein Strom durch die globale Schicht zu den anderen funktionellen Elementen fließt. Bei einer großen Anzahl von Anwendungen jedoch kann das funktionelle Material der globalen Schicht nichtleitend, das heißt dielektrisch, sein, und das funktionelle Element kann als hochohmig oder als ein reines Dielektrikum angesehen werden, so daß es sich wie ein Kondensator verhält. Das dielektrische Material kann ein polarisierbares anorganisches oder organisches Material sein und kann eine Hysterese aufweisen. Zu solchen Materialien zählen sowohl ferroelektrische als auch Elektretmaterialien, und ihre Fähigkeit, polarisiert zu werden und eine Hysterese aufzuweisen, wird zum Beispiel in ferroelektrischen Matrixspeichern oder Elektretmatrixspeichern mit einer Einrichtungskonfiguration ähnlich der in [Fig. 1a](#) gezeigten ausgenutzt. Bei solchen Einrichtungen kann der Polarisationszustand in einer Speicherzelle, das heißt dem funktionellen Element **5**, durch ordnungsgemäßes Anlegen von Spannungen an die die Speicherzelle **5** definierenden Elektroden an ihrer Überlappung gesetzt werden, und die Polarisation kann umgeschaltet oder die Zelle kann in ihren ursprünglichen Zustand wiederhergestellt werden, und zwar durch Operationen, die den Schreib- und Leseoperationen der Speicherzelle entsprechen. Die Funktionalität solcher Matrixeinrichtungen hängt natürlich nicht nur von dem gewählten funktionellen Material ab, sondern auch von den Architektur- und Strukturbeschränkungen des Speicherbauelements. Die Speicherkapazität in dem Speichermedium in dieser globalen Schicht **3** hängt von der Größe und Dichte der Speicherzellen **5** ab, und diese wiederum hängen von dem kleinsten prozeßeingeschränkten Merkmal ab, das im Herstellungsprozeß erzeugt werden kann. Solche Merkmale sind zum Beispiel, wenn Elektroden als Metallisierung abgeschieden werden,

die später in einem photomikrolithographischen Prozeß strukturiert wird, wobei auf photolithographische Masken und zum Beispiel Ätzen zurückgegriffen wird, je nach dem kleinsten durch den Prozeß eingeschränkten Merkmal  $f$ , das von der Maske definiert werden kann, und sein Wert hängt wiederum von der Wellenlänge des verwendeten Lichts ab. Mit anderen Worten wird dieses Merkmal  $f$  üblicherweise innerhalb des Bereichs der heutigen Technologie auf etwa  $0,15 - 0,2 \mu\text{m}$  begrenzt sein, und somit werden die Breite  $w$  der Elektroden **1**, **2** und die Abstände dazwischen etwa in dieser Größenordnung liegen.

**[0008]** In diesem Zusammenhang sei angemerkt, daß der Wert  $2f$  üblicherweise als die Teilung bezeichnet wird und daß die größte Anzahl Linien pro Längeneinheit, wie sie mit der Herstellungstechnologie nach dem Stand der Technik erzielt werden kann, durch den Faktor  $1/2f$  und dementsprechend die größte Anzahl von Merkmalen pro Flächeneinheit durch den Faktor  $1/4f^2$  gegeben ist. Wenn nun die in [Fig. 1](#) gezeigte Fläche **4** betrachtet wird, ist offensichtlich, daß die Größe der Zelle gegeben ist durch  $f^2$ , wie aus [Fig. 1c](#) hervorgeht, die die Fläche **4** ausführlicher zeigt. Jede Zelle erfordert eine Grundfläche entsprechend der Fläche **4**, deren Größe  $4f^2$  beträgt, mit anderen Worten viermal größer als die Fläche  $f^2$  der Zelle. Durch diese Überlegung zeigt sich, daß die Matrix in [Fig. 1a](#) einen Füllfaktor von 0,25 aufweist, das heißt  $f^2/4f^2$ . Somit ist der von der Schicht **3** angebotene Ausnutzungsgrad der Fläche gering. Zur Erzielung eines höheren Füllfaktors oder einer höheren Dichte von funktionellen Elementen oder Zellen **5** in der globalen Schicht **3** wäre es wünschenswert, entweder den Füllfaktor zu erhöhen oder eine höhere Auflösung bei den durch den Prozeß eingeschränkten Merkmalen der Matrix zu erzielen, zum Beispiel im sub- $0,1 \mu\text{m}$ -Bereich. Wenngleich dies möglicherweise die Gesamtanzahl von Zellen in einer ähnlichen Fläche erhöht, garantiert es immer noch nicht einen höheren Füllfaktor.

**[0009]** Bei den Matrixeinrichtungen der aktiven Art, das heißt die, die auch mindestens ein mit jedem funktionellen Element oder jeder Zelle assoziiertes aktives Schaltelement umfassen, wird der Füllfaktor noch niedriger, in der Regel in der Größenordnung  $1/6$ , das heißt ein Füllfaktor von nur 16,7%.

**[0010]** Aus dem US-Patent Nr. 5,017,515 (Gill, an Texas Instruments Inc. übertragen) ist ein Prozeß zum Ausformen sublithographischer Abstände zwischen Elementen in einer integrierten Schaltung bekannt. Wie in [Fig. 1](#) dieser Veröffentlichung dargestellt, eignet sich dieser Prozeß zum Ausbilden einer Elektroden-schicht mit dichten parallelen streifenartigen Elektroden **13**, **19**, die voneinander durch ein Isolationsmerkmal **14** isoliert sind, das keinerlei Abmessungseinschränkungen unterworfen ist, wie sie durch den Einsatz eines photomikrolithographischen Pro-

zesses auferlegt werden, die aber im Vergleich zu den Abmessungen der Leiter der Elektroden tatsächlich sehr dünn ausgeführt werden können. Aus der Veröffentlichung ist bekannt, wie ein Elektrodenmittel dieser Art zum Ausbilden streifenartiger floatender Gateelektroden in einem integrierten Schaltungsbau- element, zum Beispiel einem Halbleiterspeicherbau- element mit Speicherzellen, verwendet werden kann, das eine Schalt- bzw. Speichertransistorstruktur um- faßt. Bitleitungen werden über eine geeignete Dotie- rung eines Substrats ausgebildet, wobei offensicht- lich bei dem Dotierprozeß die gleiche Photomaske verwendet wird wie bei dem Prozeß zum Ausbilden der dichten Elektrodenschicht. Die Bitleitungs- und Wortleitungs-/Steuergateelektroden **42** werden durch einen Isolator getrennt von potentialfreien Gateelek- troden **13** und **19** ausgebildet, wobei die entstehende Struktur ein Array aus einem Halbleiterspeicher mit Transistoren umfassenden Mehrfachanschluß-Spei- cherzellen ist. In US-Patent Nr. 5,017,515 findet sich jedoch keine Andeutung und keine Hinweise zum Ausbilden eines Elektrodenmittels mit zwei Elektro- denschichten, die jeweils Elektroden in einer dichten Anordnung und so orientiert umfassen, daß die Elek- troden der beiden Elektrodenschichten zusammen eine Elektrodenmatrix bildet, die sich eignet für das Adressieren funktioneller Elemente in einer global vorgesehenen Schicht aus einem funktionellen Medi- um, angeordnet zwischen den Elektrodenschichten und die die Elektroden davon kontaktierend. Die effi- ziente Ausnutzung der Matrixadressierung einer glo- balen Schicht aus einem funktionellen Medium setzt außerdem einen den Schichten einer matrixadres- sierbaren Einrichtung dieser Art inhärenten hohen Planarisationsgrad voraus, doch läßt sich dies nicht ohne weiteres in der Technologie nach dem Stand der Technik erzielen, da die Erzeugung topographi- scher Strukturen, die sich orthogonal über dem Sub- strat erstrecken, implizieren soll, daß zusätzliche Elektrodenschichten den Umriß dieser Strukturen in den Oberflächenmerkmalen reproduzieren würden. Außerdem wäre der Stand der Technik für den Fall nicht geeignet, daß mehrere derartiger matrixadres- sierbaren Arrays gestapelt werden sollen, um volu- metrische Einrichtungen zu bilden, zum Beispiel ei- nen Stapel aus mehreren matrixadressierbaren Speicherbauelement, wie in der Technik bekannt.

**[0011]** Ein Beispiel für ein passives matrixadressier- bares Datenverarbeitungs- oder Speicherbauele- ment mit derart auf beiden Seiten des funktionellen Mediums angeordneten Elektrodenschichten, daß die Elektroden eine orthogonale Elektrodenmatrix bil- den, ist beispielsweise aus der veröffentlichten inter- nationalen Anmeldung WO98/58383 bekannt. Eine Vorrichtung dieser Art soll offensichtlich hinsichtlich der Erhöhung der Dichte der funktionellen Elemente in der Matrix, von einer Erhöhung des Füllfaktors der Elektroden in jeder Elektrodenschicht profitieren, da die funktionellen Elemente in der Matrix, die zum Bei-

spiel einer Speicherzelle entsprechen können, in je- dem Fall durch den Überlappungsbereich definiert sein sollen, der gebildet wird von der Überkreuzung zwischen den Elektroden der ersten bzw. zweiten Elektrodenschicht.

**[0012]** Angesichts der obigen Überlegungen be- steht eine Hauptaufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine Erhöhung des Füllfaktors in Matrixeinrich- tungen der obenerwähnten Art auf einen Wert zu er- möglichen, der sich Eins nähert, und eine maximale Ausnutzung der von der globalen Schicht **3** aus dem funktionellen Material gebotenen Bodenfläche in sol- chen Einrichtungen zu erzielen, ohne durch die tat- sächliche oder praktische Größe des kleinsten durch den Prozeß eingeschränkten Merkmals  $f$  einge- schränkt zu sein, da der Füllfaktor nicht von einer Senkung von  $f$  beeinflusst wird, wenngleich eine der- artige Senkung natürlich dazu dient, die größte An- zahl funktioneller Elemente oder Zellen zu erhöhen, die sich in einer globalen Schicht **3** erzielen lassen.

**[0013]** Matrixeinrichtungen der in [Fig. 1a](#) beschrie- benen Art können aufeinander gestapelt werden, um volumetrische Einrichtungen zu schaffen, bei denen dann eine einzelne Einrichtung von der folgenden Einrichtung in dem Stapel durch eine Trenn- oder Iso- lierschicht getrennt ist, um zu verhindern, daß das Anlegen von Spannungen an Elektroden in einer der Einrichtungen und das Umschalten von funktionellen Elementen darin benachbarte Einrichtungen im Sta- pel beeinflusst. Solche volumetrischen Einrichtungen sollen natürlich volumetrische Speicherbauelemente mit großer Kapazität gestatten, doch ist leicht zu se- hen, daß die Gesamtkapazität einer einzelnen Matri- xeinrichtung, wenn der Füllfaktor bis Eins oder 100% erhöht werden könnte, sich dann der Kapazität von vier ähnlichen konventionellen Matrixeinrichtungen annähern könnte, die so gestapelt sind, daß sie eine volumetrische Einrichtung bilden.

**[0014]** Wenngleich es theoretisch hinsichtlich der Anzahl der den Stapel bildenden Einrichtungen keine Begrenzung gibt, stellt es einen Nachteil dar, daß bei- spielsweise bei einer massiven parallelen Adressie- rung von funktionellen Elementen in den verschiede- nen Einrichtungen unerwünschte Arten elektrischer, physikalischer und thermischer Ankopplungen zwis- chen die Einrichtungen im Stapel eingeführt werden könnten. Ein weiterer Nachteil ist eine inhärente Un- gleichmäßigkeit bei jeder einzelnen Einrichtung des Stapels. Obwohl eine Einrichtung als im wesentli- chen planar angesehen werden kann, breitet sich die Ungleichmäßigkeit aus, wenn Einrichtungen zu dem Stapel hinzugefügt werden, der zunehmend höckerig wird, wenn Einrichtungen aufeinander gestapelt wer- den. Eine derartige Höckerigkeit wird auch bei der im wesentlichen planaren Schaltungstechnologie sehr unerwünscht sein.

**[0015]** Angesichts dessen besteht eine sekundäre Aufgabe der vorliegenden Erfindung in einer Erhöhung der Gesamtkapazität hinsichtlich der Anzahl der funktionellen Elemente, die man mit einer Matrixeinrichtung erhalten kann, wodurch die Notwendigkeit für mehrschichtige oder volumetrische Einrichtungen entfällt, das heißt, einen Stapel mit mehreren Schichten, wenn eine vergleichbare Kapazität mit einem Stapel erreicht werden kann, der nur ein Viertel der Anzahl von Einrichtungen oder Schichten umfaßt, die in der Technologie nach den Stand der Technik benötigt würden.

**[0016]** Schließlich besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung auch in der Bereitstellung eines Elektrodenmittels, das leicht bearbeitet werden kann, um einen hohen Grad an Planarität zu erlangen, wodurch eine Ungleichmäßigkeit oder Höckerigkeit der Oberfläche vermieden wird und sich das Elektrodenmittel besser zur Anwendung bei gestapelten volumetrischen Einrichtungen eignet.

**[0017]** Die obigen Aufgaben sowie weitere Vorteile und Merkmale werden gemäß der vorliegenden Erfindung mit einem Elektrodenmittel erzielt, das dadurch gekennzeichnet ist, daß jede der Dünnschichtelektroden eine erste Menge der streifenartigen Elektroden der Breite  $w_a$  und Dicke  $h_a$  umfaßt, wobei die Elektroden der ersten Menge durch einen Abstand  $d$  größer oder gleich  $W_a$  gegenseitig voneinander beabstandet sind, eine zweite Menge der streifenartigen Elektroden mit Breite  $w_b$  und Dicke  $h_b$ , in den Abständen zwischen den Elektroden der ersten Menge vorgesehen und elektrisch davon durch einen Dünnschicht aus einem elektrisch isolierenden Material isoliert ist, daß eine Dicke  $\delta$  aufweist und sich mindestens entlang der Seitenränder der parallelen Elektroden erstreckt und eine isolierende Wand mit der Dicke  $\delta$  dazwischen bildet, wobei die Größe von  $\delta$  im Vergleich zur Größe von entweder  $w_a$  oder  $w_b$  klein ist, wobei die Abstandsentfernung  $d$  zwischen den Elektroden der ersten Menge  $w_b + 2\delta$  ist, und daß die Elektroden mit Elektroden bzw. dem isolierenden Dünnschicht die globalen planaren Schichten in dem Elektrodenmittel bilden.

**[0018]** Vorteilhafterweise kann das leitende Material der Elektroden in mindestens einer Elektroden-schicht direkt auf der Oberfläche des Substrats vorgesehen werden.

**[0019]** Außerdem können die Elektroden einer der Elektroden-schichten zum Äußeren der Oberfläche davon der anderen Elektroden-schicht gegenüber freiliegen oder alternativ kann die Oberfläche einer der Elektroden-schichten gegenüber der anderen Elektroden-schicht von einer Rückwandplatte bedeckt sein.

**[0020]** Bei einer vorteilhaften Ausführungsform des Elektrodenmittels gemäß der Erfindung ist die Schnittfläche der Elektroden beider Mengen gleich, so daß  $w_a \cdot h_a = w_b \cdot h_b$ .

**[0021]** Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des Elektrodenmittels gemäß der Erfindung ist die Querschnittsfläche der Elektroden der ersten Menge von der der Elektroden der zweiten Menge verschieden, so daß  $w_a \cdot h_a \neq w_b \cdot h_b$ .

**[0022]** Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des Elektrodenmittels gemäß der Erfindung ist das leitende Material der Elektroden beider Mengen das gleiche.

**[0023]** Bei noch einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des Elektrodenmittels gemäß der Erfindung ist das leitende Material der Elektroden der zweiten Menge von dem leitenden Material der Elektroden der ersten Menge verschieden.

**[0024]** Im letzteren Fall wird bevorzugt, daß das leitende Material der Elektroden der ersten Menge und das leitende Material der Elektroden der zweiten Menge Leitfähigkeiten mit den Größen  $\sigma_a$  bzw.  $\sigma_b$  aufweisen, so daß eine Beziehung

$$\frac{w_a \cdot h_a}{w_b \cdot h_b} = \frac{\sigma_b}{\sigma_a}$$

erfüllt ist, wodurch die Stromleitungsfähigkeit jeder Elektrode der ersten bzw. zweiten Elektrodenmenge in jedem Fall gleich wird.

**[0025]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Elektrodenmittels gemäß der Erfindung bilden die isolierenden Wände zwischen den Elektroden der ersten Menge und den Elektroden der zweiten Menge einen Abschnitt des isolierenden Dünnschichts, der in einer durchgehenden Schicht vorgesehen ist, die die Elektroden der ersten Menge bedeckt, und in dem Fall auch ein Substrat in den Abständen zwischen ersteren, sind die Elektroden der zweiten Menge in Vertiefungen zwischen den Wandabschnitten des isolierenden Dünnschichts vorgesehen, und in dem Fall auch über einem Abschnitt davon, der das Substrat bedeckt, wobei die obere Oberfläche von Elektroden der zweiten Menge mit der Oberfläche eines Abschnitts des isolierenden Dünnschichts bündig ist, der die obere Oberfläche der Elektroden der ersten Menge bedeckt, wodurch die Elektroden sowohl der ersten als auch zweiten Menge gleiche Höhen  $h_a = h_b$  aufweisen, und die Elektroden-schichten bilden mit Elektroden und dem isolierenden Dünnschicht globale planare Schichten in dem Elektrodenmittel.

**[0026]** Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform bilden die isolierenden Wände zwischen den Elektroden der ersten Menge und den Elektroden der zweiten Menge Abschnitte des Dünnschichts (6)

aus isolierendem Material, die in einer Schicht vorgesehen sind, die die Seitenränder der Elektroden der ersten Menge bis zur oberen Oberfläche davon bedecken und in dem Fall, wenn die Schicht auch das Substrat in den Abständen zwischen ersteren bedeckt, und daß die Elektroden der zweiten Menge in Vertiefungen zwischen dem Wandabschnitt des isolierenden Dünnsfilms vorgesehen sind, und in dem Fall, wenn sie auch über dem Abschnitt (6b) davon vorliegt, der das Substrat bedeckt, wobei die Elektroden der zweiten Menge ( $E_b$ ) mit dem oberen Rand der isolierenden Wände (6a) sowie der oberen Oberfläche der Elektroden der ersten Menge bündig sind, wodurch die Elektroden der zweiten Menge die Höhe  $h_b = h_a - \delta$  aufweisen, und daß die Elektrodenschicht mit Elektroden und dem isolierenden Material eine globale planare Schicht der Dicke  $h_a$  im Elektrodenmittel bilden.

**[0027]** Bei noch einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Elektrodenmittels gemäß der Erfindung bilden die isolierenden Wände zwischen den Elektroden der ersten Menge und den Elektroden der zweiten Menge einen Abschnitt des isolierenden Dünnsfilms, der in einer Schicht vorgesehen ist, die die Elektroden der ersten Menge bis hinunter zu einem Substrat bedecken, die Elektroden der zweiten Menge sind in Vertiefungen zwischen dem Wandabschnitt des isolierenden Dünnsfilms vorgesehen und direkt über dem freigelegten Substrat und bündig mit der oberen Oberfläche eines Abschnitts des isolierenden Dünnsfilms vorgesehen, wodurch die Elektroden der ersten Menge die Höhe  $h_a = h_b - \delta$  aufweisen und die Elektrodenschichten mit Elektroden und dem isolierenden Dünnsfilm globale planare Schichten der Dicke  $h_b$  im Elektrodenmittel bilden.

**[0028]** Die Aufgaben der Erfindung sowie zusätzliche Vorteile und Merkmale werden auch gemäß der vorliegenden Erfindung erzielt mit einem Verfahren zum Herstellen einer Elektrodenschicht in Elektrodenmitteln, wobei das Verfahren gekennzeichnet ist durch Schritte zum Abscheiden einer planaren Schicht aus elektrisch leitendem Material mit einer Dicke  $h_a$  auf einem Substrat, Strukturieren der planaren Schicht aus leitendem Material zum Ausbilden einer ersten Menge der streifenartigen Elektroden mit Breite  $w_a$  und Dicke  $h_a$ , die durch dazwischen in dem Strukturierungsprozeß erzeugten Vertiefungen voneinander beabstandet sind, Entfernen von Abschnitten des leitenden Materials und Freilegen der Oberfläche des Substrats zwischen den streifenartigen Elektroden der ersten Menge, wodurch die parallelen Elektroden der ersten Menge somit um einen Abstand  $d$  beabstandet sind, der gleich der Breite der Vertiefungen zwischen den Elektroden und größer oder gleich  $w_a$  ist, Ausbilden eines Dünnsfilms aus elektrisch isolierendem Material, der mindestens die Seitenränder der Elektroden der ersten Menge bedeckt, und Abscheiden eines elektrisch leitenden Ma-

terials in den Vertiefungen zwischen dem isolierenden Dünnsfilm, der die Seitenränder der Elektroden der ersten Menge bedeckt, um eine zweite Menge von Elektroden mit einer Breite  $w_b$  und Dicke  $h_b$  auszubilden, so daß die Elektrodenschicht als eine globale planare Schicht in dem Elektrodenmittel erhalten wird.

**[0029]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird der isolierende Dünnsfilm als globale Schicht ausgebildet, die sowohl die erste Menge von Elektroden als auch die freigelegte Oberfläche des Substrats bedeckt, das leitende Material für Elektroden der zweiten Menge in den Vertiefungen zwischen den Elektroden der ersten Menge und über dem isolierenden Dünnsfilm abgeschieden und die Elektrodenschicht derart planarisiert, daß die oberen Oberflächen der Elektroden der zweiten Menge mit dem die Elektroden der ersten Menge bedeckenden isolierenden Dünnsfilm bündig sind.

**[0030]** Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens gemäß der Erfindung wird der isolierende Dünnsfilm als globale Schicht ausgebildet, die die Elektroden der ersten Menge und die freigelegte Oberfläche des Substrats bedeckt, das leitende Material für Elektroden der zweiten Menge wird in den Vertiefungen zwischen den Elektroden der ersten Menge und über dem isolierenden Dünnsfilm abgeschieden und die Elektrodenschicht derart planarisiert, daß der die Elektroden der ersten Menge bedeckende isolierende Dünnsfilm entfernt wird, um die oberen Oberflächen dieser Elektroden freizulegen, und derart, daß die Oberflächen der Elektroden von beiden Mengen und den oberen Rändern des isolierenden Dünnsfilms alle in der oberen Oberfläche der Elektrodenschicht bündig sind.

**[0031]** Bei noch einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens gemäß der Erfindung wird der isolierende Dünnsfilm als globale Schicht ausgebildet, die sowohl die Elektroden der ersten Menge als auch die freigelegte Oberfläche des Substrats überdeckt, der isolierende Dünnsfilm am Boden der Vertiefungen entfernt, wodurch nur der die Elektroden der ersten Menge bedeckende isolierende Dünnsfilm bis hinunter zum Substrat zurückbleibt, die Oberfläche davon wird freigelegt, das leitende Material der Elektroden der zweiten Menge wird in den Vertiefungen abgeschieden und die Elektrodenschicht wird derart planarisiert, daß die oberen Oberflächen der Elektroden der zweiten Menge und die Oberfläche des die Elektroden der ersten Menge bedeckenden isolierenden Dünnsfilms alle in der oberen Oberfläche der Elektrodenschicht bündig sind.

**[0032]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens gemäß der Erfindung kann eine globale Schicht aus einem funktionellem Medium abgeschieden werden, die die eine auf einem Substrat vorgese-



hene Elektrodenschicht bedeckt und die Elektroden davon kontaktiert, und dann eine zweite Elektrodenschicht direkt auf der globalen Schicht aus einem funktionellen Medium durch ähnliche Schritte wie solche ausgebildet werden, die für die Ausbildung einer Elektrodenschicht auf dem Substrat verwendet werden. Bevorzugt kann dann ein Substrat oder eine Rückwandplatte vorgesehen werden, die die auf der globalen Schicht aus einem funktionellen Medium ausgebildete Elektrodenschicht bedeckt.

**[0033]** Bei dem Verfahren gemäß der Erfindung wird bevorzugt das leitende Material der Elektroden der ersten Menge und/oder ein Substratmaterial als Materialien gewählt, die für die Oberflächenoxidation geeignet sind, und der isolierende Dünnsfilm durch Oxidieren der Oberfläche eines der beiden in mindestens einem Oxidationsprozeß wie angebracht ausgebildet.

**[0034]** Schließlich werden die obigen Aufgaben sowie weitere Vorteile und Merkmale gemäß der vorliegenden Erfindung erzielt mit einer Vorrichtung, die dadurch gekennzeichnet ist, daß die Elektroden jedes Elektrodenmittels in einer jeweiligen Elektrodenschicht vorgesehen sind, daß die Elektroden in dem Elektrodenmittel alle etwa die gleiche Breite  $w$  aufweisen, daß Elektroden jedes Mittels zueinander elektrisch durch einen isolierenden Dünnsfilm der Dicke  $\delta$  isoliert sind, wobei die Größe von  $\delta$  ein Bruchteil der Breite  $w$  ist, und daß die kleinste Größe von  $w$  vergleichbar ist mit einer durch den Prozeß eingeschränkten kleinsten Merkmalsgröße  $f$ , wobei der Füllfaktor von funktionellen Elementen im funktionellen Medium relativ dazu nahe Eins liegt und daß die Anzahl der funktionellen Elemente sich einem Maximum annähert, das durch die Gesamtfläche  $A$  des funktionellen Mediums definiert ist, das zwischen das Elektrodenmittel und die Merkmalsgröße  $f$  geschichtet ist, wobei das Maximum somit definiert ist durch  $A/f^2$ .

**[0035]** Schließlich werden die obigen Aufgaben sowie weitere Vorteile und Merkmale gemäß der vorliegenden Erfindung erzielt durch die Verwendung des Elektrodenmittels gemäß der Erfindung in der erfinderischen Vorrichtung zum Ausführen einer passiven Matrixadressierung auf die funktionellen Elemente, die das matrixadressierbare Array der Vorrichtung darstellen, sowie die Verwendung des Elektrodenmittels gemäß der Erfindung in der erfinderischen Vorrichtung, wobei jedes funktionelle Element mit mindestens einer aktiven Schaltkomponente verbunden ist, um eine aktive Matrixadressierung zu den funktionellen Elementen durchzuführen, die das matrixadressierbare Array der Vorrichtung darstellen.

**[0036]** Die vorliegende Erfindung läßt sich besser verstehen durch die Lektüre der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen des Elektrodenmit-

tels und des Verfahrens zur Herstellung davon und einer Beschreibung einer Ausführungsform der Vorrichtung in Verbindung mit den beigegeführten Zeichnungen. Es zeigen:

**[0037]** [Fig. 1a](#), b, c eine passive matrixadressierbare Einrichtung nach dem Stand der Technik, die einen herkömmlich erzielbaren Füllfaktor in solchen Einrichtungen exemplifiziert, wie bereits erwähnt,

**[0038]** [Fig. 2a–Fig. 2f](#) schematisch Prozeßschritte zur Herstellung einer ersten Ausführungsform einer Elektrodenschicht gemäß der vorliegenden Erfindung,

**[0039]** [Fig. 3a](#), b schematisch Prozeßschritte zur Herstellung einer zweiten Ausführungsform einer Elektrodenschicht gemäß der vorliegenden Erfindung, abgeleitet von dem Prozeßschritt von [Fig. 2c](#),

**[0040]** [Fig. 4a](#), b schematisch Prozeßschritte zur Herstellung einer dritten Ausführungsform einer Elektrodenschicht gemäß der vorliegenden Erfindung, abgeleitet von dem Prozeßschritt von [Fig. 2c](#),

**[0041]** [Fig. 5a](#), b schematisch Prozeßschritte zur Herstellung einer vierten Ausführungsform einer Elektrodenschicht gemäß der vorliegenden Erfindung, abgeleitet von den Prozeßschritten entweder von [Fig. 2b](#) oder [Fig. 2c](#),

**[0042]** [Fig. 6a](#) schematisch eine Draufsicht auf eine erste Ausführungsform einer Elektrodenschicht gemäß der vorliegenden Erfindung,

**[0043]** [Fig. 6b](#) schematisch einen Querschnitt durch die Ausführungsform in [Fig. 6a](#),

**[0044]** [Fig. 7](#) schematisch einen Querschnitt durch eine zweite Ausführungsform einer Elektrodenschicht gemäß der vorliegenden Erfindung,

**[0045]** [Fig. 8](#) schematisch einen Querschnitt durch eine dritte Ausführungsform einer Elektrodenschicht gemäß der vorliegenden Erfindung,

**[0046]** [Fig. 9a](#) schematisch eine Draufsicht auf eine vierte Ausführungsform einer Elektrodenschicht gemäß der vorliegenden Erfindung,

**[0047]** [Fig. 9b](#) schematisch einen Querschnitt durch die Ausführungsform in [Fig. 9a](#),

**[0048]** [Fig. 10a](#) einen Querschnitt durch eine erste Elektrodenschicht in dem Elektrodenmittel gemäß der vorliegenden Erfindung und von einer globalen Schicht aus einem funktionellen Medium bedeckt,

**[0049]** [Fig. 10b](#) die zweite Elektrodenschicht in einer ähnlichen Ausführungsform wie die der ersten

Elektrodenschicht und positioniert zum Ausbilden des Elektrodenmittels gemäß der Erfindung,

**[0050]** [Fig. 10c](#) eine bevorzugte Ausführungsform des Elektrodenmittels gemäß der Erfindung,

**[0051]** [Fig. 10d](#), wie mehrere Elektrodenmittel gestapelt werden können, um eine volumetrische Einrichtung auszubilden,

**[0052]** [Fig. 11a–d](#) Schritte bei der Herstellung einer anderen Ausführungsform des Elektrodenmittels gemäß der Erfindung,

**[0053]** [Fig. 11e](#), wie mehrere Elektrodenmittel gemäß dieser Ausführungsform gestapelt werden können, um eine volumetrische Einrichtung auszubilden,

**[0054]** [Fig. 12a](#) eine Draufsicht einer passiven matrixadressierbaren Einrichtung bei einer Ausführungsform der Vorrichtung gemäß der Erfindung und mit Elektrodenmitteln gemäß der Erfindung,

**[0055]** [Fig. 12b](#) einen Schnitt entlang der Linie X-X in [Fig. 12a](#) und

**[0056]** [Fig. 12c](#) ein Detail von [Fig. 12a](#), das den Füllfaktor veranschaulicht, der mit der vorliegenden Erfindung erzielt werden kann.

**[0057]** Es soll nun das Elektrodenmittel gemäß der Erfindung unter Bezugnahme auf [Fig. 2–Fig. 5](#) erörtert werden, wobei die Herstellung verschiedener Ausführungsformen einer Elektroden- schicht in dem Elektrodenmittel gemäß der Erfindung veranschaulicht wird. Es sei angemerkt, daß diese Figuren sehr schematisch sind und so beschränkt, daß sie nur die ausreichende Anzahl von streifenartigen Elektroden zeigen, die erforderlich ist, um die Herstellungsschritte und die Struktur einer Elektroden- schicht in dem Elektrodenmittel gemäß der Erfindung zu erläutern.

**[0058]** Das Elektrodenmittel gemäß der Erfindung umfaßt natürlich zwei Elektroden- schichten L1, L2 dieser Art und wobei die Elektroden  $\epsilon$  einer globalen Schicht **3** eines funktionellen Mediums dazwischen zugewandt sind und die Elektroden darin kontaktieren. Die zweite Elektroden- schicht L2 kann natürlich in einem ähnlichen Schritt und Ausführungsformen wie die zuvor beschriebenen hergestellt und entsprechend positioniert und mit der ersten Elektroden- schicht L1 und der globalen Schicht **3** aus einem funktionellen Medium auf entsprechende Weise montiert werden. Dies wird weiter unten unter Bezugnahme auf eine Reihe bevorzugter Ausführungsformen des Elektrodenmittels EM erläutert und wie solche Ausführungsformen des Elektrodenmittels gestapelt werden können, um eine volumetrische Struktur auszubilden, die mehrere Elektrodenmittel gemäß der Erfindung umfaßt.

**[0059]** In [Fig. 2a](#) ist ein Substrat, das aus einem beliebigen geeigneten Material hergestellt sein kann, das aber in jedem Fall isolierend sein oder mindestens eine isolierende Oberfläche aufweisen sollte, mit einer Schicht  $\epsilon$  aus leitendem Material vorgesehen. Diese Schicht  $\epsilon$  könnte gegebenenfalls auf einer isolierenden Schicht des Substrats vorgesehen sein. Bei einem in [Fig. 2b](#) gezeigten zweiten Schritt sind das leitende Material  $\epsilon$ , das als eine das Substrat **7** bedeckende globale Schicht vorgesehen ist, zu parallelen streifenartigen Elektroden  $\epsilon_a$  strukturiert, die die Elektroden einer ersten Elektrodenmenge  $E_a$  bilden, die über einen Abstand  $d$  beabstandet sind, um eine Vertiefung **8** dazwischen auszubilden. Es versteht sich jetzt, daß die Breite  $w$  der Elektroden  $\epsilon_a$ , die in dem Strukturierungsprozeß erzielt werden kann, nach unten begrenzt wird auf ein durch den Prozeß beschränktes Merkmal der Größe  $f$ , beispielsweise bei Verwendung herkömmlicher Photomikrolithographie und Strukturieren mit Photomasken und durch nachfolgendes Ätzen. Der Wert von  $f$  könnte dann im Bereich hinunter bis  $0,15\ \mu\text{m}$  oder weniger liegen, und dies würde dann der kleinsten Breite der Elektroden  $\epsilon_a$  sowie der Breite  $d$  der Vertiefung **8** dazwischen entsprechen.

**[0060]** Bei einem in [Fig. 2c](#) gezeigten dritten Prozeßschritt werden die streifenartigen Elektroden  $\epsilon_a$  und die freiliegenden Abschnitte des Substrats **7** von einem Dünnschicht **6** aus isolierendem Material bedeckt, mit Hilfe eines beliebigen geeigneten Prozesses abgeschieden oder ausgebildet, zum Beispiel durch chemische Dampfabscheidung, Sprühen usw. Wie Fachleuten bekannt, kann diese isolierende Schicht **6** dann extrem dünn sein, etwa im Bereich einiger weniger Nanometer, und tatsächlich im Vergleich zur Breite  $w_a$  der Elektroden  $\epsilon_a$  eine sehr geringe Dicke  $\delta$  aufweisen.

**[0061]** Bei dem in [Fig. 2d](#) gezeigten vierten Prozeßschritt wird die die Elektroden  $\epsilon_a$  bedeckende isolierende Schicht **6** entfernt, und dieses Entfernen kann über einen anderen Prozeß stattfinden als den zum Strukturieren der Elektroden  $\epsilon_a$  verwendeten, oder alternativ über eine Kombination geeigneter Prozesse, doch konventionell wird der bevorzugte Prozeß Photomikrolithographie sein mit anschließendem Ätzen. Entsprechende Photomasken, wie sie in dem in [Fig. 2b](#) gezeigten Schritt verwendet werden, könnten dann verwendet werden, zum Beispiel an die Breite  $w_a$  der Elektroden  $\epsilon_a$  angepaßt werden und gegebenenfalls auch an die Breite  $d$  der Vertiefung **8** dazwischen. Nach dem vierten Prozeßschritt wird eine Struktur erhalten wie in [Fig. 2d](#) gezeigt. Der einzige Abschnitt, der von der Dünnschicht zurückbleibt, sind die Wandabschnitte **6a** davon, die sich entlang der Seite der streifenartigen Elektroden  $\epsilon_a$  erstrecken.

**[0062]** Bei einem in [Fig. 2e](#) gezeigten fünften Prozeßschritt wird ein anderes leitendes Material, das in



jedem Fall das gleiche sein könnte wie das für die Elektrodenmenge  $E_a$  verwendete, in den Vertiefungen **8** zwischen den Elektroden  $\epsilon_a$  vorgesehen. Diese leitende Material  $\epsilon$  könnte natürlich auch in einer globalen Schicht vorgesehen sein, die sowohl die Elektrode  $\epsilon_a$  als auch die Vertiefungen **8** bedeckt, ist aber in der Figur so gezeigt, daß es hauptsächlich dazu abgeschieden ist, daß nur die Vertiefungen gefüllt werden. Diese Abscheidung kann auf ähnliche Weise stattfinden wie die Abscheidung der Schicht  $\epsilon$  in [Fig. 2a](#), das heißt, es kann dampfabgeschieden, gesprüht usw. sein.

**[0063]** [Fig. 2f](#) zeigt schließlich einen Planarisierungsschritt, bei dem leitendes Material  $\epsilon$  bis zu einer Höhe der isolierenden Wandabschnitte **6a** hinunter entfernt wird, so daß es nun eine streifenartige Elektrode  $\epsilon_b$  einer zweiten Elektrodenmenge  $E_b$  zwischen Elektroden  $\epsilon_a$  der ersten Elektrodenmenge  $E_a$  und durch die isolierenden Wandabschnitte **6a** des isolierenden Dünnsfilms **6** elektrisch davon getrennt bildet. Die Vertiefung **8a** für den in [Fig. 2e](#) dargestellten Prozeß könnte als Gießform angesehen und das Material  $\epsilon$  darin durch einen beliebigen Gießprozeß vorgehen werden.

**[0064]** Die resultierende Ausführungsform einer Elektroden-schicht zur Verwendung in Elektrodenmitteln gemäß der Erfindung und in [Fig. 2f](#) schematisch dargestellt ist in [Fig. 6a](#) in Draufsicht gezeigt. Hierbei umfaßt die Elektroden-schicht L mehrere streifenartige parallele Elektroden  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$ , die auf dem Substrat **7** vorgesehen sind. Die Elektroden  $\epsilon_a$  kann man sich so vorstellen, daß sie zu der ersten Menge  $E_a$  von Elektroden  $\epsilon_a$  gehören, die sich aus dem Strukturierungsschritt von [Fig. 2b](#) ergeben, während man sich die Elektroden  $\epsilon_b$  zwischen ersteren so vorstellen kann, daß sie zu der zweiten Menge  $E_b$  von Elektroden gehören, die sich aus dem in den [Fig. 2e](#) und [Fig. 2f](#) dargestellten Prozeßschritt ergeben. Der Abstand zwischen zwei Elektroden  $\epsilon_a$  ist nun  $d$ , die Breite der Elektroden  $\epsilon_a$  ist  $w_a$ , und die Breite der Elektroden  $\epsilon_b$  ist  $w_b$ . Nun können die Werte  $w_a$ ,  $w_b$  und  $d$  alle verglichen werden und weisen etwa die ähnliche Größe auf, deren Mindestwert durch den Wert des kleinsten durch den Prozeß eingeschränkten Merkmals  $f$  gegeben ist, das in dem Strukturierungsprozeß erzielt werden kann, um die Struktur in [Fig. 2b](#) zu erreichen. Gleichzeitig wird die Dicke  $\delta$  der Isolierwandabschnitte **6a** zwischen den Elektroden  $\epsilon_b$ ,  $\epsilon_a$  nicht durch  $f$  eingeschränkt und kann eine Dicke bis hinunter auf einen Nanometermaßstab aufweisen, wobei die einzige Einschränkung darin besteht, einen isolierenden Dünnsfilm bereitzustellen, der elektrische Fehler und einen Durchschlag zwischen den Elektroden  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$  verhindert. Mit anderen Worten, vorausgesetzt, daß die Oberfläche des Substrats **7**, das wie erforderlich mit den Elektroden gekoppelt ist, auch elektrisch isoliert, sind alle die parallelen streifenartigen Elektroden  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$  zueinander elektrisch isoliert. Ein Teil der

Draufsicht in [Fig. 6a](#), in [Fig. 6a](#) gezeigt, bedarf keiner weiteren Erläuterung, obwohl angemerkt sei, daß die Höhe beider Elektroden  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$  sowie des isolierenden Wandabschnitts **6a**  $h$  ist und daß man die Gleichung  $d = w_b + 2\delta$  hat. Vorausgesetzt der Abstand  $d$  zwischen den Elektroden ist als  $w_a + 2\delta$  gewählt, ist die Breite der Elektroden  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$  der gleiche und gleich einem Wert  $w$ , wodurch alle Elektroden  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$  somit die gleiche Querschnittsfläche aufweisen und, falls sie aus dem gleichen leitenden Material  $\epsilon$  hergestellt sind, auch die gleichen leitenden Eigenschaften.

**[0065]** Die Vorteile des Elektrodenmittels EM, das Elektroden-schichten L umfaßt, wie bezüglich der erzielbaren Füllfaktoren erörtert, soll jetzt in Verbindung mit einer Erörterung der Vorrichtung gemäß der Erfindung wie in [Fig. 10a](#) gezeigt erläutert werden.

**[0066]** Die [Fig. 3a](#) und [Fig. 3b](#) zeigen den Prozeßschritt zur Herstellung einer zweiten Ausführungsform einer Elektroden-schicht L in dem Elektrodenmittel EM gemäß der vorliegenden Erfindung. Der in [Fig. 3a](#) dargestellte Prozeßschritt weist als Ausgangspunkt die in [Fig. 2c](#) gezeigte Struktur mit dem bereits vorhandenen isolierenden Film **6** auf. Wie in [Fig. 3a](#) gezeigt, wird ein elektrisch leitendes Material  $\epsilon$ , das wieder das gleiche sein kann wie das leitende Material der Elektroden  $\epsilon_a$ , durch einen beliebigen geeigneten Prozeß in der Vertiefung **8** in [Fig. 2c](#) abgeschieden, und es folgt dann ein Planarisierungsschritt, der zu der in [Fig. 3b](#) dargestellten Struktur führt, die der zweiten Ausführungsform der Elektroden-schicht L gemäß der Erfindung entspricht. Bei dieser Ausführungsform sind die Elektroden  $\epsilon_a$  der ersten Menge von dem isolierenden Film **6** bedeckt, der Abschnitte **6a** entlang der Seitenränder der Elektroden  $\epsilon_a$ , Abschnitte **6c** der oberen Oberfläche davon sowie Abschnitte **6b** am Boden der Vertiefung **8** bildet, nun bedeckt das leitende Material  $\epsilon$ , das in diesem Schritt bearbeitet wird, um die Elektroden  $\epsilon_b$  der zweiten Menge  $E_b$  mit oberen Oberflächen zu ergeben, die mit den Abschnitten **6c** des isolierenden Dünnsfilms **6** bündig sind, der die Elektrode  $\epsilon_a$  bedeckt. Hinsichtlich der zweiten Ausführungsform, die in [Fig. 7](#) im Querschnitt gezeigt ist, sei angemerkt, daß die Elektroden **6a** in keinem ohmschen Kontakt mit irgendeinem darüber vorgesehenen kontaktierenden Material stehen, doch verhindert der isolierende Dünnsfilm **6** keine kapazitive Ankopplung zwischen der Elektrode  $\epsilon_b$  und einem kontaktierenden Material. Somit eignet sich diese Ausführungsform der Elektroden-schicht L gemäß der Erfindung für Anwendungen, bei denen die Elektroden  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$  in Fällen verwendet werden, die nur kapazitive Ankopplungen erfordern. Es sei zudem angemerkt, daß die Höhe  $h_b$  der Elektroden  $\epsilon_b$  kleiner ist als die Höhe  $h_a$  der Elektroden  $\epsilon_a$ , und zwar um einen Betrag, der der Dicke  $\delta$  des isolierenden Films **6** entspricht. Um für beide Elektroden  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$  die gleichen Elektrodenquerschnitte zu erhalten, sollte die Breite  $w_b$  der Elektroden  $\epsilon_b$  ent-

sprechend vergrößert werden, um die Tatsache zu berücksichtigen, daß die Höhe  $h_b$  dieser Elektroden nach dem Planarisierungsschritt, der die obere Oberfläche davon mit dem isolierenden Dünnfilmabschnitt **6c** bündig macht, nur  $h_a - \delta$  betragen kann, siehe [Fig. 7](#).

**[0067]** Die Prozessschritte zur Herstellung einer dritten Ausführungsform der Elektrodenschicht L gemäß der Erfindung ist in den [Fig. 4a](#) und [Fig. 4b](#) gezeigt. [Fig. 4a](#) hat als Ausgangspunkt die in [Fig. 2c](#) gezeigte Struktur, wobei der isolierende Dünnfilm **6** global in dem Substrat **7** und die Elektroden  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$  bedeckend abgeschieden ist. Ein leitendes Material  $\epsilon$  wird nun abgeschieden, das die Vertiefung **8** von [Fig. 2c](#) füllt und bedeckt, was zu der Struktur von [Fig. 4a](#) zum Zweck der Ausbildung der in [Fig. 4b](#) gezeigten Elektrode  $\epsilon_b$  führt. Das leitende Material  $\epsilon$  kann natürlich das gleiche sein wie das zuvor für die Elektroden  $\epsilon_b$  verwendete. Es folgt nun ein Planarisierungsschritt, woraufhin der Abschnitt des isolierenden Dünnfilms **6**, die Elektroden  $\epsilon_a$  bedeckend sowie überschüssiges Elektrodenmaterial  $\epsilon$  entfernt werden und wobei die in der Oberfläche der Elektrodenschicht freigelegten Elektroden  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$  alle zueinander bündig und bündig mit dem oberen Rand der Wandabschnitte **6a** des isolierenden Dünnfilms **6** zurückbleiben, wie in [Fig. 4b](#) gezeigt. Diese dritte Ausführungsform entspricht nun der in [Fig. 8](#) im Querschnitt dargestellten, wo zu sehen ist, daß alle Elektroden  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$  freiliegende obere Oberflächen aufweisen und sich somit zur kapazitiven also auch ohmschen Kopplung an ein Kontakt- oder funktionelles Material eignen, das darauf vorgesehen ist. Die Betrachtungen hinsichtlich der Mindestbreite  $w_a$ ,  $w_b$  der Elektroden  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$  gelten auch hier. Zudem wird zu sehen sein, daß die Höhe  $h_a$  einer Elektrode  $\epsilon_a$  von der Höhe  $h_b$  einer Elektrode  $\epsilon_b$  um einen Betrag  $\delta$  differiert, der der Dicke  $\delta$  des Abschnitts **6b** des Dünnfilms entspricht. Wie zuvor impliziert dies, daß der Abstand  $d$  zwischen den Elektroden  $\epsilon_a$  in dem Strukturierungsprozeß vergrößert werden muß, damit man Elektroden  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$  mit gleichen Querschnitten erhält, falls dies wünschenswert ist, um beispielsweise die gleiche leitende Kapazität zu erhalten, wenn die Elektroden  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$  aus leitendem Material mit der gleichen Leitfähigkeit hergestellt sind. Die Planarisierung kann leicht über beliebige geeignete Mittel stattfinden, zum Beispiel chemomechanisches Polieren, gesteuertes Ätzen oder einen gesteuerten mikroabrasiven Prozeß.

**[0068]** Schließlich veranschaulichen die [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) Prozessschritte, die entweder vom Prozessschritt von entweder [Fig. 2b](#) oder [Fig. 2c](#) zum Herstellen einer vierten Ausführungsform der Elektrodenschicht gemäß der vorliegenden Erfindung abgeleitet sind. Wenn der Ausgangspunkt [Fig. 2b](#) ist, impliziert dies, daß, wenn die Elektrodenstrukturen  $\epsilon_a$  aus einem leitenden Material mit geeigneten Eigenschaften bestehen, zum Beispiel Metall wie Titan

oder Aluminium, sie selektiv oxidiert werden können, um den isolierenden Dünnfilm **6** auszubilden, der die Elektroden mit Randabschnitten oder Wandabschnitten **6a** und einem Oberflächenabschnitt **6c** wie in [Fig. 5a](#) dargestellt bedeckt. Der in [Fig. 5a](#) dargestellte Prozessschritt könnte jedoch auch von der in [Fig. 2c](#) gezeigten Situation ausgehen, was impliziert, daß der isolierende Dünnfilm **6** weggeätzt werden muß, wo er das Substrat bedeckt, das heißt in der Vertiefung **8**, wodurch nur die von den Abschnitten **6a** und **6c** des isolierenden Dünnfilms **6** bedeckten Elektroden  $\epsilon_a$  zurückbleiben. Dies bringt jedoch den Einsatz eines zweiten Maskierungsschritts mit sich, was die Prozesskosten erhöht. Indem auf eine selektive Oxidation der Elektroden  $\epsilon_a$  vor dem Abscheiden des elektrisch leitenden Materials  $\epsilon$  für die Elektroden  $\epsilon_b$  ausgewichen wird, erhält man eine viel billigere Möglichkeit zum Vorsehen eines die Elektroden  $\epsilon_a$  bedeckenden isolierenden Dünnfilms **6**. Elektrisch leitendes Material  $\epsilon$  wird in der Vertiefung **8** zwischen den Elektroden  $\epsilon_a$  abgeschieden und wird dann natürlich wie zuvor davon durch den isolierenden Wandabschnitt **6a** isoliert sein, wonach ein in [Fig. 5b](#) gezeigter Planarisierungsschritt überschüssiges leitendes Material  $\epsilon$  entfernt, um die Elektroden  $\epsilon_b$  in der Vertiefung **8** zwischen den Wandabschnitten **6a** zu entfernen, die in [Fig. 5b](#) gezeigt sind und eine isolierende Oberfläche des Substrats **7** in direktem Kontakt damit bedecken.

**[0069]** Diese vierte Ausführungsform entspricht der in [Fig. 9a](#) in Draufsicht und auf [Fig. 9b](#) im Querschnitt dargestellten, woraus man ersehen kann, daß die Elektrode  $\epsilon_a$  die Höhe  $h_a$  und die Elektroden  $\epsilon_b$  die andere Höhe  $h_b$  aufweisen, wodurch die Schnittfläche der Elektroden  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$  jeweils  $w_a \cdot h_a$  und  $w_b \cdot h_b$  betragen wird, was impliziert, daß zur Ausbildung der Elektroden  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$  mit der gleichen Breite  $w_a = w_b = w$  der Abstand zwischen den Elektroden  $\epsilon_a$  der ersten Elektrodenmenge  $E_a$  bei dem in [Fig. 2b](#) gezeigten Strukturierungsschritt justiert werden muß. Da der isolierende Dünnfilm **6** nun auch die obere Oberfläche der Elektrode  $\epsilon_b$  mit dem Abschnitt **6c** bedeckt, impliziert dies natürlich, daß die vierte Ausführungsform der Elektrodenschicht L wie in [Fig. 9a](#) dargestellt eingeschränkt sein wird, um zum Beispiel eine kapazitive Kopplung mit irgendeinem darüber abgeschiedenen kontaktierenden Material zu erreichen. Die Draufsicht in [Fig. 9a](#) ähnelt natürlich der Ausführungsform wie in der Draufsicht von [Fig. 6a](#) gezeigt, mit der Ausnahme, daß die Elektroden  $\epsilon_a$  in ersterer von den isolierenden Dünnfilmabschnitten **6c** bedeckt sind.

**[0070]** Wie bereits oben erwähnt, kann der isolierende Dünnfilm **6** durch beliebige geeignete Mittel abgeschieden werden, beispielsweise durch chemische Dampfabcheidung, Sprühen oder Sputtern, doch wenn sich das Elektrodenmaterial  $\epsilon$  und das Substratmaterial für die Oxidation eignen, könnte der isolie-

rende Dünnschicht zum Beispiel über einen thermischen Oxidationsprozeß ausgebildet werden, was zu der in [Fig. 2c](#) gezeigten Struktur führt. Dies ließe sich beispielsweise mit als Metallisierung abgeschiedenem Elektrodenmaterial anwenden, wobei Materialien wie Titan, Aluminium, Kupfer usw. verwendet werden, wie sie üblicherweise für Elektrodenmaterialien in elektronischen Einrichtungen verwendet werden. Wenn das Substrat **7** nun beispielsweise aus Silizium besteht, könnte die Oberfläche davon, wo nicht von Elektroden  $\epsilon_a$  bedeckt, gleichzeitig oxidiert werden, um darauf eine isolierende Schicht aus  $\text{SiO}_2$  auszubilden. Außerdem könnten die isolierenden Dünnschichtabschnitte wie in [Fig. 5a](#) dargestellt über eine selektive Oxidation der Elektroden  $\epsilon_a$  vor der Abscheidung von leitendem Material  $\epsilon$  in den Vertiefungen zwischen diesen Elektroden ausgebildet werden, wie bereits oben erwähnt. Solche Oxidationsprozesse sind dem Fachmann wohl bekannt und werden hier nicht weiter erörtert.

**[0071]** [Fig. 10a](#) zeigt im Querschnitt eine Ausführungsform einer ersten Elektrodenerschicht L1 in dem Elektrodenmittel gemäß der Erfindung und mit einer globalen Schicht aus einem funktionellen Medium bedeckt, das vorgesehen ist und die Elektroden **1** bedeckt und in Kontakt damit steht. [Fig. 10b](#) zeigt die zweite Elektrodenerschicht L2 mit Elektroden, die auf einer Rückwandplatte **7'** vorgesehen sind, die dem Substrat **7** der ersten Elektrodenerschicht entspricht. Diese Elektrodenerschicht ähnelt natürlich in jeder Hinsicht der der ersten Elektrodenerschicht L1 und ist mit einer Anordnung verbunden, die die erste Elektrodenerschicht L1 und die globale Schicht aus dem funktionellen Medium umfaßt, um ein montiertes Elektrodenmittel EM gemäß der Erfindung auszubilden. Die resultierende Ausführungsform letzterer ist in [Fig. 10c](#) im Querschnitt gezeigt, wobei aber nun die erste Elektrodenerschicht L1 um  $90^\circ$  gedreht und die zweite Elektrodenerschicht L2 derart vorgesehen ist, daß die Elektroden **2** davon kreuzweise oder orthogonal zu den Elektroden **1** der Elektrodenerschicht L1 orientiert sind. Die resultierende Struktur bildet eine dichte Elektrodenmatrix, die die globale Schicht eines funktionellen Mediums kontaktiert und funktionelle Elemente aufweist, die darin definiert sind, wo die kreuzenden Elektroden **1**; **2** jeweiliger Elektrodenerschichten L1; L2 überlappen. Das Layout des Elektrodenmittels in Form einer Elektrodenmatrix, die Matrixadressierung der funktionellen Elemente des globalen funktionellen Mediums gestattet, beispielsweise durch Anlegen einer Spannung an eine gewählte Elektrode **1** in der ersten Elektrodenerschicht L2 und eine gewählte Elektrode **2** in der zweiten Elektrodenerschicht. Wo diese gewählten Elektroden ein elektrisches Feld kreuzen oder eine Potentialdifferenz über dem funktionellen Medium **3** angelegt werden kann und eine Änderung bei einem physikalischen Parameter davon in dem adressierten funktionellen Element induziert, zum Beispiel in Form einer Ände-

rung seiner Impedanz. Wenn das funktionelle Medium wie unten erläutert ein polarisierbares ferroelektrisches oder Elektretmaterial ist, kann die in [Fig. 10c](#) gezeigte Einrichtung als ein passiver matrixadressierbarer Speicher angesehen werden und das Anlegen von Spannungen an jeweilige Elektroden der ersten und zweiten Elektrodenerschicht polarisiert dann das funktionelle Element **5**, das zwischen kreuzenden Elektroden **1**, **2** ausgebildet ist und dann natürlich spezifisch eine Speicherzelle in einem ferroelektrischen oder Elektretspeicher ist. Zum Ansteuern und Steuern in Verbindung mit einer Adressieroperation zu den Speicherzellen, wenn das funktionelle Medium ein Speichermaterial ist, zum Beispiel Schreib- und Leseoperationen, versteht es sich, daß Elektroden mit peripheren Treiber- und Steuerschaltungen verbunden sein müssen, wie der Fachmann ohne weiteres versteht. [Fig. 10d](#) zeigt, wie mehrere derartige Einrichtungen mit dem Elektrodenmittel gestapelt werden können, um mehrere Elektrodenmittel mit einem funktionellen Medium auszubilden, wodurch eine volumetrische Einrichtung realisiert wird. Es ist nun leicht ersichtlich, daß bei einer Einrichtung dieser Art jedes Elektrodenmittel bei entsprechender Verbindung mit einer nicht gezeigten peripheren Schaltung individuell und parallel adressiert werden kann.

**[0072]** Eine zweite Ausführungsform des Elektrodenmittels gemäß der vorliegenden Erfindung ist in den [Fig. 11a](#) – [Fig. 11d](#) gezeigt, wo verschiedene Stufen bei seiner Herstellung wiedergegeben sind. [Fig. 11a](#) zeigt eine Ausführungsform mit einer ersten Elektrodenerschicht L1, die der einen in [Fig. 2f](#) gezeigten entspricht und auf einem Substrat **7** vorgesehen ist. Eine globale Schicht **3** aus einem funktionellen Medium wird nun über der ersten Elektrodenerschicht L1 aufgebracht und kontaktiert die Elektroden davon. Diese globale Schicht wird planarisiert und dann als ein Substrat verwendet, wenn eine zweite Elektrodenerschicht L2 darüber vorgesehen wird, wie in den [Fig. 11b](#) – [Fig. 11d](#) gezeigt. Der Prozeß dafür imitiert die in den [Fig. 2a](#)–[f](#) gezeigten Schritte und die resultierende Elektrodenerschicht L2 wird nicht von einer Rückwandplatte bedeckt, sondern planarisiert, bevor eine zweite Schicht **3** aus einem funktionellen Medium darüber abgeschieden wird und das Substrat für eine Abscheidung einer dritten Elektrodenerschicht L3 bildet. Dieser Prozeß kann wiederholt werden, und es ist nun ersichtlich, wie man eine gestapelte Struktur mit mehreren Elektrodenmitteln EM1, EM2 erhält, wie in [Fig. 11c](#) gezeigt. Diese volumetrische Ausführungsform einer Einrichtung mit Elektrodenmitteln gemäß der Erfindung ist jedoch von der in [Fig. 10d](#) gezeigten dadurch verschieden, daß die zweite Elektrodenerschicht L2 des ersten Elektrodenmittels nun die erste Elektrodenerschicht L1 eines zweiten Elektrodenmittels EM2 bildet, und so weiter. Das Ergebnis ist, daß bei einer gestapelten Einrichtung mit n Elektrodenmitteln EM1–EMn die Gesamt-

zahl an Elektroden-schichten nicht  $2n$  beträgt, wie dies der Fall ist, wenn die Elektrodenmittel in der gestapelten Struktur durch Substrat oder Rückwandplatinen **7**, **7'** voneinander isoliert sind, sondern  $n + 1$ . Dies soll die Abmessungen (Dicke) der fertigen Struktur bei einer volumetrischen Ausführungsform dieser Art reduzieren. Bei dieser Ausführungsform kann jedoch nur jedes zweite Elektrodenmittel parallel adressiert werden, beispielsweise das erste und das dritte Elektrodenmittel und so weiter, und zwar aufgrund der Tatsache, daß die Elektroden-schichten von der zweiten bis zur zweitletzten alle in der Lage sind, mit einer funktionellen Mediumsschicht **3** auf beiden Seiten davon zu verbinden.

**[0073]** Das Abscheiden einer zweiten Elektroden-schicht L2 direkt auf einem funktionellen Medium kann bestimmte Probleme aufwerfen, wenn das Material des funktionellen Mediums beispielsweise ein organisches Material mit einem niedrigen Schmelzpunkt ist und die Elektroden der zweiten Elektroden-schicht L2 als Leiter aus einem anorganischen oder metallischen Material der einen oder anderen Art abgeschieden werden sollen. Wenn beispielsweise das funktionelle Medium ein ferroelektrisches oder Elektretspeichermaterial aus einem Polymer oder Copolymer ist, soll dieses Material einen Schmelzpunkt von etwa  $200^{\circ}\text{C}$  aufweisen und eine Metallisierung davon, d.h. Bereitstellung einer Schmelzbeschichtung direkt auf einem Material dieser Art, kann zu einem Schmelzen des Materials in seiner Oberflächenschicht davon führen. Außerdem soll ein nachfolgendes Ätzen in dem Strukturierungsschritt zur Ausbildung der parallelen streifenartigen Elektrode für die Eigenschaften eines Materials dieser Art abträglich sein. Es hat sich jedoch als möglich herausgestellt, Abscheidungsprozesse zu verwenden für das Aufbringen der Metallisierungsschicht, ohne daß schädlich hohe Wärmebeanspruchungen etwa auf ein funktionelles Medium in Form von Polymermaterial induziert wird. Verschiedene Spray- und Sputterprozesse, beispielsweise unter Verwendung von Elektronen- oder Ionenstrahlen, können in einem thermischen Gebiet kompatibel mit den thermischen Einschränkungen durchgeführt werden, die dem funktionellen Medium auferlegt werden müssen, und wenn auch beim Strukturierungsschritt besondere Sorgfalt getroffen wird, beispielsweise durch Verwendung hochselektiver Reaktionsteilnehmer bei einem ionenreaktiven Prozeß zum Strukturieren der Metallisierungsschicht kann eine Verschlechterung der funktionellen Eigenschaften des Materials des funktionellen Mediums vermieden werden. Mit anderen Worten wird es möglich sein, die Schicht **3** aus funktionellem Medium als Substrat für eine nachfolgende Abscheidung und Strukturierung der zweiten Elektroden-schicht einzusetzen, selbst wenn dies eine Metallisierung und nachfolgende Ätzung des zum Ausbilden der Elektroden der zweiten Schicht L2 verwendeten Schichtmaterials beinhaltet.

**[0074]** In Verbindung mit den [Fig. 12a](#), [Fig. 12b](#) und [Fig. 12c](#) erfolgt nun eine Erörterung einer Vorrichtung gemäß der Erfindung, die das Elektrodenmittel der Erfindung enthält. Aus dieser Erörterung wird dann ersichtlich werden, wie das Elektrodenmittel gemäß der Erfindung gestattet, daß der Füllfaktor sich bei einer Vorrichtung dieser Art Eins nähert.

**[0075]** Die Vorrichtung gemäß der Erfindung ist in Draufsicht in [Fig. 12a](#) in einer Ausführungsform gezeigt, die auf eine passive matrixadressierbare Einrichtung beschränkt ist, wobei ein funktionelles Medium in einer globalen Schicht **3** abgeschieden und zwischen zwei der Elektroden-schichten L1, L2 geschichtet wird, die das Elektrodenmittel EM gemäß der Erfindung bilden. Die erste Elektroden-schicht L1, die je nach der Art des verwendeten funktionellen Materials eine beliebige der in den [Fig. 6–Fig. 9](#) gezeigten Ausführungsformen sein könnte, ist identisch mit der Elektroden-schicht L2, die jedoch mit den parallelen streifenartigen Elektroden **2** versehen ist, die unter einem Winkel und bevorzugt senkrecht zu den entsprechenden Elektroden **1** in der Elektroden-schicht L1 orientiert ist, wie gezeigt. Wo sich die Elektroden **1**, **2** überlappen, ist ein funktionelles Element **5** in dem funktionellen Medium **3** dazwischen definiert. Das funktionelle Element **5** kann ein halbleitendes anorganisches oder organisches Material oder ein dielektrisches Material sein, das polarisiert werden und eine Hysterese aufweisen kann, wie etwa ein ferroelektrisches oder Elektretmaterial, das bevorzugt organisch sein kann, zum Beispiel ein Polymer oder Copolymer. In letzteren Fällen ist die Kopplung kapazitiv und gestattet die Verwendung der Ausführungsformen der Elektroden-schicht L wie im Querschnitt entweder in [Fig. 7](#) oder [Fig. 9b](#) gezeigt. Die folgende Erörterung einer Ausführungsform der Vorrichtung gemäß der Erfindung ist der Kürze halber auf eine Ausführungsform einer Datenspeichereinrichtung und insbesondere eine ferroelektrische Datenspeichereinrichtung, bevorzugt mit einem als ein organisches Material in Form eines Polymers oder Copolymers gewählten funktionellen Medium beschränkt. Die Implementierung der Vorrichtung gemäß der Erfindung ist jedoch keineswegs darauf beschränkt, und weitere Möglichkeiten können für den Fachmann offensichtlich sein. Zudem sind alle Treiber-, Erfassungs- und Steuerschaltungen der Übersichtlichkeit halber in [Fig. 12a](#) nicht gezeigt, könnten aber in praktischen Ausführungsformen in CMOS-Technologie auf der Basis von Silizium und in dem Substrat **7** vorgesehen implementiert werden, falls dieses in dem gleichen Material hergestellt ist. Alle Elektroden **1**, **2** würden dann auf geeignete Weise zu den Schaltungen verlegt und mit diesen verbunden werden, und zwar auf Weisen, die der Fachmann gut versteht.

**[0076]** Wie erwähnt ist das funktionelle Material **3** zwischen den Elektroden-schichten L1, L2 geschich-



tet, wie vorteilhafterweise in [Fig. 12b](#) zu sehen, die einen Schnitt durch die Vorrichtung in [Fig. 12a](#) entlang der Linie X-X zeigt. An der Überlappung oder den Überkreuzungen der Elektroden **1**, **2** ist eine Speicherzelle **5** in dem funktionellen Medium **3**, das heißt einem ferroelektrischen Material, definiert, und dieses Material in einer Speicherzelle **5** kann aus einem jungfräulichen Zustand heraus polarisiert werden, wenn eine Spannung an die Elektroden **1**, **2** jeweils der ersten und zweiten Elektroden-schichten L1; L2 angelegt wird. Der Polarisationszustand des ferroelektrischen Speichermaterials **3**, das natürlich eine Hystere aufweisen können muß, kann permanent auf das Speichern eines Logikwerts darin und/oder das Vorzeichen (Richtung) der Polarisation gesetzt sein, nämlich können + oder – ins Gegenteil umgeschaltet werden, ein Phänomen, das in einem sogenannten destruktiven Ausleseprozeß zum Detektieren eines Logikzustands der Speicherzelle, das heißt einer binären 0 oder einer binären 1, auftreten kann. Eine Auslesung kann jedoch auch nicht-destruktiv sein, so daß der Logikzustand der Zelle unverändert bleibt, nachdem eine Auslesung stattgefunden hat, beispielsweise durch Anlegen von Spannungen an die die Speicherzelle definierenden Elektroden **1**, **2**, aber mit einer Größe, daß der Polarisationszustand davon nicht umgeschaltet wird. Unter physikalischen Gesichtspunkten kann die Überlappung der Elektroden **1**; **2** der Elektroden-schichten L1, L2 und des dazwischen geschichteten und eine Speicherzelle **5** bildenden ferroelektrischen Materials **3** als eine Kondensatorstruktur angesehen werden, so daß ein ferroelektrischer Speicher dieser Art allgemein als eine Art von kapazitiver Datenspeichereinrichtung angesehen wird. Da die Elektroden  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$  in der jeweiligen Elektroden-schicht L1, L2 in jedem Fall nur durch einen sehr dünnen Film **6** aus isolierendem Material getrennt sind, dessen Dicke  $\delta$  nur einen winzigen Bruchteil dessen der Breite  $w$  der Elektroden  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$  beträgt und ganz besonders bevorzugt einem kleinsten durch den Prozeß eingeschränkten oder durch den Prozeß definierbaren Merkmal  $f$  entspricht, ist zu erkennen, daß ein Elektrodenmittel EM gemäß der Erfindung eine Erhöhung des Füllfaktors in Richtung Eins gestattet. – Es sei angemerkt, daß die Elektroden  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$  in jedem Fall unterschiedliche Breiten  $w_a$ ,  $w_b$  aufweisen können, doch ihre Breiten als  $w_a \sim w_b$  in der Praxis als etwa den gleichen Wert habend betrachtet werden können.

**[0077]** Dies ist vorteilhafterweise zu sehen, wenn man einen planaren Abschnitt betrachtet, der vier Speicherzellen  $5_1 - 5_4$  umfaßt, wie in [Fig. 12c](#) gezeigt. Der von den isolierenden Wänden **6a** zwischen den Elektroden belegte Bereich definiert den Bereich der Zellen  $5_1 \dots 5_4$  und die Elektroden selbst in einer der Elektroden-schichten L1, L2 sind  $4f^2 + 8f\delta + 4\delta^2$ . Dies impliziert, daß, wenn  $\delta$  nur ein winziger Bruchteil entweder von  $f$  oder der Breite  $w$  der Elektroden **1**, **2** ist, der Füllfaktor sich in der Vorrichtung gemäß der

Erfindung Eins nähert, was bedeutet, daß fast 100% des Bereichs des zwischen den Elektroden-schichten L1, L2 geschichteten funktionellen Mediums **3** von den funktionellen Elemente oder Zellen beansprucht wird, dessen Mindestgröße  $f^2$  beträgt. Wenn beispielsweise  $f \sim w$  auf Eins gesetzt ist und  $\delta = 0,01f$ , dann wird der Bereich des planaren Abschnitts  $4 + 8 \cdot 0,01 + 0,0004 \sim 4,08$  sein und der Füllfaktor wird  $4/4,08 = 0,98$ , das heißt ein Füllfaktor von 98%. Die größte Anzahl an funktionellen Elementen oder Zellen **5** in der Matrix vorausgesetzt, daß der Bereich des zugänglichen funktionellen Mediums A ist, wird dann bei der Vorrichtung gemäß der Erfindung bei  $A/f^2$  liegen. Wenn beispielsweise die angewendete Designregel  $f$  als  $0,2 \mu\text{m}$  setzt und ein Bereich A des funktionellen Mediums  $3 \cdot 10^6 \mu\text{m}$  beträgt, das heißt  $0,98 \cdot 10^6 / 0,2^2 = 24,5 \cdot 10^6$  adressierbare funktionelle Elemente **3** könnten als ein Bit speichernde Speicherzellen bereitgestellt werden, was eine Speicherdichte von etwa  $25 \text{ Mbit/mm}^2$  impliziert. Wenn die Elektroden wie im Stand der Technik bekannt mit einem durch das kleinste durch den Prozeß definierte Merkmal  $f$  definierten Abstand  $d$  beabstandet sind, wird der in [Fig. 10c](#) gezeigte planare Abschnitt **4** nur eine Zelle **5** enthalten, und der Füllfaktor wird dementsprechend  $0,25$  oder  $25\%$  betragen, während die größte erzielbare Anzahl von Zellen dann natürlich  $1/4$  der Anzahl betragen wird, die erzielt werden kann, wenn das Elektrodenmittel EM gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

**[0078]** Dies impliziert auch, daß bei einer Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung eine einzelne Einrichtung mit zwei Elektroden-schichten L1, L2 und dem dazwischen geschichteten funktionellen Medium **3** die gleiche Kapazität aufweisen wird wie vier derartige Einrichtungen in herkömmlicher Technologie, die gestapelt sind, um eine volumetrische Datenspeichervorrichtung auszubilden. Es gibt jedoch nichts, was verhindern kann, daß Einrichtungen wie in [Fig. 12b](#) gezeigt gestapelt werden können, um die volumetrische Datenspeichereinrichtung mit hoher Kapazität und hoher Speicherdichte zu liefern, zum Beispiel mit dem auf den Elektroden-schichten L2 vorgesehenen Substrat **7**, das als eine Trenn- oder isolierende Schicht zwischen einer ersten Einrichtung in dem Stapel und der folgenden dient. Das Ergebnis ist natürlich, daß die gleiche Kapazität in jedem Fall mit nur  $1/4$  der Anzahl der Einrichtungen erzielt wird, die die vorliegende Erfindung in einer gestapelten volumetrischen Datenspeichervorrichtung verkörpern. Somit wird das inhärente Problem bei der Verwendung einer großen Anzahl gestapelter Einrichtungen, wie dies mit herkömmlicher Technologie erforderlich ist, um die gleiche Datenkapazität zu erzielen, vermieden.

**[0079]** Insbesondere die Planarisierungsprozesse, die beim letzten Schritt zum Ausbilden der Elektroden-schicht angewendet werden können, können mit



einem sehr hohen Präzisionsgrad durchgeführt werden, wodurch selbst bei großflächigen Elektrodenmitteln gemäß der Erfindung eine Gesamtplanarität bis hinunter auf den Nanometermaßstab erzielt werden kann. Beispielsweise kann wie erwähnt chemomechanisches Polieren angewendet werden, um ein oberflächenbehandeltes Elektrodenmittel ohne die Unregelmäßigkeiten oder die Höckerigkeit bereitzustellen, die Elektrodenmittel nach dem Stand der Technik behindern, die als direkte Metallisierung auf einem funktionellen Material vorgesehen sind.

**[0080]** Somit wird es unmöglich, eine zunehmende Höckerigkeit der gestapelten zu vermeiden, wenn mehrere Einrichtungen gestapelt werden. Außerdem können auch Probleme vermieden werden, die auf thermische und mechanische Beanspruchungen zurückgehen, die eingeführt werden, wenn eine Spannung angelegt wird, um Daten zu den Zellen des funktionellen Mediums in jedem separaten Speicherbauelement zu schreiben und zu lesen.

**[0081]** Die Anwendung in dem Elektrodenmittel EM gemäß der Erfindung ist überhaupt nicht auf eine Datenspeichervorrichtung beschränkt, wenngleich auch eine Vorrichtung dieser Art besonders vorteilhaft wäre, sei sie aus gestapelten Speicherbauelementen ausgebildet oder nicht. Für das allgemeine Layout und die allgemeine Struktur solcher Vorrichtungen und einer Reihe möglicher Materialien oder Materialkombinationen für das funktionelle Medium kann auf die bereits erwähnte eigene veröffentlichte Patentanmeldung WO98/58383 verwiesen werden, die bereits erteilt wurde, u.a. sowohl als US-Patent als auch als EP-Patent. Diese Anmeldung offenbart Architekturen für Datenverarbeitungseinrichtungen, im vorliegenden Fall Speicherbauelemente, sind aber nicht besonders auf ferroelektrische Speicherbauelemente ausgerichtet. Außerdem offenbart diese Veröffentlichung auch eine zum Beispiel auf informationsanzeigende Einrichtungen angewendete Architektur.

**[0082]** Hinsichtlich der Elektrodenmaterialien für das Elektrodenmittel EM wie in verschiedenen Einrichtungen wie etwa Speicherbauelementen verwendet könnte es sich dabei wie erwähnt um ein beliebiges geeignetes leitendes Material handeln, zum Beispiel Metalle wie Titan oder Aluminium, die üblicherweise in elektronischen Bauelementen verwendet werden. Diese Elektrodenmaterialien können auch anorganische Materialien sein, beispielsweise leitende Polymere, müssen dann aber mit zu zur Ausbildung der isolierenden Dünnschicht verwendeten Prozeß oder jedem beliebigen, zum Entfernen von Abschnitten davon verwendeten Prozeß kompatibel sein.

**[0083]** Wenngleich es sich versteht, daß die Breite  $w$  der Elektroden des Elektrodenmittels EM gemäß der Erfindung entsprechend einen durch das kleinste

durch den Prozeß eingeschränkte Merkmal  $f$  definierten Mindestwert aufweisen soll, wird es natürlich in erster Linie nur die Breite der Elektroden  $\epsilon_a$  der ersten Menge, die abgeschieden und strukturiert werden müssen, sowie der Abstand dazwischen sein, die so eingeschränkt ist. Die Elektroden  $\epsilon_a$  können über Prozesse abgeschieden werden, die nicht durch eine für den Strukturierungsprozeß geltende Designregel beschränkt sind. Dies impliziert, daß eine kleinste Abmessungseinschränkung hinsichtlich der erhältlichen Merkmale erheblich geringer sein könnte als der Wert von  $f$ . Das gleiche gilt natürlich für das Auftragen des isolierenden Dünnschicht, was zum Beispiel über Oxidation, Dampfabscheidung oder Sprühen oder Sputtern bis fast hinunter auf einatomige Abmessungen stattfinden kann. Die einzige Anforderung lautet, daß es die erforderliche elektrische Isolierung zwischen benachbarten Elektroden  $\epsilon_a$  und  $\epsilon_b$  in der jeweiligen Menge  $E_a$ ,  $E_b$  von Elektroden in der Elektroden-schicht  $L$  liefern sollte. Außerdem würden, während  $f$  in herkömmlichen photomikrolithographischen Prozessen üblicherweise im Bereich von  $0,2 \mu\text{m}$  oder etwas darunter liegen würde, andere Technologien, die gegenwärtig etabliert sind oder in der Entwicklung stehen, Merkmale im Nanomaßstabsbereich gestatten, das heißt Elektrodenbreiten bis hinunter auf einige zig Nanometer und beispielsweise die Verwendung einer chemomechanischen Bearbeitung im Nanomaßstabsbereich, um die erforderliche Planarisierung zu erzielen, die in jedem Fall Elektrodenschichten  $L$  mit einer oberen Oberfläche mit hoher Planarität ergeben würde und wobei alle Komponententeile, das heißt Elektroden  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$  sowie der isolierende Dünnschicht  $6$  in der oberen Oberfläche davon bündig sind.

**[0084]** Im allgemeinen wird die Verwendung des Elektrodenmittels gemäß der Erfindung in einer Vorrichtung oder Einrichtung, wo das funktionelle Medium zwischen einem Paar Elektrodenschichten geschichtet ist mit den parallelen streifenartigen Elektroden und jeweils zueinander unter einem Winkel orientiert und bevorzugt senkrecht, um eine matrixadressierbare Einrichtung auszubilden, einen sich eins nähernden Füllfaktor und eine größte Anzahl von definierbaren funktionellen Elementen oder Zellen gestatten, die nur eingeschränkt sind durch die gültige Designregel für den Strukturierungsprozeß der Elektroden. Besonders attraktiv ist die Möglichkeit zur Herstellung von Elektrodenschichten gemäß der Erfindung in einem Rolle-zu-Rolle-Prozeß, wonach die separaten Elektrodenschichten erhalten werden durch Schneiden des fortlaufenden Bands aus Elektroden auf geeignete Abmessungen. Nun könnte ein funktionelles Medium auf der Elektroden-seite einer der Elektrodenschichten aufgebracht werden, wonach eine zweite Elektrodenschicht gemäß der Erfindung umorientiert wird, wobei sich ihre individuellen Elektroden senkrecht zu den Elektroden der ersten Elektrodenschichten befinden und ihre

Elektroden dem bereits aufgetragenen funktionellen Medium der ersten Elektrodenschicht zugewandt sind und einer koppelnden Beziehung damit vorgesehen sind, um das Elektrodenmittel EM gemäß der Erfindung auszubilden, ohne daß zumindest die Elektroden des zweiten Elektrodenmittels in einem Metalisierungsschritt direkt auf dem funktionellen Medium vorgesehen werden müssen, einem Prozeß, der wie oben erwähnt für das Material des funktionellen Mediums insbesondere im Fall organischer Materialien wie etwa Polymeren und Copolymeren abträglich sein kann, die dafür verwendet werden, um zum Beispiel eine ferroelektrische matrixadressierbare Einrichtung bereitzustellen. Der umrissene Herstellungsvorgang soll jedoch nicht leicht auf aktive matrixadressierbare Einrichtungen angewendet werden können, doch erscheinen sie angesichts jüngster Entwicklungen nun als ein besonders attraktiver Vorschlag etwa für matrixadressierbare ferroelektrische Speicherbauelemente. Nicht nur sollen aktive matrixadressierbare ferroelektrische Speicherbauelemente kompliziert sein und einen höheren Stromverbrauch aufweisen, sondern sogar mit Elektrodenmitteln gemäß der Erfindung realisiert liegt ihr Füllfaktor weit unter Eins. Beispielsweise im Fall von aktiven ferroelektrischen Speicherzellen des IT,IC-Typs (ein Transistor, ein Kondensator) soll der erzielbare Füllfaktor im besten Fall 0,67 nicht übersteigen.

**[0085]** Alternativ könnte das funktionelle Medium auch in einem letzten Prozeßschritt nach der Planarisierung des Elektrodenmittels in einer kontinuierlichen oder halbkontinuierlichen Rolle-zu-Rolle-Operation entweder mit einer sorgfältig gesteuerten Dicke oder gefolgt von einer zweiten Planarisierung aufgebracht werden. Dann werden separate Elektrodenschichten auf die gewünschten Abmessungen zugeschnitten, wobei zwei Elektrodenschichten mit einem bereits an seinem Platz befindlichen funktionellen Medium entsprechend mit den jeweiligen Elektroden in zueinander senkrechter Beziehung orientiert sind, wonach das Elektrodenmittel gemäß der Erfindung ausgebildet und in einer koppelnden Beziehung mit dem an seinem Platz befindlichen funktionellen Medium jedes Elektrodenmittels verbunden werden kann. Dieser Herstellungsvorgang könnte wiederholt werden, um beispielsweise eine volumetrische Datenspeichereinrichtung herzustellen, die mehrere Elektrodenmittel gemäß der Erfindung umfaßt, die zu einer beliebigen gewünschten Anzahl gestapelt sind, und so die Vorrichtung gemäß der Erfindung in einer volumetrischen Konfiguration zu realisieren.

**[0086]** Das Elektrodenmittel gemäß der Erfindung mit seinen stark planarisierten Elektrodenschichten gestattet außerdem eine sorgfältige Steuerung der Elektrodenabmessungen, das heißt der Querschnittsflächen der Elektroden, die bezüglich ihrer Stromführungskapazität gleichförmig sein sollten.

Dies wiederum impliziert, daß das Adressieren eines funktionellen Elements in dem funktionellen Medium auf die gleichen Potentialdifferenzen das Element den gleichen Potentialdifferenzen aussetzen soll, um das Element in einen (Widerstands- oder kapazitiven) Impedanzzustand zu versetzen. Wenn außerdem Schreib- und Leseprotokolle mit Spannungen verwendet werden, die Bruchteile einer Umschaltspannung beispielsweise eines ferroelektrischen Speichermaterials betragen, erhält man eine höhere Zuverlässigkeit, wobei es auch möglich sein wird, an inaktive Wort- und Bitleitungen in einem passiven Matrixadressierverfahren angelegte Ruhepotentiale sorgfältig zu steuern, wodurch zum Beispiel kapazitive Kopplungen und Störungen nicht-adressierter Speicherzellen in der Matrix vermieden werden.

### Patentansprüche

1. Elektrodenmittel (EM), das erste und zweite Dünnschichtelektrodenschichten (L1, L2) mit Elektroden ( $\epsilon$ ) in Form paralleler streifenartiger elektrischer Leiter in jeder Schicht umfaßt, wobei die Elektroden ( $\epsilon$ ) der zweiten Elektrodenschicht (L2) kreuzweise oder im wesentlichen orthogonal zu den Elektroden ( $\epsilon$ ) der ersten Schicht (L1) orientiert sind, wobei mindestens eine der Elektrodenschichten (L1, L2) auf einer isolierenden Oberfläche eines Substrats oder Rückwandplatte (7, 7') vorgesehen ist und wobei die Elektrodenschichten (L1, L2) in parallelen beabstandeten Ebenen unter Kontaktierung einer global vorgesehenen Schicht (3) aus einem funktionellen Medium dazwischen vorgesehen sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß jede der Dünnschichtelektrodenschichten (L1, L2) eine erste Menge ( $E_a$ ) der streifenartigen Elektroden ( $\epsilon_a$ ) der Breite  $w_a$  und Dicke  $h_a$  umfaßt, wobei die Elektroden ( $\epsilon_a$ ) der ersten Menge ( $E_a$ ) durch einen Abstand  $d$  größer oder gleich  $w_a$  gegenseitig voneinander beabstandet sind, eine zweite Menge ( $E_b$ ) der streifenartigen Elektroden ( $\epsilon_b$ ) mit Breite  $w_b$  und Dicke  $h_b$  in den Abständen zwischen den Elektroden ( $\epsilon_a$ ) der ersten Menge ( $E_a$ ) vorgesehen und elektrisch davon durch einen Dünnschichtfilm (6) aus einem elektrisch isolierenden Material isoliert ist, das eine Dicke  $\delta$  aufweist und sich mindestens entlang der Seitenränder der parallelen Elektroden ( $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$ ) erstreckt und eine isolierende Wand (6a) mit der Dicke  $\delta$  dazwischen bildet, wobei die Größe von  $\delta$  im Vergleich zur Größe von entweder  $w_a$  oder  $w_b$  klein ist, wobei die Abstandsentfernung  $d$  zwischen den Elektroden ( $\epsilon_a$ ) der ersten Menge ( $E_a$ )  $w_b + 2\delta$  ist, und daß die Elektrodenschichten (L1, L2) mit Elektroden ( $\epsilon$ ) bzw. dem isolierenden Dünnschichtfilm (6) die globalen planaren Schichten in dem Elektrodenmittel (EM) bilden.

2. Elektrodenmittel (EM) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das leitende Material der Elektroden ( $\epsilon$ ) der mindestens einen der Elektrodenschichten (L1, L2) direkt auf der Oberfläche des Substrats (7, 7') vorgesehen ist.

3. Elektrodenmittel (EM) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden ( $\epsilon$ ) einer der Elektroden-schichten (L1, L2) zur Außenseite in der Oberfläche davon gegenüber der anderen Elektroden-schicht (L2, L1) freiliegen.

4. Elektrodenmittel (EM) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche einer der Elektroden-schichten (L1, L2) gegenüber der anderen Elektroden-schicht (L2, L1) von einer Rückwandplatte (7') bedeckt ist.

5. Elektrodenmittel (EM) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Querschnittsfläche der Elektroden ( $\epsilon_a, \epsilon_b$ ) beider Mengen ( $E_a, E_b$ ) gleich ist, so daß  $w_a \cdot h_a = w_b \cdot h_b$ .

6. Elektrodenmittel (EM) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Querschnittsfläche der Elektroden ( $\epsilon_a$ ) der ersten Menge ( $E_a$ ) von der der Elektroden ( $\epsilon_b$ ) der zweiten Menge ( $E_b$ ) verschieden ist, so daß  $w_a \cdot h_a \neq w_b \cdot h_b$ .

7. Elektrodenmittel (EM) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das leitende Material der Elektroden ( $\epsilon_a, \epsilon_b$ ) beider Mengen ( $E_a, E_b$ ) das gleiche ist.

8. Elektrodenmittel (EM) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das leitende Material der Elektroden ( $\epsilon_b$ ) der zweiten Menge ( $E_b$ ) von dem leitenden Material der Elektroden ( $\epsilon_a$ ) der ersten Menge ( $E_a$ ) verschieden ist.

9. Elektrodenmittel (EM) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das leitende Material der Elektroden ( $\epsilon_a$ ) der ersten Menge ( $E_a$ ) und das leitende Material der Elektroden ( $\epsilon_b$ ) der zweiten Menge ( $E_b$ ) Leitfähigkeiten mit den Größen  $\sigma_a$  bzw.  $\sigma_b$  aufweisen, so daß eine Beziehung

$$\frac{w_a \cdot h_a}{w_b \cdot h_b} = \frac{\sigma_b}{\sigma_a}$$

erfüllt ist, wodurch die Stromleitungsfähigkeit jeder Elektrode ( $\epsilon_a, \epsilon_b$ ) der ersten bzw. zweiten Elektrodenmenge ( $E_a, E_b$ ) in jedem Fall gleich wird.

10. Elektrodenmittel (EM) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die isolierenden Wände (6a) zwischen den Elektroden ( $\epsilon_a$ ) der ersten Menge ( $E_a$ ) und den Elektroden ( $\epsilon_b$ ) der zweiten Menge ( $E_b$ ) einen Abschnitt (6a) des isolierenden Dünnsfilms (6) bilden, der in einer durchgehenden Schicht vorgesehen ist, die die Elektroden ( $\epsilon_a$ ) der ersten Menge ( $E_a$ ) bedeckt, und in dem Fall, wenn die Schicht auch ein Substrat (7, 7') in den Abständen zwischen ersteren bedeckt, und daß die Elektroden ( $\epsilon_b$ ) der zweiten Menge ( $E_b$ ) in Vertiefungen (8) zwischen den Wandabschnitten (6a) des isolierenden Dünnsfilms (6) vorgesehen sind, und

in dem Fall, wenn sie auch über einem Abschnitt (6b) davon vorliegt, der das Substrat bedeckt, wobei die obere Oberfläche von Elektroden ( $\epsilon_b$ ) der zweiten Menge ( $E_b$ ) mit der Oberfläche eines Abschnitts (6c) des isolierenden Dünnsfilms (6) bündig ist, der die obere Oberfläche der Elektroden ( $\epsilon_a$ ) der ersten Menge ( $E_a$ ) bedeckt, wodurch die Elektroden ( $\epsilon_a, \epsilon_b$ ) sowohl der ersten als auch zweiten Menge ( $E_a, E_b$ ) gleiche Höhen  $h_a = h_b$  aufweisen, und daß die Elektroden-schichten (L1, L2) mit Elektroden ( $\epsilon_a, \epsilon_b$ ) und dem isolierenden Dünnsfilm (6) globale planare Schichten in dem Elektrodenmittel (EM) bilden.

11. Elektrodenmittel (EM) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die isolierenden Wände (6a) zwischen den Elektroden ( $\epsilon_a$ ) der ersten Menge ( $E_a$ ) und den Elektroden ( $\epsilon_b$ ) der zweiten Menge ( $E_b$ ) Abschnitte (6a, 6b) des Dünnsfilms (6) aus isolierendem Material bilden, die in einer Schicht vorgesehen sind, die die Seitenränder der Elektroden ( $\epsilon_a$ ) der ersten Menge ( $E_a$ ) bis zur oberen Oberfläche davon bedecken und in dem Fall, wenn die Schicht auch das Substrat (7, 7') in den Abständen zwischen ersteren bedeckt, und daß die Elektroden ( $\epsilon_b$ ) der zweiten Menge ( $E_b$ ) in Vertiefungen (8) zwischen dem Wandabschnitt (6a) des isolierenden Dünnsfilms vorgesehen sind, und in dem Fall, wenn sie auch über dem Abschnitt (6b) davon vorliegt, der das Substrat (7) bedeckt, wobei die Elektroden ( $\epsilon_b$ ) der zweiten Menge ( $E_b$ ) mit dem oberen Rand der isolierenden Wände (6a) sowie der oberen Oberfläche der Elektroden ( $\epsilon_a$ ) der ersten Menge ( $E_a$ ) bündig sind, wodurch die Elektroden ( $\epsilon_b$ ) der zweiten Menge ( $E_b$ ) die Höhe  $h_b = h_a - \delta$  aufweisen, und daß die Elektroden-schicht (L1, L2) mit Elektroden ( $\epsilon_a, \epsilon_b$ ) und dem isolierenden Material (6) eine globale planare Schicht der Dicke  $h_a$  im Elektrodenmittel (EM) bilden.

12. Elektrodenmittel (EM) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die isolierenden Wände (6a) zwischen den Elektroden ( $\epsilon_a$ ) der ersten Menge ( $E_a$ ) und die Elektroden ( $\epsilon_b$ ) der zweiten Menge ( $E_b$ ) einen Abschnitt des isolierenden Dünnsfilms (6) bilden, der in einer Schicht vorgesehen ist, die die Elektroden ( $\epsilon_a$ ) der ersten Menge ( $E_a$ ) bis hinunter zum Substrat (7, 7') bedeckt, daß die Elektroden ( $\epsilon_b$ ) der zweiten Menge in Vertiefungen (8) zwischen den Wandabschnitten (6a) des isolierenden Dünnsfilms (6) und wahlweise auch direkt an den freigelegten Substraten (7, 7'), bündig mit der oberen Oberfläche eines Abschnitts (6a) des isolierenden Dünnsfilms (6) vorgesehen sind, der die obere Oberfläche der Elektroden ( $\epsilon_a$ ) der ersten Menge ( $E_a$ ) bedeckt, wodurch die Elektroden der ersten Menge ( $E_a$ ) die Höhe  $h_a = h_b - \delta$  aufweisen, und daß die mindestens eine Elektroden-schicht (L1, L2) mit Elektroden ( $\epsilon_a, \epsilon_b$ ) und dem isolierenden Dünnsfilm (6) eine globale planare Schicht der Dicke  $h_b$  im Elektrodenmittel bilden.

13. Verfahren zum Herstellen einer Elektroden-schicht (L1, L2) in einem Elektrodenmittel (EM), das erste und zweite Dünnschichtelektroden-schichten (L1, L2) mit Elektroden ( $\epsilon$ ) in Form paralleler streifenartiger elektrischer Leiter in jeder Schicht umfaßt, wobei die Elektroden ( $\epsilon$ ) der zweiten Elektroden-schicht (L2) kreuzweise oder im wesentlichen orthogonal zu den Elektroden ( $\epsilon$ ) der ersten Schicht (L1) orientiert sind, wobei mindestens eine der Elektroden-schichten (L1, L2) auf einer isolierenden Oberfläche eines Substrats oder Rückwandplatte (7, 7') vorgesehen ist und wobei die Elektroden-schichten (L1, L2) in parallelen beabstandeten Ebenen unter Kontaktierung einer global vorgesehenen Schicht (3) aus einem funktionellen Medium dazwischen vorgesehen sind, gekennzeichnet durch Schritte zum Abscheiden einer planaren Schicht aus elektrisch leitendem Material mit einer Dicke  $h_a$  auf einem Substrat, Strukturieren der planaren Schicht aus leitendem Material zum Ausbilden einer ersten Menge der streifenartigen Elektroden mit Breite  $w_a$  und Dicke  $h_a$ , die durch dazwischen in dem Strukturierungsprozeß erzeugten Vertiefungen voneinander beabstandet sind, Entfernen von Abschnitten des leitenden Materials und Freilegen der Oberfläche des Substrats zwischen den streifenartigen Elektroden der ersten Menge, wodurch die parallelen Elektroden der ersten Menge somit um einen Abstand  $d$  beabstandet sind, der gleich der Breite der Vertiefungen zwischen den Elektroden und größer oder gleich  $w_a$  ist, Ausbilden eines Dünnschichtfilms aus elektrisch isolierendem Material, der mindestens die Seitenränder der Elektroden der ersten Menge bedeckt, und Abscheiden eines elektrisch leitenden Materials in den Vertiefungen zwischen dem isolierenden Dünnschichtfilm, der die Seitenränder der Elektroden der ersten Menge bedeckt, um eine zweite Menge von Elektroden mit einer Breite  $w_b$  und Dicke  $h_b$  auszubilden, so daß eine Elektroden-schicht als eine globale planare Schicht in dem Elektrodenmittel erhalten wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch Ausbilden des isolierenden Dünnschichtfilms als globale Schicht, die sowohl die erste Menge von Elektroden als auch die freigelegte Oberfläche des Substrats bedeckt, Abscheiden des leitenden Materials für Elektroden der zweiten Menge in den Vertiefungen zwischen den Elektroden der ersten Menge und über dem isolierenden Dünnschichtfilm und Planarisieren der Elektroden-schicht derart, daß die obere Oberfläche der Elektroden der zweiten Menge mit dem die Elektroden der ersten Menge bedeckenden isolierenden Dünnschichtfilm bündig ist.

15. Verfahren nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch Ausbilden des isolierenden Dünnschichtfilms als globale Schicht, die sowohl die erste Menge von Elektroden als auch die freigelegte Oberfläche des Substrats bedeckt, Abscheiden des leitenden Materials für Elektroden der zweiten Menge in den Vertie-

fungen zwischen den Elektroden der ersten Menge und über dem isolierenden Dünnschichtfilm und Planarisieren der Elektroden-schicht derart, daß die Elektroden der ersten Menge bedeckende isolierende Dünnschicht entfernt wird, um die obere Oberfläche dieser Elektroden freizulegen, und derart, daß die obere Oberfläche der Elektroden von beiden Mengen und den oberen Rändern des isolierenden Dünnschichtfilms alle in der oberen Oberfläche der Elektroden-schicht bündig sind.

16. Verfahren nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch Ausbilden des isolierenden Dünnschichtfilms als globale Schicht, die sowohl die Elektroden der ersten Menge als auch die freigelegte Oberfläche des Substrats überdeckt, Entfernen des isolierenden Dünnschichtfilms am Boden der Vertiefungen, wodurch nur der die Elektroden der ersten Menge bedeckende isolierende Dünnschichtfilm bis hinunter zum Substrat zurückbleibt und die Oberfläche davon freigelegt wird, Abscheiden des leitenden Materials der Elektroden der zweiten Menge in den Vertiefungen und Planarisieren der Elektroden-schicht derart, daß die obere Oberfläche der Elektroden der zweiten Menge und die Oberfläche des die Elektroden der ersten Menge bedeckenden isolierenden Dünnschichtfilms alle in der oberen Oberfläche der Elektroden-schicht bündig sind.

17. Verfahren nach Anspruch 13, wobei nur eine der Elektroden-schichten (L1, L2) auf einem Substrat vorgesehen ist, gekennzeichnet durch Abscheiden einer globalen Schicht aus funktionellem Medium, die die eine auf einem Substrat vorgesehene Elektroden-schicht bedeckt und die Elektroden davon kontaktiert, und dann Ausbilden einer zweiten Elektroden-schicht direkt auf der globalen Schicht aus einem funktionellen Medium durch ähnliche Schritte wie solche, die für die Ausbildung einer Elektroden-schicht auf dem Substrat verwendet wurden.

18. Verfahren nach Anspruch 17, gekennzeichnet durch Bereitstellen eines Substrats oder einer Rückwandplatte, das/die die auf der globalen Schicht aus einem funktionellen Medium ausgebildete Elektroden-schicht bedeckt.

19. Verfahren nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch Wählen des leitenden Materials der Elektroden des Elektrodenmittels und/oder eines Substratmaterials als Materialien, die für die Oberflächenoxidation geeignet sind, und Ausbilden des isolierenden Dünnschichtfilms durch Oxidieren der Oberfläche eines der beiden in mindestens einem Oxidationsprozeß wie angebracht.

20. Vorrichtung, die mindestens ein Elektrodenmittel (EM) umfaßt, das erste und zweite Dünnschichtelektroden-schichten (L1, L2) mit Elektroden ( $\epsilon$ ) in Form paralleler streifenartiger elektrischer Leiter in jeder Schicht umfaßt, wobei die Elektroden ( $\epsilon$ ) der

zweiten Elektrodenschicht (L2) kreuzweise oder im wesentlichen orthogonal zu den Elektroden ( $\epsilon$ ) der ersten Schicht (L1) orientiert sind, wobei mindestens eine der Elektrodenschichten (L1, L2) auf einer isolierenden Oberfläche eines Substrats oder Rückwandplatine (7, 7') vorgesehen ist und wobei die Elektrodenschichten (L1, L2) in parallelen beabstandeten Ebenen unter Kontaktierung einer global vorgesehenen Schicht (3) aus einem funktionellen Medium dazwischen vorgesehen sind, wobei funktionelle Elemente (5) in Volumen des funktionellen Mediums (3) an jeweiligen Überlappungen zwischen Elektroden (1) der ersten Elektrodenschicht (L1) und den Elektroden (2) der zweiten Elektrodenschicht (L2) definiert sind, um ein matrixadressierbares Array bereitzustellen, wobei ein funktionelles Element (5) aktiviert werden kann durch Anlegen einer Spannung an die das funktionelle Element (5) definierenden kreuzenden Elektroden (1, 2) derart, daß ein Potential über letzteres hinweg erzeugt wird, wodurch der physikalische Zustand eines funktionellen Elements (5) vorübergehend oder permanent geändert werden kann oder eine Umschaltung zwischen wahrnehmbaren physikalischen Zuständen stattfindet, wobei die Spannungsanlegung im wesentlichen einer Adressierung des funktionellen Elements (5) für Schreib- oder Leseoperationen dazu entspricht und wobei die funktionellen Elemente (5) entsprechend den Eigenschaften eines ausgewählten funktionellen Materials veranlaßt werden können, als mindestens eines der folgenden zu arbeiten, nämlich schaltbare Logikelemente einer Datenverarbeitungsvorrichtung, Speicherzellen in einer Datenspeicherungsvorrichtung oder Pixel in einer Informationen anzeigenden Vorrichtung, wodurch das Adressieren der Elemente, Zellen oder Pixel in jedem Fall in einem matrixadressierenden Verfahren stattfindet, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (1; 2) des Elektrodenmittels in einer jeweiligen Elektrodenschicht (L1, L2) vorgesehen sind, daß die Elektroden (1; 2) in dem Elektrodenmittel (EM) alle etwa die gleiche Breite  $w$  aufweisen, daß Elektroden (1; 2) jedes Mittels zueinander elektrisch durch einen isolierenden Dünnsfilm (6) der Dicke  $\delta$  isoliert sind, wobei die Größe von  $\delta$  ein Bruchteil der Breite  $w$  ist, und daß die kleinste Größe von  $w$  vergleichbar ist mit einer durch den Prozeß eingeschränkten kleinsten Merkmalsgröße  $f$ , wobei der Füllfaktor von funktionellen Elementen (5) im funktionellen Medium relativ dazu nahe Eins liegt und daß die Anzahl der funktionellen Elemente (5) sich einem Maximum annähert, das durch die Gesamtfläche  $A$  des funktionellen Mediums (3) definiert ist, das zwischen die Elektrodenschichten (L1; L2) geschichtet ist, und die Merkmalsgröße  $f$ , wobei das Maximum somit definiert ist durch  $A/f^2$ .

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung eine Mehrheit von Elektrodenmitteln ( $EM_1...EM_n$ ) umfaßt, die in einer gestapelten Anordnung vorgesehen sind, die jeweils

eine jeweilige globale Schicht ( $3_1...3_n$ ) enthalten und kontaktieren, wodurch die Vorrichtung in einer volumetrischen Konfiguration realisiert wird.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden in einer zweiten Elektrodenschicht eines Elektrodenmittels ( $EM_k$ ) das funktionelle Medium (3) in dem folgenden Elektrodenmittel ( $EM_{k+1}$ ) direkt kontaktieren, wodurch eine erste Elektrodenschicht (L) davon ausgebildet wird, wodurch ein Stapel von  $n$  Elektrodenmitteln ( $EM_1...EM_n$ ) mit insgesamt  $n + 1$  Elektrodenschichten (L) realisiert wird.

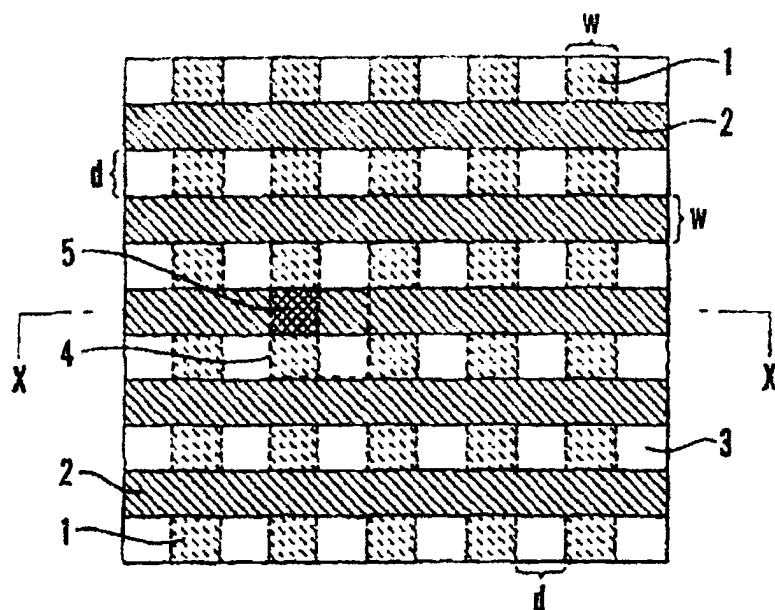
23. Verwendung des Elektrodenmittels nach Anspruch 1 in einer Vorrichtung nach Anspruch 20 zum Ausführen einer passiven Matrixadressierung auf die funktionellen Elemente, die das matrixadressierbare Array der Vorrichtung darstellen.

24. Verwendung des Elektrodenmittels nach Anspruch 1 in der Vorrichtung nach Anspruch 20, wobei jedes funktionelle Element mit mindestens einer aktiven Schaltkomponente verbunden ist, um eine aktive Matrixadressierung zu den funktionellen Elementen durchzuführen, die das matrixadressierbare Array der Vorrichtung darstellen.

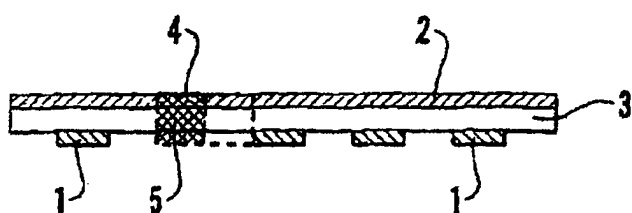
Es folgen 12 Blatt Zeichnungen



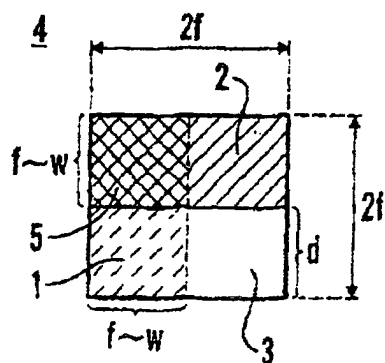
Anhängende Zeichnungen



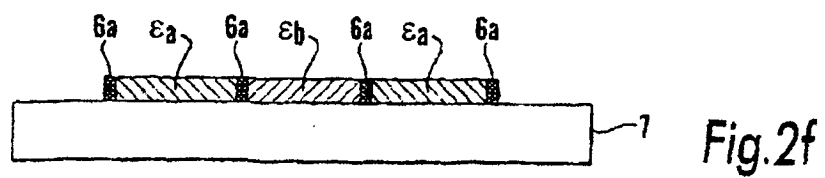
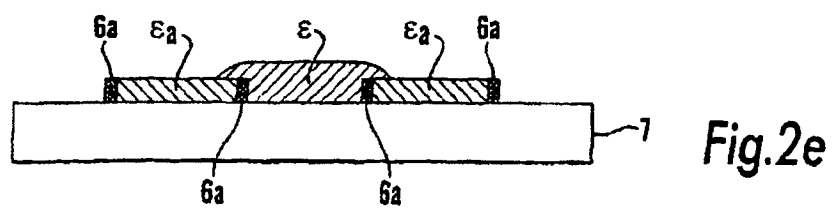
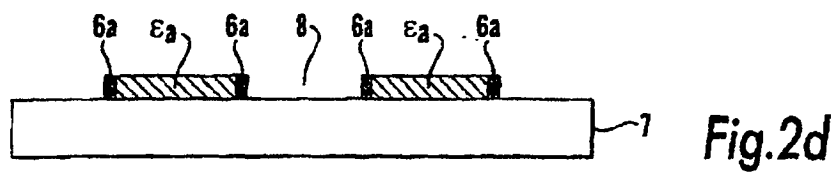
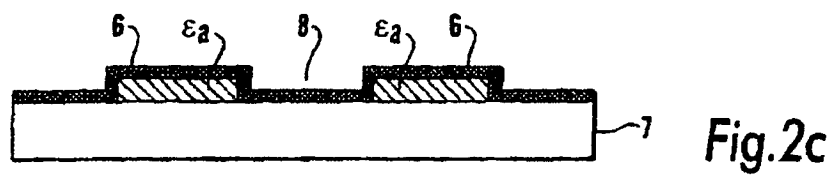
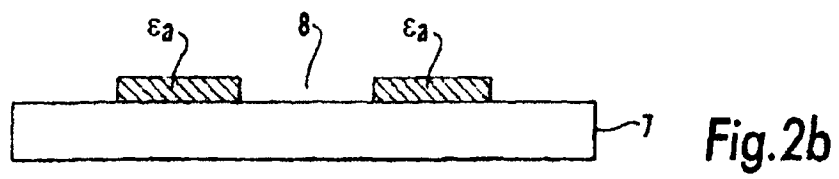
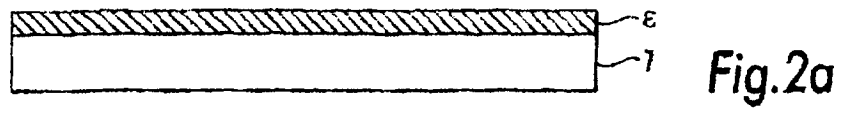
**Fig. 1a** (Stand der Technik)



**Fig. 1b** (Stand der Technik)



**Fig. 1c** (Stand der Technik)



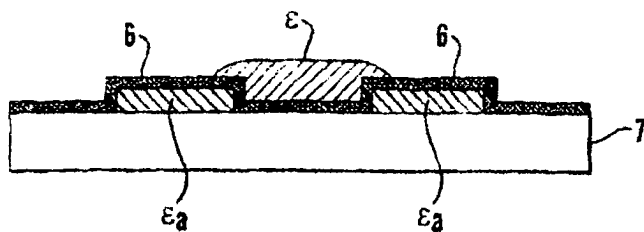


Fig. 3a

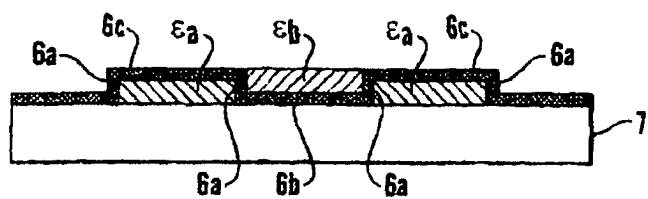


Fig. 3b

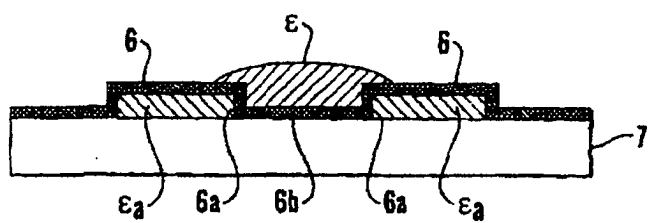


Fig. 4a

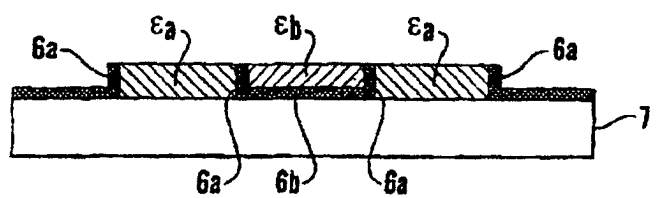


Fig. 4b

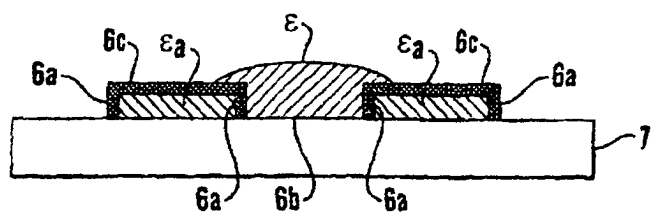


Fig. 5a

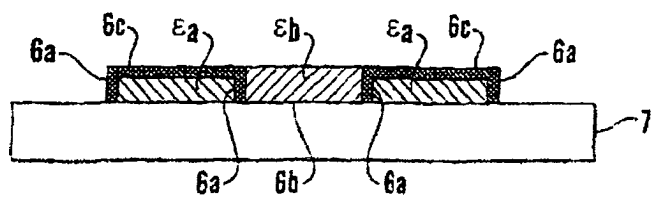


Fig. 5b

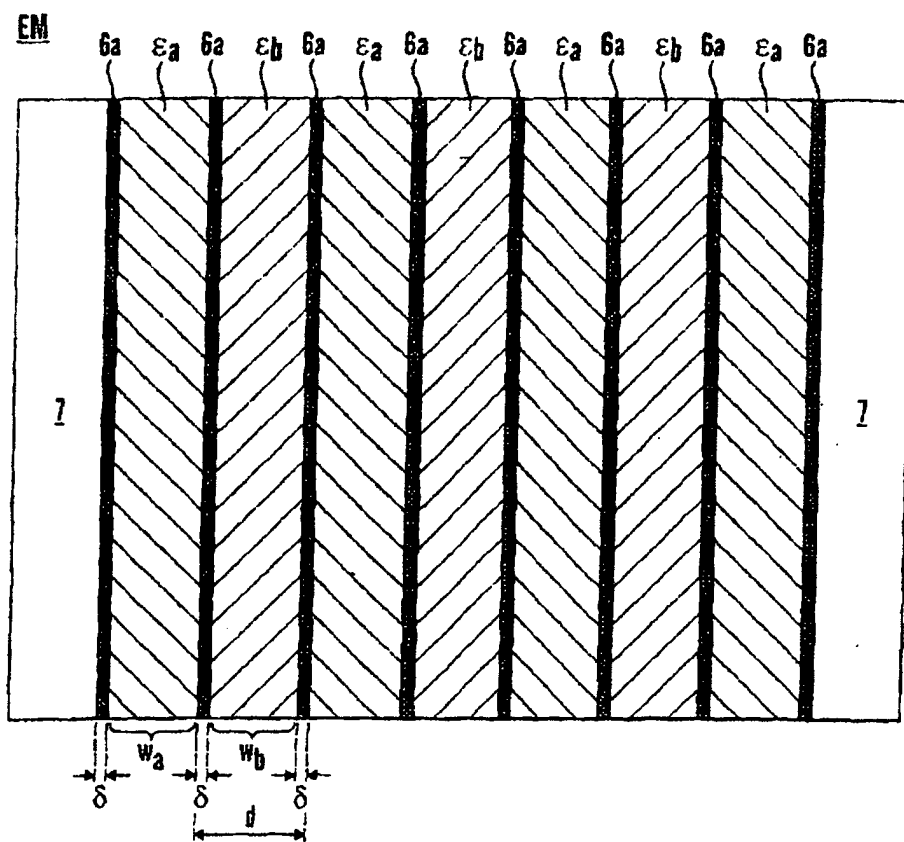


Fig.6a

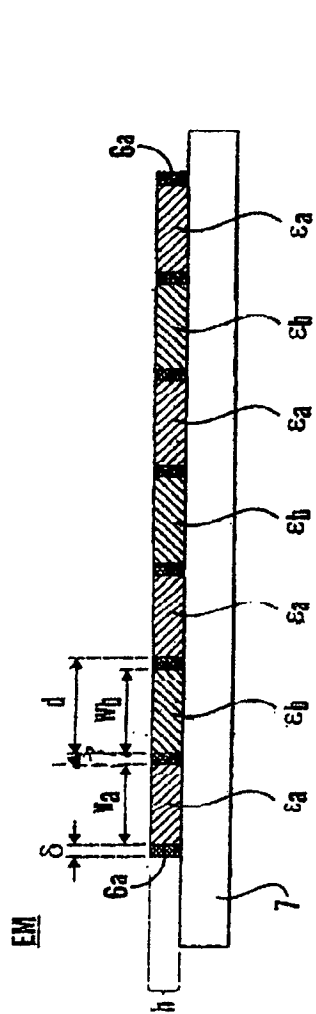


Fig. 6b

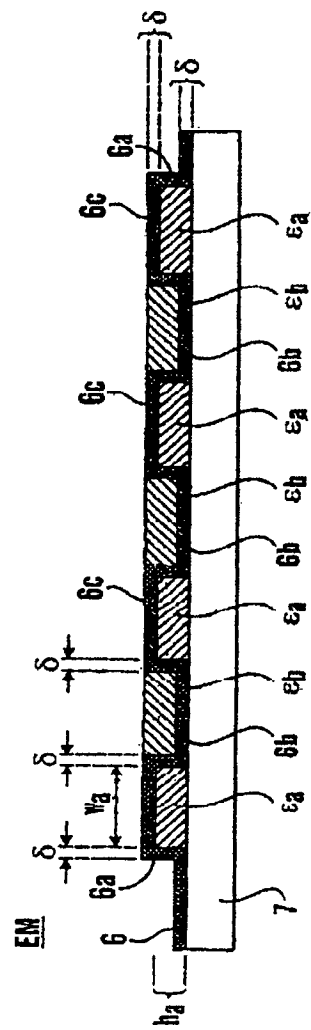


Fig. 7



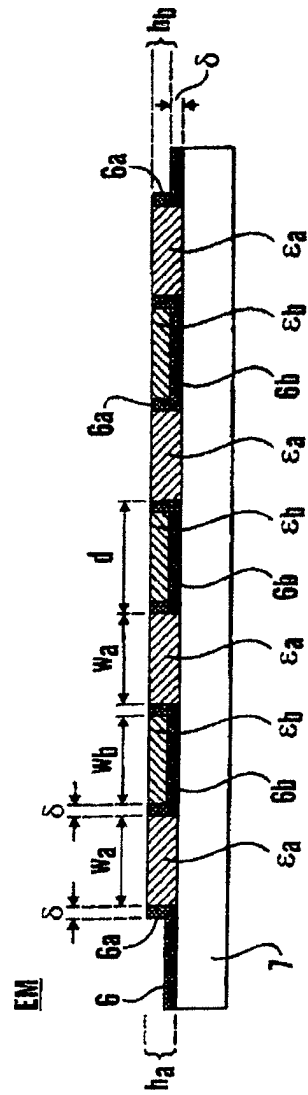


Fig. 8

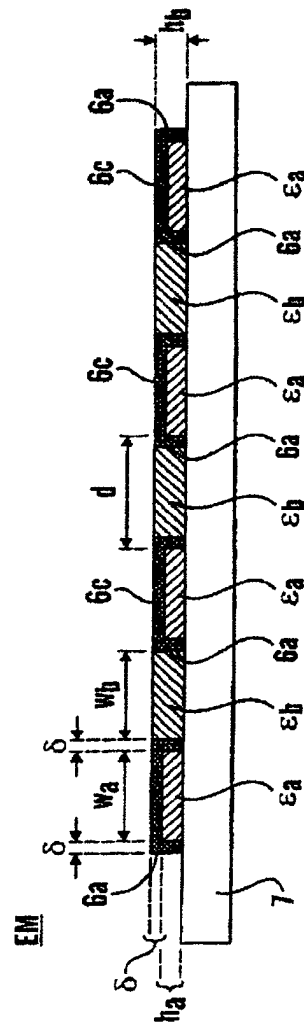


Fig. 9b

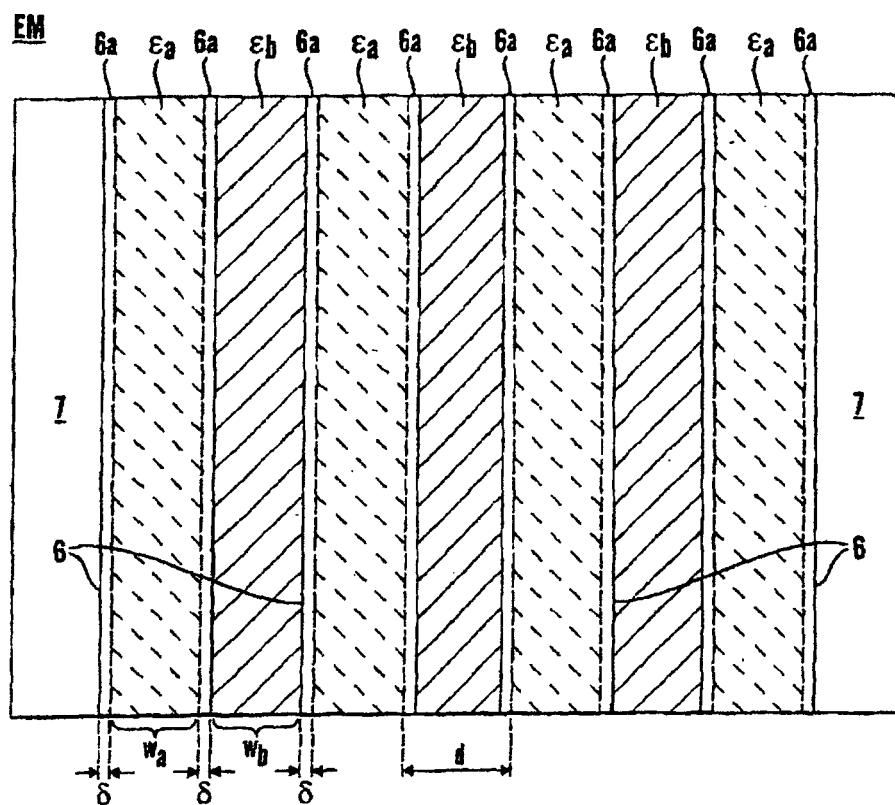


Fig.9a

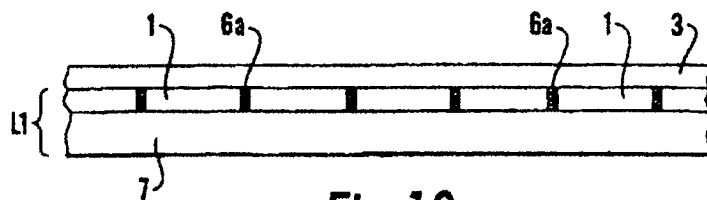


Fig. 10a

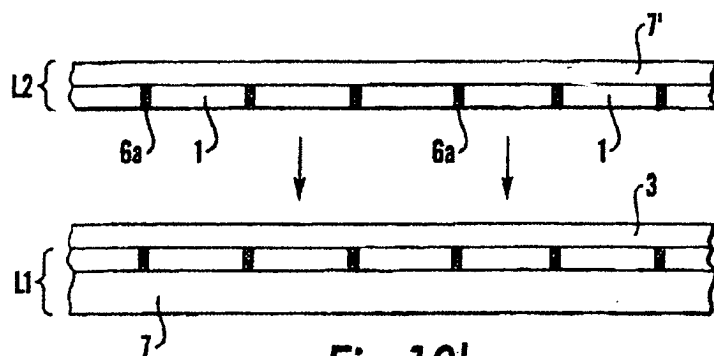


Fig. 10b

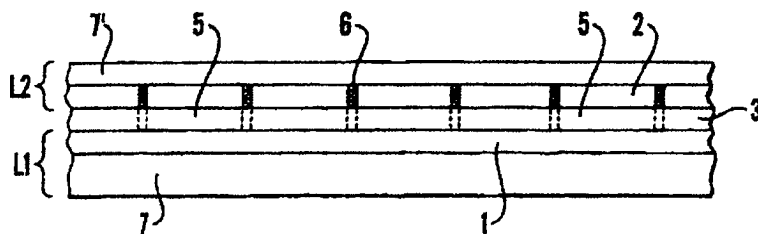


Fig. 10c



Fig. 10d

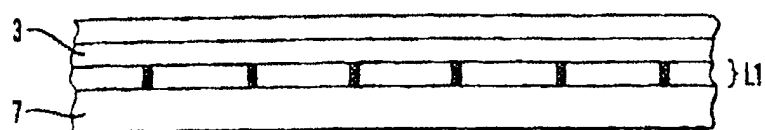


Fig. 11a

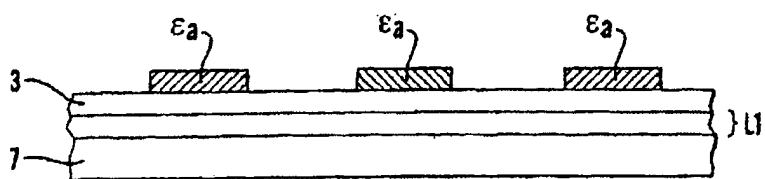


Fig. 11b

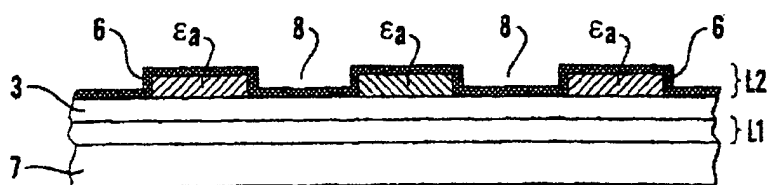


Fig. 11c

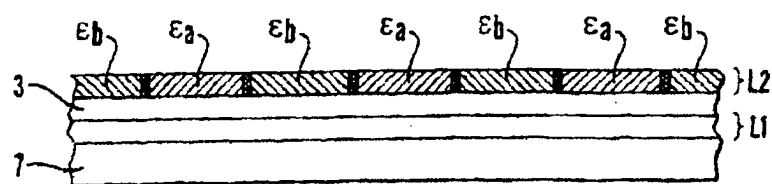


Fig. 11d

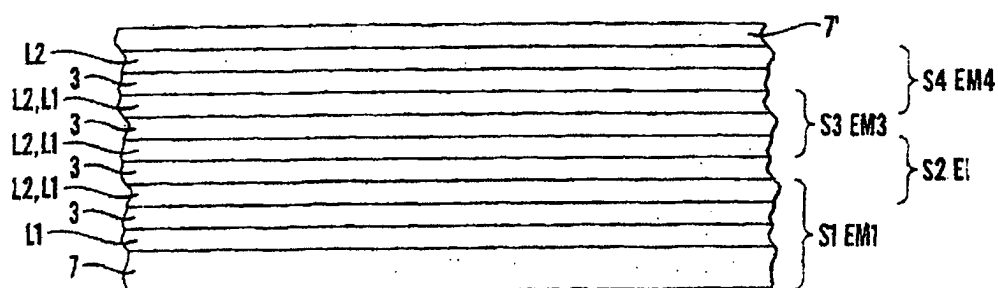


Fig. 11e



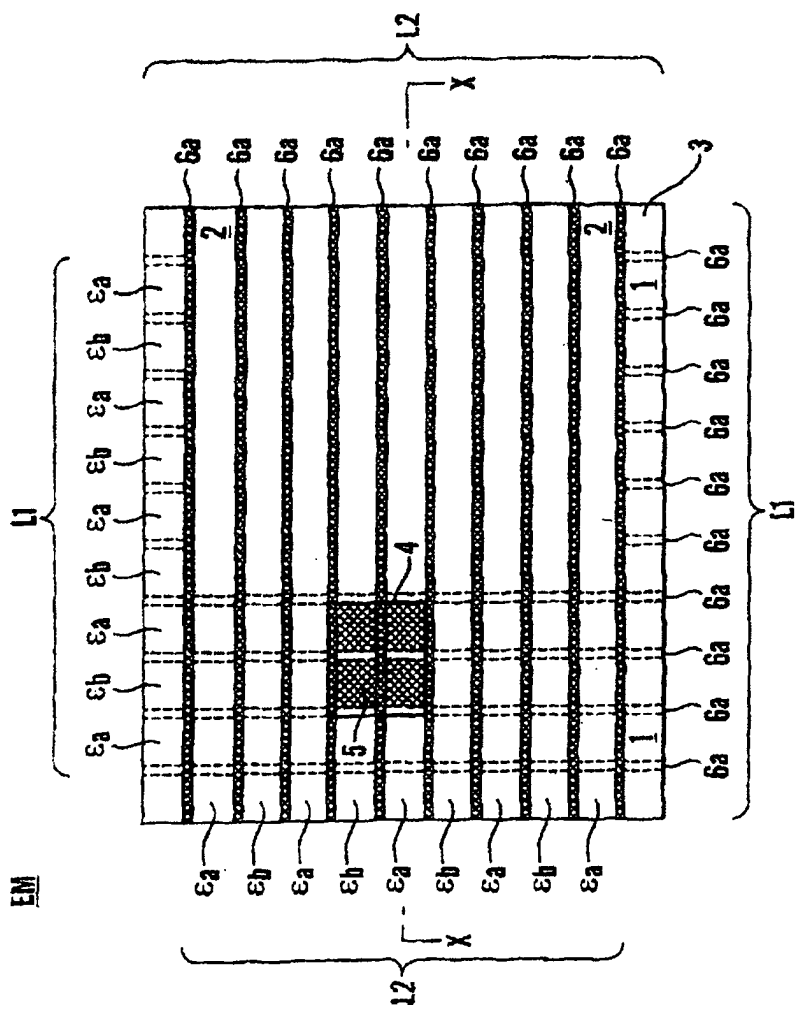
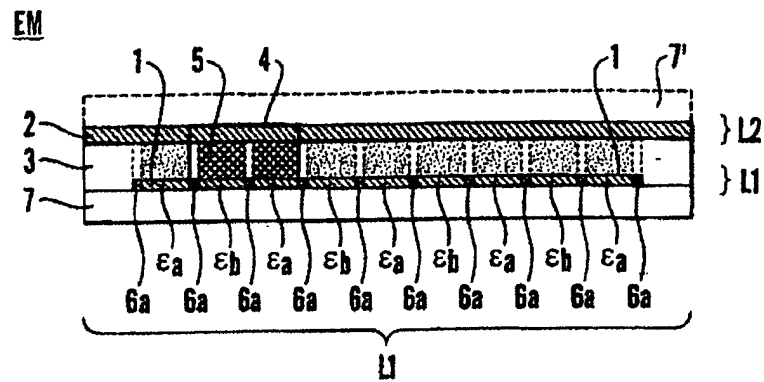
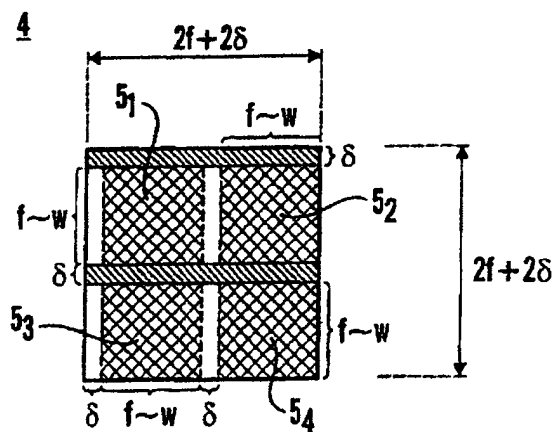


Fig.12a



**Fig. 12b**



**Fig. 12c**