



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 699 10 979 T2 2004.07.22

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 057 200 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 699 10 979.5

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US99/04382

(96) Europäisches Aktenzeichen: 99 909 683.7

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 99/044218

(86) PCT-Anmeldetag: 26.02.1999

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 02.09.1999

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 06.12.2000

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 03.09.2003

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 22.07.2004

(51) Int Cl.⁷: H01J 31/12

H01J 9/26

(30) Unionspriorität:

32127 27.02.1998 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:

Micron Technology, Inc., Boise, Id., US

(72) Erfinder:

CATHEY, A., David, Boise, US; BROWNING, J.,
Jimmy, Boise, US

(74) Vertreter:

Betten & Resch, 80333 München

(54) Bezeichnung: GROSSFLÄCHIGE FELDEMISSIONS-BILDWIEDERGABEANORDNUNG UND VERFAHREN ZUR
HERSTELLUNG

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 eingelebt, 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] Diese Erfindung wurde mit Regierungsunterstützung unter Vertrag Nr. DABT63-93-C-0025, vergeben von der Advances Research Projects Agency (ARPA) gemacht. Die Regierung hat möglicherweise gewisse Rechte an dieser Erfindung.

Gebiet der Erfindung

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft Feldemissionsvorrichtungen ("FEDs"). Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung großflächige FED-Strukturen und das Verfahren zur Herstellung solcher Strukturen.

Stand der Technik, mit dem die Erfindung zu tun hat

[0003] In der Computerwelt und anderswo ist die vorherrschende Technologie zum Aufbau von Flachbildschirmen gegenwärtig die Technologie der Flüssigkristallanzeige ("LED"), und die aktuelle Referenzmarke ist Aktivmatrix-LEDs ("AMLCDs"). Die Nachteile der unter Verwendung der AMLCD-Technologie aufgebauten Flachbildschirme sind die Kosten, der Stromverbrauch, der Sichtwinkel, Nachziehen von schnellen bewegten Videobildern, Betriebstemperaturbereich und die Umweltbelange der Verwendung von Quecksilberdampf in der AMLCD-Hintergrundbeleuchtung.

[0004] Eine konkurrierende Technologie ist die Technologie der Kathodenstrahlröhre ("CRT"). Auf diesem Technologiegebiet hat es in den letzten 40 Jahren viele Versuche gegeben, eine praktisch flache CRT zu entwickeln. Bei der Entwicklung von flachen CRTs bestand der Wunsch, die durch den Kathodoluminiszenzprozess gegebenen Vorteile für die Erzeugung von Licht zu nutzen. Der Punkt des Misserfolgs bei der Entwicklung von flachen CRTs lag bei der Kompliziertheit der Entwicklung einer praktischen Elektronenquelle und mechanischen Struktur.

[0005] In den letzten Jahren wurde die FED-Technologie als Technologie für die Entwicklung von Flachbildschirmen mit niedrigem Stromverbrauch favorisiert. Die FED-Technologie hat den Vorteil, eine Anordnung von Kaltkathodenemittern und Kathodoluminiszenzphosphoren für die wirksame Umwandlung der Energie eines Elektronenstrahls in sichtbares Licht zu verwenden. Der Wunsch, die FED-Technologie für die Entwicklung von Flachbildschirmen zu verwenden, basiert zum Teil darauf, dass es für die Herstellung von Flachbildschirmen sehr förderlich ist, dass sie hohe Leistung, niedrigen Stromverbrauch und geringes Gewicht haben. Einige der besonderen neueren Fortschritte in Verbindung mit der FED-Technologie, die sie zu einer existenzfähigen Alternative für Flachbildschirme gemacht haben, sind großflächige 1-µm-Lithografie, Verarbeitungsfähigkeit von großflächigen Dünnfilmen, hohe Spitzen-dichte für die elektronenemittierenden Mikropunkte,

eine seitliche Widerstandsschicht, neue Typen von Emitterstrukturen und -materialien und Niederspannungsphosphore.

[0006] Unter Bezugnahme auf **Fig. 1** ist ein repräsentativer Querschnitt einer FED nach dem Stand der Technik allgemein bei **100** gezeigt. Bekanntermaßen arbeitet die FED-Technologie nach dem Prinzip, dass Kathodoluminiszenzphosphore durch Kaltkathoden-Feldemissionselektroden angeregt werden. Die allgemeine Struktur einer FED umfasst ein Siliziumsubstrat oder eine Grundplatte **102**, auf der eine dünne leitfähige Struktur angeordnet wird. Die Silizium-Grundplatte **102** kann eine Einkristall-Siliziumschicht sein.

[0007] Die dünne leitfähige Struktur kann aus dotiertem polykristallinen Silizium ausgebildet werden, das auf eine konventionelle Weise auf der Grundplatte **102** abgeschieden wird. Diese dünne leitfähige Struktur dient als die Emitterelektrode. Die dünne leitfähige Struktur wird gewöhnlich in Streifen, die elektrisch verbunden sind, auf der Grundplatte **102** abgeschieden. In **Fig. 1** ist ein Querschnitt von Streifen **104**, **106** und **108** gezeigt. Die Anzahl der Streifen für eine bestimmte Vorrichtung hängt von der Größe und dem gewünschten Betrieb der FED ab.

[0008] An vorbestimmten Stellen auf den jeweiligen Emitterelektrodenstreifen sind voneinander beabstandete Muster aus Mikropunkten ausgebildet. In **Fig. 1** ist ein Mikropunkt **110** auf dem Streifen **104** gezeigt, sind Mikropunkte **112**, **114**, **116** und **118** auf dem Streifen **106** gezeigt und ist ein Mikropunkt **120** auf dem Streifen **108** gezeigt. In Bezug auf die Muster aus Mikropunkten auf dem Streifen **106** kann ein Viereckmuster aus 16 Mikropunkten, die die Mikropunkte **112**, **114**, **116** und **118** umfassen, an diesem Ort angeordnet sein. Selbstverständlich kann sich an jeder einzelnen Stelle ein Mikropunkt oder ein Muster aus mehr als einem Mikropunkt befinden. Die Mikropunkte können außerdem willkürlich und nicht in irgendeinem bestimmten Muster angeordnet sein.

[0009] Vorzugsweise ähnelt jeder Mikropunkt einem umgekehrten Kegel. Das Herstellen und Zuspitzen jedes Mikropunkts wird auf eine konventionelle Weise durchgeführt. Die Mikropunkte können aus einer Anzahl von Materialien aufgebaut werden, wie zum Beispiel Silizium oder Molybdän. Und um die optimale Leistung der Mikropunkte sicherzustellen, können die Spitzen der Mikropunkte mit einem Material mit niedriger Austrittsarbeit beschichtet oder behandelt werden.

[0010] Alternativ können das Struktursubstrat, die Emitterelektrode und die Mikropunkte auf die folgende Weise ausgebildet werden. Das Einkristall-Siliziumsubstrat kann aus einem P-leitenden oder N-leitenden Material hergestellt werden. Das Substrat kann dann durch konventionelle Verfahren behandelt werden, um eine Reihe von langgestreckten, parallel verlaufenden Streifen im Substrat auszubilden. Die Streifen sind tatsächlich Wannen vom entgegengesetzten Leitfähigkeitstyp wie das Substrat. Wenn da-

her das Substrat P-leitend ist, werden die Wannen N-leitend, und umgekehrt. Die Wannen sind elektrisch verbunden und bilden die Emitterelektrode für die FED aus. Jede Leitfähigkeitswanne hat eine vorbestimmte Breite und Tiefe (die in das Substrat zu treiben ist). Die Anzahl und der Abstand der Streifen werden entsprechend der gewünschten Größe der auf dem Substrat auszubildenden Feldemissionskathodenstellen festgelegt. Die Wannen sind Stellen, über denen die Mikropunkte ausgebildet werden. Ganz gleich, welches der zwei Verfahren zur Herstellung der Streifen verwendet wird, dienen die resultierenden parallelen leitfähigen Streifen als die Emitterelektrode und bilden die Spalten der Matrixstruktur aus.

[0011] Nach Anwendung eines der beiden Verfahren zur Herstellung der Emitterelektrode wird eine isolierende Schicht **122** auf den Emitterelektrodenstreifen **104, 106** und **108** und den an vorbestimmten Stellen auf den Streifen befindlichen Muster-Mikropunkten abgeschieden. Die isolierende Schicht kann aus einem dielektrischen Material wie z. B. Siliziumdioxid (SiO_2) hergestellt werden.

[0012] Über der isolierenden Schicht **122** wird eine leitfähige Schicht angeordnet. Diese leitfähige Schicht bildet eine Extraktionsstruktur **132** aus. Die Extraktionsstruktur **132** ist eine Niederpotentialelektrode, die verwendet wird, um Elektronen aus den Mikropunkten zu extrahieren. Die Extraktionsstruktur **132** kann aus Chrom, Molybdän, dotiertem Polysilizium, amorphem Silizium oder Silizid-Polysilizium hergestellt werden. Die Extraktionsstruktur **132** kann als eine zusammenhängende Schicht oder als parallele Streifen ausgebildet werden. Wenn parallele Streifen die Extraktionsstruktur **132** ausbilden, wird sie als Extraktionsgitter bezeichnet, und die Streifen werden senkrecht zu den Emitterelektrodenstreifen **104, 106** und **108** angeordnet. Die Streifen, wenn zur Herstellung der Extraktionsstruktur **132** verwendet, sind die Zeilen der Matrixstruktur. Ob nun eine zusammenhängende Schicht oder Streifen verwendet werden, sobald eines davon auf der isolierenden Schicht angeordnet ist, werden sie durch konventionelle Verfahren passend geätzt, so dass sie die Mikropunkte in einem Abstand umgeben.

[0013] An jedem Schnittpunkt der Extraktions- und Emitterelektrodenstreifen oder an gewünschten Orten entlang der Emitterelektrodenstreifen werden ein Mikropunkt oder Muster aus Mikropunkten auf dem Emitterstreifen angeordnet, wenn eine zusammenhängende Extraktionsstruktur verwendet wird. Jeder Mikropunkt oder jedes Muster aus Mikropunkten soll ein Pixel auf den Bildschirm beleuchten.

[0014] Sobald der untere Teil der FED nach einem der oben beschriebenen Verfahren ausgebildet ist, wird eine Frontplatte **140** in einem vorbestimmten Abstand über der Oberseite der Extraktionsstruktur **132** befestigt. Typischerweise ist dieser Abstand einige hundert µm. Dieser Abstand kann durch Abstandsstücke aufrechterhalten werden, die durch konventio-

nelle Verfahren ausgebildet werden und die folgenden Merkmale haben: (1) nichtleitend oder hochohmisch, um einen elektrischen Durchschlag zwischen der Anode (an der Frontplatte **140**) und der Kathode (an den Emitterelektroden **104, 106** und **108**) zu verhindern, (2) mechanisch fest und schwer zu verformen, (3) unter Elektronenbombardement stabil (niedrige Sekundäremissionsrate), (4) widerstandsfähig gegen die hohen Ausglühtemperaturen in der Größenordnung von 500°C, und (5) klein genug, um den Betrieb der FED nicht zu stören. Repräsentative Abstandsstücke **136** und **138** sind in Fig. 1 gezeigt.

[0015] Die Frontplatte **140** ist ein Kathodoluminzenzschirm, der aus Klarglas oder einem anderen geeigneten Material aufgebaut ist. Auf der Oberfläche des Glases gegenüber der Extraktionsstruktur wird ein leitfähiges Material wie z. B. Indiumzinnoxid ("ITO") angeordnet. Die ITO-Schicht **142** dient als die Anode der FED. In einem Bereich **134** zwischen der Frontplatte **140** und der Grundplatte **102** wird ein Hochvakuum aufrechterhalten.

[0016] Auf der Oberfläche der ITO-Schicht **142** gegenüber der Extraktionsstruktur **132** wird eine Schwarzmatrix **149** angeordnet. Die Schwarzmatrix **149** grenzt die getrennten Pixelbereiche für den Bildschirm der FED ab. In den entsprechenden durch die Schwarzmatrix **149** abgegrenzten Bereichen wird Phosphormaterial auf der ITO-Schicht **142** angeordnet. Repräsentative Phosphormaterialbereiche, die Pixel abgrenzen, sind bei **144, 146** und **148** gezeigt. Die Pixel **144, 146** und **148** werden auf die Öffnungen in der Extraktionsstruktur **132** ausgerichtet, so dass ein Mikropunkt oder eine Gruppe von Mikropunkten, das bzw. die Phosphormaterial anregen soll, auf jenes Pixel ausgerichtet ist. Ein geeignetes Material für das Phosphormaterial ist Zinkoxid, da es durch niedrigergetische Elektronen angeregt werden kann.

[0017] Ein FED hat eine oder mehrere Spannungsquellen, die die Emitterelektrodenstreifen **104, 106** und **108**, die Extraktionsstruktur **132** und die ITO-Schicht **142** für richtigen Betrieb der FED auf drei verschiedenen Potentialen halten. Die Emitterelektrodenstreifen **104, 106** und **108** sind auf dem Potential "-", die Extraktionsstruktur **132** ist auf dem Potential "+", und die ITO-Schicht **142** ist auf "++". Wenn so eine elektrische Beziehung verwendet wird, zieht die Extraktionsstruktur **132** einen Elektronenemissionsstrom aus den Mikropunkten **110, 112, 114, 116, 118** und **120**, und danach zieht die ITO-Schicht **142** die freigewordenen Elektronen an.

[0018] Die von den Spitzen der Mikropunkte ausgehenden Elektronenemissionsströme fächern sich von ihren jeweiligen Spitzen aus kegelförmig auf. Einige der Elektronen treffen die Phosphorbereiche unter 90° zur Grundplatte, während andere sie unter verschiedenen spitzen Winkeln treffen.

[0019] Die Grundstruktur der gerade allgemein beschriebenen FED umfasst im Allgemeinen keine Abstandsstücke, wenn die diagonale Bildschirmgröße unter 5 Inch (d. h., 12,5 cm) liegt. Wenn die Bild-

schirmgröße größer als 5 Inch (d. h., 12,5 cm) ist, werden Abstandsstücke benötigt, um die korrekte Trennung zwischen der Emitterelektrode und der Frontplatte unter der Kraft des Atmosphärendrucks auf die FED aufrechtzuerhalten. Wenn die FED-Vorrichtung größer wird, wird die Notwendigkeit von Abstandsstücken größer, damit diese Trennung korrekt aufrechterhalten wird. Eine Alternative zur Verwendung von Abstandsstücken ist die Verwendung von dickem Glas. Dieses dicke Glas ist jedoch sehr schwer und kostspielig.

[0020] Bei der Herstellung von kleinflächigen FED-Strukturen mit diagonalen Bildschirmgrößen von 1 bis 5 Inch (d. h., 2,5 cm bis 12,5 cm) hat man wenig Schwierigkeiten, wesentliche Gleichförmigkeit der Dicke der isolierenden und leitfähigen Schichten zu erreichen, die auf dem Substrat angeordnet sind, oder bei der Herstellung von im wesentlichen gleichförmigen Mikropunkten auf der Emitterelektrode in Öffnungen in den isolierenden und leitfähigen Schichten. Für so eine Herstellung hat man konventionelle Abscheide- und Ätztechniken verwendet. Dies galt im Allgemeinen auch in Bezug auf FEDs mit diagonalen Bildschirmgrößen bis zu ungefähr 8 Inch (d. h., 20 cm). Wenn jedoch die diagonalen Bildschirmgrößen von FEDs größer als ungefähr 8 Inch (d. h., 20 cm} werden, gab es beträchtliche Schwierigkeiten, durch das Spindt-Verfahren, das weiter unten erörtert wird, gleichförmige Mikropunkte auszubilden.

[0021] Es gibt mannigfache Gründe, weshalb die obigen Schwierigkeiten und Probleme existieren, und die gewünschten Gestaltungsziele wurden für großflächige FEDs nicht erreicht. Die Hauptgründe sind, dass die Herstellungstechniken, die die Herstellung von kleinflächigen FEDs erlauben, jämmerlich versagen, wenn eine große Anzahl von Öffnungen geätzt und auf Mikropunkte ausgerichtet werden muss, und wenn eine große Anzahl von Mikropunkten auszubilden ist. Ein anderer Grund ist, dass die Mikropunkte nicht so ausgebildet werden, dass sie die richtigen Eigenschaften haben, die nötig sind, damit Qualitätsbilder mit hoher Auflösung bei großflächigen FEDs erzeugt werden können. Ein weiterer Grund sind die hohen Herstellungskosten bei Verwendung von gegenwärtiger Technologie. Und noch ein Grund ist die unpassende Struktur und Anordnung von Abstandsstücken bei großflächigen FEDs. Diese Probleme gibt es unabhängig davon, ob eine großflächige FED einfarbig ist, 256 Graustufen hat oder farbig ist.

[0022] Versuche, eine untere FED-Struktur (die das Substrat, isolierende und leitfähige Schichten und Mikropunkte umfasst), mit der erforderlichen Gleichförmigkeit der Struktur und Leistung herzustellen, stützen sich auf eine Anzahl von bekannten Verfahren. Das für das Beste gehaltene Verfahren ist das Spindt-Verfahren, das Mitte der 1960er Jahre entwickelt wurde. Es wurde versucht, dieses Verfahren zur Herstellung von großflächigen FEDs zu verwenden, zur Herstellung von Mikropunktstrukturen zur Erzeu-

gung von Qualitätsbildern mit hoher Auflösung. Dieses Verfahren verwendet ein gerichtetes Molybdänverdampfungsverfahren, das Abscheidung eines dünnen Moybdänmilms auf der Oberfläche der leitfähigen Schicht, die sich über der isolierenden Schicht befindet, erfordert. Vorzugsweise hat dieser Film eine Dicke, die größer als der Durchmesser der Öffnungen in den leitfähigen und isolierenden Schichten ist. In Übereinstimmung mit dem Molybdänverfahren werden die Öffnungen in den leitfähigen und isolierenden Schichten mit dem Molybdän verschlossen, und danach werden aus dem abgeschiedenen Molybdän die Mikropunkte in den Öffnungen ausgebildet. Das heißt, die Mikropunkte werden ausgebildet, indem durch konventionelle Bearbeitungsschritte unerwünschtes Molybdänmaterial von der Oberfläche der leitfähigen Schicht und innerhalb der Höhlung entfernt wird. Dies lässt hoffentlich im wesentlichen gleichförmige Molybdänkegel auf dem Substrat zurück, die auf die Öffnungen in den leitfähigen und isolierenden Schichten ausgerichtet sind. Das ganze Verfahren hängt jedoch von der Gleichförmigkeit der abgeschiedenen Dünnfilmschicht und der Genauigkeit des Ätzverfahrens ab. Nach Lage der Dinge ist dieses Verfahren zwar für kleinflächige FEDs geeignet, aber völlig ungeeignet für großflächige FEDs, wegen mangelnder Gleichförmigkeit bei der Herstellung von Mikropunkten auf der großen Fläche und des hohen Prozentsatzes von Fehlausrichtungen.

[0023] Wenn die diagonale Bildschirmgröße von FEDs größer als 10 Inch (d. h., 25 cm) wird, gibt es bei der gegenwärtigen Technologie verschiedene Probleme, FEDs mit Qualitätsbildern mit hoher Auflösung zu erzeugen. Außerdem gibt es Probleme, die Widerstand/ Kondensator("RC")-Zeiten zu überwinden, damit die großflächigen FEDs wirksam arbeiten. Dies liegt daran, dass es eine relativ lange Zeit dauert, den durch die Emitterelektrode und die Extraktionsstruktur ausgebildeten großen Kondensator zu laden.

[0024] Ein weiteres Problem bei der gegenwärtigen Technologie sind die Abstandsstücke, die für großflächige FEDs zu verwenden sind. Wenn die Bildschirme größer als 10 Inch (d. h., 25 cm) werden, kann es Schwierigkeiten geben, den richtigen Abstand zwischen der Frontplatte und der Emitterelektrode aufrechtzuerhalten. Um dieses Problem zu überwinden, wünscht man die Frontplatte und die Emitterelektrode weiter weg voneinander anzuordnen und dann größere Anodenspannungen im Bereich von 2 bis 6 kV statt der niedrigeren Spannungen zu verwenden. Bei solchen Vorrichtungen verwendet man Abstandsstücke mit großem Durchmesser, um den Abstand aufrechtzuerhalten.

[0025] Eine Alternative war, die Verwendung von Klarglaskugeln zu erwägen. Dies sollte die Verwendung von niedrigeren Anodenspannungen und kleineren Abständen zwischen der Frontplatte und Emitterelektrode ermöglichen. Die Verwendung dieser Kugeln hat jedoch eine nachteilige Wirkung auf die

Auflösung der FED, wegen des Basis-zu-Höhe-Verhältnisses der Glaskugeln. Werden große Glaskugeln verwendet, so berühren einige der von den Mikropunkten emittierten Elektronen die Kugeln und nicht die Phosphorpixelelemente. Dies bedeutet, dass eine Anzahl von Elektronen nicht zur Erzeugung des Teils des Bildes verwendet werden, das sie erzeugen sollen. Die Verwendung von Glaskugeln begrenzt außerdem den Betrag der Anodenspannung, der verwendet werden kann. Weiterhin, werden Glaskugeln verwendet und werden niedrige Anodenspannungen angelegt, steigt der Stromverbrauch der FED drastisch, was höchst unerwünscht ist. Andererseits, werden hohe Anodenspannungen verwendet, wenn Glaskugeln vorhanden sind, schlagen die Kugeln durch.

[0026] Ein weiteres vorgeschlagenes Abstandsstück zur Verwendung bei großflächigen FEDs waren lange papierdünne Abstandsstücke. Die Abstandsstücke waren 250 bis 500 µm hoch und 30 bis 50 µm dick. Solche Abstandsstücke würden entlang der gesamten Länge der schmalsten Seiten der FED verlaufen. Diese Abstandsstücke bestehen aus Keramikstreifen und sind ziemlich schwach. Wie man leicht erkennt, je größer die diagonale Größe des Bildschirms der FED, desto weniger wahrscheinlich können die Keramikstreifen-Abstandsstücke zur Montage und Ausrichtung der Emitterelektrode und Frontplatte oder zur Aufrechterhaltung der Trennung der Anode und Kathode unter Hochvakuum verwendet werden.

[0027] Es besteht der Wunsch nach einer Struktur, mit der die großflächigen FEDs wirksam arbeiten können. Die großflächigen FEDs, die mit so einer Struktur aufgebaut werden sollen, sind jene mit einer diagonalen Bildschirmgröße von 10 Inch (d. h., 25 cm) oder größer.

[0028] Die WO 88/01098 A1 offenbart einen Flachbildschirm, der Kathoden vom Feldemissionstyp in Form von Mikropunkten verwendet. Die Kathoden sind in ein Substrat eingebaut und regen entsprechende Anodenpixelbereiche auf einer Frontplatte an, die mittels Abstandsstücken von der Kathodenanordnung beabstandet ist.

[0029] Die WO 97/24645 A1 offenbart eine Feldemissionstriode mit einer gleichförmigen Anordnung von säulenförmigen Abstandsstücken, die auf einem Siliziumsubstrat aufgewachsen sind, um die Frontplatte von den Feldemittern zu trennen. Auf dem Substrat ist eine zweite gleichförmige Anordnung von Epitaxial-Abstandsstücken ausgebildet, die kleinere Durchmesser und Höhen als die ersten Abstandsstücke haben, um die Extraktionsstruktur von den Feldemittern zu trennen.

[0030] Die EP 0496 450 A1 offenbart eine Anzeigevorrichtung mit zwei Substraten, die durch Abstandsstücke getrennt sind, die unterschiedliche Querschnittsmuster haben, betrachtet auf unterschiedlichen Höhen der Abstandsstücke.

Kurze Darstellung der Erfindung

[0031] Die vorliegende Erfindung ist in den unabhängigen Ansprüchen angegeben. Die bevorzugten Ausführungsform sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0032] Die vorliegende Erfindung ist eine großflächige FED und ein Verfahren zu deren Herstellung. Die großflächigen FEDs der vorliegenden Erfindung sind jene mit einer diagonalen Bildschirmgröße von 25 cm (10 Inch) oder größer.

[0033] Die großflächige FED der vorliegenden Erfindung enthält ein Substrat, in dem eine Emitterelektrode ausgebildet ist. Die Emitterelektrode besteht aus einer Anzahl von voneinander beabstandeten, parallelen Elementen, die elektrisch verbunden sind. Die Elemente, die die Emitterelektrode ausbilden, erstrecken sich in einer Richtung quer über die großflächige FED. Die Breite, Anzahl und Abstände der parallelen, voneinander beabstandeten Elemente sind durch die Notwendigkeiten der FED bestimmt.

[0034] An vorbestimmten Orten auf der Emitterelektrode, über denen sich Pixel befinden sollen, sind ein oder mehrere Mikropunkte ausgebildet. Diese Mikropunkte haben eine Höhe im Bereich von 1 µm. Diese Mikropunkte werden durch Ätzen ausgebildet. Mindestens die Spitzen der Mikropunkte sind mit einem Material mit niedriger Austrittsarbeit beschichtet, auf eine Weise, die die Leistung der großflächigen FED beträchtlich verbessert. Bei großflächigen FEDs gibt es im Allgemeinen an jedem Ort ein Muster aus Mikropunkten.

[0035] Das Material mit niedriger Austrittsarbeit, das durch Abscheidung, Implantation oder ein anderes geeignetes Verfahren auf die Mikropunkte aufgebracht wird, erniedrigt die Betriebsspannung und senkt den Stromverbrauch der großflächigen FED. Selbstverständlich können die Mikropunkte in einem von mannigfachen Schritten im Herstellungsverfahren beschichtet werden. Zum Beispiel können die Mikropunkte nach Fertigstellung der Kathode durch ein geeignetes Verfahren wie z. B. Ionenimplantation oder Abscheidung aufgetragen werden.

[0036] Das Material mit niedriger Austrittsarbeit führt außerdem zu gleichförmiger Leistung unter den Mikropunkten quer über die gesamte großflächige FED. Cermet ($\text{Cr}_3\text{Si} + \text{SiO}_2$), Cäsium, Rubidium, Tantalnitrid, Barium, Chromsilizid, Titankarbid und Niob sind Materialien mit niedriger Austrittsarbeit, die verwendet werden können.

[0037] Die auf die Emitterelektrode aufgetragenen Mikropunkte werden mit einer isolierenden Schicht und einer leitfähigen Schicht bedeckt. Diese beiden Schichten haben zusammen eine größere Höhe als der größte Mikropunkt. Dieser untere Teil der großflächigen FED wird dann einem CMP-Verfahren unterzogen, um die durch die Mikropunkte und flachen Schultern der Oberfläche der leitfähigen Schicht erzeugte Topologie zu polieren. Nach dem Polieren werden die leitfähigen und isolierenden Schichten

chemisch nassgeätzt, um Teile der leitfähigen und isolierenden Schichten zu entfernen, um die Mikropunkte bloßzulegen. Das beabsichtigte chemische Nassätzen ist ein sehr kontrollierbares Verfahren, das die gewünschten Ergebnisse hinsichtlich der Öffnungen in den isolierenden und leitfähigen Schichten gewährleistet. Sobald daher das chemische Nassätzen beendet ist, sind die Öffnungen in den leitfähigen und isolierenden Schichten auf die Mikropunkte selbstausgerichtet. Das Verfahren erlaubt es außerdem, die Mikropunkte so auf dem Substrat auszubilden, dass sie nach dem Bloßlegen ihre Form und Schärfe behalten, da das Verfahren keinen Teil der Mikropunkte ätzt, wenn sie bloßgelegt werden.

[0038] Im Abstand über der Extraktionsstruktur befindet sich eine Frontplatte. Die Frontplatte ist ein Kathodoluminisenzschirm, der durchsichtig ist. Die Frontplatte kann das Licht von Kathodoluminisenzphotonen durchlassen, die der Betrachter sieht.

[0039] Auf der Unterseite der Frontplatte ist eine ITO-Schicht angeordnet. Die ITO-Schicht ist elektrisch leitfähig. Die ITO-Schicht ist für das Licht von den Kathodoluminisenzphotonen durchsichtig und dient als Anode für die FED.

[0040] Auf der Unterseite der Oberfläche der ITO-Schicht sind Pixelbereiche ausgebildet. Zu jedem Pixel gehört ein Muster aus Mikropunkten. Die Pixelbereiche enthalten ein Phosphormaterial, das in einem gewünschten Muster darauf abgeschieden ist. Im Betrieb können die Phosphormaterialien durch niedere energetische Elektronen angeregt werden.

[0041] Die Pixel sind durch eine Schwarzmatrix unterteilt. Die Schwarzmatrix besteht aus einem Material, das lichtundurchlässig ist und durch Elektronenbombardement nicht beeinflusst wird.

[0042] Die Frontplatte ist um einen vorbestimmten Abstand von dem Substrat beabstandet. Der Abstand wird durch Abstandsstücke aufrechterhalten. Vorzugsweise steht der Bereich zwischen der Frontplatte und dem Substrat unter Hochvakuum. Die Abstandsstücke haben dann unterschiedliche Höhen, je nach ihrer Nähe zu den Rändern oder dem Zentralbereich der großflächigen FED. Diese Mischung aus Abstandsstücken hilft angesichts des Hochvakuums innerhalb der FED einen im wesentlichen gleichförmigen Abstand zwischen der Frontplatte und dem Substrat aufrechtzuerhalten. Die Abstandsstücke sind außerdem in Mustern angeordnet, die die großflächige FED tatsächlich in Abschnitte unterteilen. Weiterhin haben die Abstandsstücke mannigfache Querschnittsformen, die beim richtigen Aufrechterhalten des Abstands zwischen der Frontplatte und dem Substrat unter dem Hochvakuum innerhalb der großflächigen FED helfen.

[0043] Mit dem Vorhergehenden umfasst die vorliegende Erfindung für großflächige FEDs (1) die Verwendung des CMP-Verfahrens, um Gleichförmigkeit in der über dem Substrat und der isolierenden Schicht angeordneten leitfähigen Schicht zu erzielen, (2) die richtige Verwendung von Abstandsstücken,

um eine erwünschte Gleichförmigkeit im Abstand zwischen der leitfähigen Schicht und der Anode aufrechtzuerhalten (was beim Erzielen von hoher Auflösung hilft), (3) sicherzustellen, dass die Mikropunkte eine Beschichtung oder Implantation mit einem Material mit niedriger Austrittsarbeit haben, und (4), dass die Verbindungsleitungen der FED niedrigen Widerstand und niedrige Kapazität haben sollten.

[0044] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine großflächige FED-Struktur bereitzustellen, die Qualitätsbilder mit hoher Auflösung erzeugt.

[0045] Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine großflächige FED bereitzustellen, die bei einer relativ niedrigen Anoden Spannung arbeitet und niedrigen Stromverbrauch hat.

[0046] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine großflächige FED bereitzustellen, die Abscheidung, ein chemisch-mechanisches Polierverfahren ("CMP") und chemisches Nassätzen für die Erzeugung der selbstausrichtenden Öffnungen in den leitfähigen und isolierenden Schichten, die jeden Mikropunkt umgeben, verwendet.

[0047] Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, den niedrigsten Widerstand und die niedrigste Kapazität in den Kathodenadressenleitungen aufrechtzuerhalten.

[0048] Noch eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine großflächige FED bereitzustellen, die Abstandsstücke mit unterschiedlichen Höhen und Querschnittsformen verwendet, um einen im wesentlichen gleichförmigen Abstand zwischen der Frontplatte und dem Substrat aufrechtzuerhalten, wenn innerhalb der großflächigen FED ein Hochvakuum herrscht.

[0049] Diese und andere Aufgaben werden im Rest der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen im Detail angesprochen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0050] **Fig. 1** zeigt einen Teilquerschnitt einer FED nach dem Stand der Technik.

[0051] **Fig. 2** ist eine Teilperspektivansicht von oben auf einen Teil einer großflächigen FED mit einem weggeschnittenen Teil gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0052] **Fig. 3** ist eine Teilquerschnittsansicht des in **Fig. 2** gezeigten Teils der großflächigen FED.

[0053] **Fig. 4A** ist eine Seiten- und Querschnittsansicht eines "+"-förmigen Abstandsstücks.

[0054] **Fig. 4B** ist eine Seiten- und Querschnittsansicht eines "L"-förmigen Abstandsstücks.

[0055] **Fig. 4C** ist eine Seiten- und Querschnittsansicht eines viereckförmigen Abstandsstücks.

[0056] **Fig. 4D** ist eine Seiten- und Querschnittsansicht eines "I-Profil"-förmigen Abstandsstücks.

[0057] **Fig. 5A** zeigt einen ersten Schritt bei der Abscheidung, dem CMP-Verfahren und dem chemischen Nassätzverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0058] **Fig.** 5B zeigt einen zweiten Schritt bei der Abscheidung, dem CMP-Verfahren und dem chemischen Nassätzverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0059] **Fig.** 5C zeigt einen dritten Schritt bei der Abscheidung, dem CMP-Verfahren und dem chemischen Nassätzverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0060] **Fig.** 5D zeigt einen vierten Schritt bei der Abscheidung, dem CMP-Verfahren und dem chemischen Nassätzverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung.

Detaillierte Beschreibung der Zeichnungen

[0061] Die vorliegende Erfindung ist eine großflächige FED, die eine diagonale Bildschirmgröße von mehr als 10 Inch (d. h., 25 cm) hat. Die vorliegende Erfindung umfasst außerdem das Verfahren zur Herstellung der großflächigen FEDs mit einer diagonalen Bildschirmgröße von mehr als 10 Inch (d. h., 25 cm).

[0062] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 2 ist ein Teil einer großflächigen FED der vorliegenden Erfindung allgemein bei **200** gezeigt. Der in **Fig.** 2 gezeigte Teil befindet sich in der Nähe des Zentrums der großflächigen FED. Wie in **Fig.** 2 gezeigt, weist ein Substrat **202** eine darin oder darauf ausgebildete Emitterelektrode **204** auf. Die Emitterelektrode **204** besteht allgemein aus einer Anzahl von voneinander beabstandeten, parallelen Elementen, die elektrisch verbunden sind. Besonders nützlich ist es, die Emitterelektrode in Form von Streifen auszubilden, bei der Fläche, die die Emitterelektrode bei einer großflächigen FED wie z. B. der in **Fig.** 2 gezeigten bedecken muss. Die Breite, Anzahl und Abstände der parallelen, voneinander beabstandeten Elemente werden durch die Notwendigkeiten der FED bestimmt, z. B. Auflösung oder diagonale Bildschirmgröße.

[0063] Vorzugsweise weist das Substrat **202** eine darüber angeordnete Emitterelektrode **204** auf. Die Emitterelektrode **204** ist der Kathodenleiter der FED der vorliegenden Erfindung. Die Verwendung von parallelen, voneinander beabstandeten Elektroden ist eher vorzuziehen als eine zusammenhängende Emitterelektrode, die das gesamte Substrat bedecken würde, da die Verwendung der Elemente oder Streifen die RC-Zeiten für die großflächige FED der vorliegenden Erfindung vermindert. Das Substrat kann eine einzelne Struktur sein, oder es kann aus einer Anzahl von nebeneinander angeordneten Abschnitten bestehen. Beide Substratausführungsformen können zur Ausführung der vorliegenden Erfindung verwendet werden.

[0064] An vorbestimmten Orten auf der Emitterelektrode **204**, über denen sich Pixel befinden sollen, sind ein oder mehrere Mikropunkte auf der Emitterelektrode **204** ausgebildet. Diese Mikropunkte werden so auf der Emitterelektrode **204** ausgebildet und bearbeitet, dass jeder für verbesserten Betrieb eine Beschichtung aus einem Material mit niedriger Austritts-

arbeit aufweist. Die vorliegende Ausführungsform verwendet zwar Lithografie, um die Mikropunkte auszubilden, selbstverständlich können aber auch andere Verfahren verwendet werden, um die Mikropunkte auszubilden, wie z. B. ein Zufalls-Spitzenformungsverfahren, z. B. Mikropunkte oder Perlen, und noch innerhalb des Schutzbereichs der vorliegenden Erfindung liegen.

[0065] Die Mikropunkte, die auf die Emitterelektrodenelemente gelegt werden, sind große Mikropunkte, die eine Höhe im Bereich von 1 µm haben. Vorzugsweise werden diese großen Mikropunkte durch ein konventionelles Ätzverfahren ausgebildet, und danach wird gemäß der vorliegenden Erfindung eine Beschichtung aus einem Material mit niedriger Austrittsarbeit auf die Mikropunkte gelegt. Im Anschluss daran wird das Substrat mit den Emitterelektrodenelementen und beschichteten Mikropunkten darauf einer Verarbeitung in Übereinstimmung mit einer Abscheidung, einem CMP-Verfahren und einem chemischen Nassätzverfahren der vorliegenden Erfindung unterzogen. Dieses Verfahren erlaubt es, dass die auf den Emitterelektrodenelementen ausgebildeten Mikropunkte ihre Form und Schärfe behalten und im Betrieb der großflächigen FED der vorliegenden Erfindung verbesserte Leistung haben. Selbstverständlich können die Mikropunkte in einem von mannigfachen Schritten im Herstellungsverfahren beschichtet werden. Zum Beispiel können die Mikropunkte nach Fertigstellung der Kathode durch ein geeignetes Verfahren wie z. B. Ionenimplantation oder Abscheidung aufgetragen werden.

[0066] Um die bei großflächigen FEDs wünschenswerte hohe Auflösung zu erzielen, gibt es Muster aus Mikropunkten, die an den vorbestimmten Orten auf den Emitterelektrodenelementen ausgebildet sind. Zum Beispiel in **Fig.** 2 kann an einem repräsentativen Ort **207** ein Viereckmuster von 15×15 vorgesehen sein. Dieses Muster aus Mikropunkten ist von den benachbarten Mustern aus Mikropunkten auf den Emitterelektrodenelementen beabstandet.

[0067] Bevor die großflächige FED der vorliegenden Erfindung im Detail beschrieben wird, umfasst die vorliegende Erfindung selbstverständlich (1) die Verwendung des CMP-Verfahrens, um Gleichförmigkeit in der über dem Substrat und der isolierenden Schicht angeordneten leitfähigen Schicht zu erzielen, (2) die richtige Verwendung von Abstandsstücken, um eine erwünschte Gleichförmigkeit im Abstand zwischen der leitfähigen Schicht und der Anode aufrechtzuerhalten (die beim Erzielen von hoher Auflösung hilft), (3) sicherzustellen, dass die Mikropunkte eine Beschichtung oder Implantation mit einem Material mit niedriger Austrittsarbeit haben, und (4), dass die Verbindungsleitungen der FED niedrigen Widerstand und niedrige Kapazität haben sollten.

[0068] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 2 und 3 wird die großflächige FED der vorliegenden Erfindung nun detaillierter beschrieben. In **Fig.** 3 sind Mikropunkte **310** gezeigt, die auf dem Emitterelektrodenelement

204 angeordnet sind, das wiederum im Substrat **202** angeordnet ist. Diese Mikropunkte sind Teil eines Musters aus 5×5 Mikropunkten. Obwohl nur Vier-eckmuster aus Mikropunkten beschrieben wurden, können auch andere Muster verwendet werden und liegen noch innerhalb des Schutzbereichs der vorliegenden Erfindung.

[0069] Jeder Mikropunkt ist von einer isolierenden Schicht **302** umgeben. Die isolierende Schicht **302** isoliert die positiven elektrischen Elemente der großflächigen FED gegenüber der negativen Emitterelektrode. Vorzugsweise wird die isolierende Schicht **302** aus Siliziumdioxid (SiO_2) ausgebildet.

[0070] Auf der isolierenden Schicht **302** ist eine leitfähige Schicht **304** angeordnet. Die leitfähige Schicht wird durch konventionelle Halbleiterbearbeitungsverfahren auf der isolierenden Schicht **302** angeordnet. Vorzugsweise wird die leitfähige Schicht **304** aus dottiertem Silizium, amorphem Silizium oder Silizid-Poly-silizium ausgebildet.

[0071] Die leitfähige Schicht **304** umgibt die Mikropunkte, damit ein Elektronenemissionsstrom aus den Mikropunkten emittieren gelassen wird. Vorzugsweise ist die leitfähige Schicht **304** eine Reihe von elektrisch verbundenen, parallelen Streifen, die auf der isolierenden Schicht **302** angeordnet sind. Die Streifen sind als **305** in **Fig. 2** gezeigt. Die leitfähige Schicht **304** dient als Extraktionsstruktur und wird nachfolgend als solche bezeichnet.

[0072] Im Abstand über der Extraktionsstruktur **304** befindet sich eine Frontplatte **306**. Die Frontplatte **306** ist ein Kathodoluminiszenzschild, der vorzugsweise aus klarem, durchsichtigem Glas besteht. Die Frontplatte **306** muss das Licht der Kathodoluminiszenzphotonen durchlassen können, die der Betrachter sieht.

[0073] Auf der der Extraktionsstruktur **304** gegenüber liegenden Unterseite der Frontplatte **306** ist eine ITO-Schicht **308** angeordnet. Die ITO-Schicht **308** ist eine Schicht aus elektrisch leitfähigem Material, das als eine getrennte Schicht auf der Frontplatte **306** angeordnet oder als Teil der Frontplatte hergestellt sein kann. In jedem Fall ist die ITO-Schicht **308** für das Licht von den Kathodoluminiszenzphotonen durchlässig und dient als die Anode für die FED.

[0074] Speziell unter Bezugnahme auf **Fig. 3** ist ein Pixel **318** gezeigt, das auf der Oberfläche der ITO-Schicht **308** gegenüber der Extraktionsstruktur **304** angeordnet ist. Wie gezeigt, ist ein Pixel **318** über einem Muster aus Mikropunkten angeordnet. Spezieller gehört zu dem Pixel **318** ein Muster aus 5×5 Mikropunkten **310**.

[0075] Die Pixelbereiche weisen Phosphormaterial **320** auf, das in einem gewünschten Muster auf der Unterseite der ITO-Schicht **308** abgeschieden ist. Im Allgemeinen sind die Pixelbereiche, wie z. B. **318**, viereckförmig, falls gewünscht, können aber auch andere Formen verwendet werden. Das verwendete Phosphormaterial ist vorzugsweise eines, das durch niederenergetische Elektronen angeregt werden

kann. Vorzugsweise sollte die Ansprechzeit für das Phosphormaterial im Bereich gleich oder kleiner als 2 ms liegen.

[0076] Die Pixel sind durch eine Schwarzmatrix **322** unterteilt. Die Schwarzmatrix **322** kann aus irgendeinem geeigneten Material bestehen. Das Material sollte lichtundurchlässig sein und durch Elektronenbombardement nicht beeinflusst werden. Ein Beispiel für ein geeignetes Material ist Kobaltoxid.

[0077] Die Frontplatte **306** ist in einem Abstand vom Substrat **202** angeordnet. Dies ist ein vorbestimmter Abstand, der gewöhnlich im Bereich 200 bis 1000 μm liegt. Dieser Abstand wird durch Abstandsstücke aufrechterhalten, die allgemein als Abstandsstücke **330** in **Fig. 3** und spezieller als Abstandsstücke **332** und **334** in **Fig. 3** gezeigt sind. Der Bereich zwischen der Frontplatte **306** und dem Substrat **202** steht vorzugsweise unter Hochvakuum.

[0078] Wie bei allen FEDs ist die großflächige FED der vorliegenden Erfindung mit einer Stromquelle oder mehreren Stromquellen zur Stromversorgung der Emitterelektrode, Elektronenemitterstruktur und ITO verbunden, so dass Elektronenströme von den Mikropunkten auf die Pixel gerichtet werden.

[0079] Zum Beispiel bei kleinflächigen FEDs, die eine diagonale Bildschirmgröße von 5 Inch (d. h., 12,5 cm) haben, besteht keine Notwendigkeit für Abstandsstücke, da die Integrität der Trennung der Anode und Kathode (der ITO-Schicht und des Elektronenemitters) durch die Grundstruktur der FED aufrechterhalten wird, selbst wenn die FED unter Hochvakuum steht. Wenn jedoch die FED größer wird, kann die Grundstruktur der FED allein die gewünschte Trennung zwischen der Anode und der Kathode unter dem Hochvakuum nicht aufrechterhalten. Wenn daher die diagonale Bildschirmgröße größer wird, besteht eine Notwendigkeit für Abstandsstücke, um die Trennung zwischen der Anode und der Kathode aufrechtzuerhalten.

[0080] Abstandsstücke, die in FEDs mit diagonalen Bildschirmgrößen im Bereich von 5 bis 8 Inch (d. h., 12,5 cm bis 20 cm) normalerweise angeordnet werden, haben die Form von zylindrischen Säulen. Diese Säulen haben dieselbe Höhe und werden an verschiedenen Orten zwischen der Anode und der Kathode angeordnet. Bei großflächigeren FEDs sind zylindrische Abstandsstücke nicht optimal, und möglicherweise werden Abstandsstücke mit einer anderen Querschnittsgestaltung bevorzugt.

[0081] Um dieses Problem bei großflächigen FEDs zu überwinden, werden Abstandsstücke, wie z. B. die Abstandsstücke **332** und **334**, in Mustern zwischen der isolierenden Schicht **302** oder Extraktionsstruktur **304** und der ITO-Schicht **308** angeordnet. Diese Abstandsstücke werden auf eine solche Weise zwischen der Anode und der Kathode angeordnet, dass die FED in Übereinstimmung mit den Mustern der Abstandsstücke in Abschnitte unterteilt wird. In **Fig. 2**, die ein Teil der großflächigen FED in der Nähe des Zentrums der FED ist, sind eine große Zahl von Ab-

standsstücken gezeigt, um die Trennung Anode/Kathode aufrechtzuerhalten. Andere Bereiche haben andere Muster, um die gewünschte Trennung aufrechtzuerhalten. Somit liegen die Abstandsstücke in verschiedenen Mustern, je nach dem betrachteten Bereich innerhalb der großflächigen FED, obschon sie zylindrische Säulen sind. Abstandsstücke, die in Bezug auf die vorliegende Erfindung verwendet werden können, können in Übereinstimmung mit den US-Patenten Nr. 5,100,838, 5,205,770, 5,232,549, 5,232,863, 5,405,791, 5,433,794, 5,486,126 und 5,492,234 ausgebildet sein.

[0082] Wegen der Belastungen, die auf die Abstandsstücke ausgeübt werden, können diese verschiedene Querschnittsformen haben. **Fig. 4A**, **4B**, **4C** und **4D** zeigen vier Querschnittsformen für Abstandsstücke, die für großflächige FEDs verwendet werden können. **Fig. 4A** zeigt bei **402** eine Seiten- und Querschnittsansicht eines "+"-förmigen Abstandsstocks, **Fig. 4B** zeigt bei **404** eine Seiten- und Querschnittsansicht eines "L"-förmigen Abstandsstocks, **Fig. 4C** zeigt bei **406** eine Seiten- und Querschnittsansicht eines viereckförmigen Abstandsstocks, und **Fig. 4D** zeigt bei **408** eine Seiten- und Querschnittsansicht eines "I-Profil"-förmigen Abstandsstocks. Dies sind jedoch wenige der möglichen Querschnittsformen der Abstandsstücke, die für die großflächige FED verwendet werden können. Selbstverständlich können andere Formen verwendet werden, die der großflächigen FED die nötige Festigkeit verleihen, um die Trennung der Anode und der Kathode aufrechtzuerhalten.

[0083] Die Abstandsstücke an verschiedenen Orten in der großflächigen FED können außerdem verschiedene Längen haben, um eine gleichförmige Trennung zwischen der Anode und der Kathode quer über die gesamte Fläche der großflächigen FED aufrechtzuerhalten. Zum Beispiel können die Abstandsstücke in der Nähe des Zentrums der großflächigen FED etwas länger sein als die Abstandsstücke in der Nähe der Ränder. Die Abstandsstücke zwischen diesen beiden Extrema können längenmäßig abgestuft sein, für einen Übergang von den kürzesten Abstandsstücken am Rand zu den längsten in der Nähe des Zentrums. Die unterschiedlich langen Abstandsstücke kompensieren die leichten Durchbiegungen der Frontplatte aufgrund des Hochvakuums innerhalb der FED, die in der Nähe des Zentrums, aber nicht in der Nähe der Ränder auftreten, da in der Nähe der Ränder die FED-Wandstruktur der Frontplatte wesentliche zusätzliche Unterstützung gibt.

[0084] Das Bearbeitungsverfahren für die schon kurz beschriebene untere FED-Struktur, das verwendet wird, um bei der Herstellung der Mikropunkte und Ausrichtung der Öffnungen in der isolierenden Schicht und Extraktionsstruktur quer über die große Fläche der großflächigen FED Gleichförmigkeit zu erzielen, wird nun detaillierter beschrieben. Das Verfahren verwendet eine Kombination aus Abscheidung, chemisch-mechanischem Polieren und chemi-

schem Nassätzen, um die selbstausrichtende Extraktionsstruktur für jeden Mikropunkt der großflächigen FED herzustellen.

[0085] Das Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung wird unter Bezugnahme auf **Fig. 5A** bis **5D** beschrieben. Sobald die elektrisch verbundenen Emitterelektrodenelemente **204** im Substrat **202** ausgebildet sind, werden die Muster aus Mikropunkten **310** auf diesen Elementen ausgebildet. Die Herstellung der Mikropunkte durch einen getrennten Bearbeitungsschritt gibt größere Kontrolle über die Herstellung der Mikropunkte und größere Gleichförmigkeit der Größe der Mikropunkte quer über die gesamte große Fläche der großflächigen FED. Die Mikropunkte, die ausgebildet werden, haben eine im wesentlichen umgekehrte Kegelform, wie in **Fig. 5A** gezeigt. Die Mikropunkte werden vorzugsweise aus Silizium ausgebildet.

[0086] Als Nächstes wird ein Material mit niedriger Austrittsarbeit auf die Mikropunkte aufgebracht. Diese Beschichtung wird mindestens auf die Spitzen der Mikropunkte aufgebracht. Geeignete Materialien mit niedriger Austrittsarbeit sind Cermet ($\text{Cr}_3\text{Si} + \text{SiO}_2$), Cäsium, Rubidium, Tantalnitrid, Barium, Chromsilizid, Titankarbid und Niob. Diese werden unter Verwendung von konventionellen Halbleiterbearbeitungsverfahren wie z. B. Dampfabscheidung oder in Übereinstimmung mit dem nachfolgend beschriebenen bevorzugten Verfahren auf den Mikropunkten abgeschieden. Selbstverständlich können auch andere geeignete Materialien verwendet werden.

[0087] Das zur Behandlung der Mikropunkte verwendete Material mit niedriger Austrittsarbeit ist vorzugsweise Cäsium. Das Cäsium wird vorzugsweise mit sehr niedriger Energie und in hohen Dosen in die Mikropunkte implantiert. Dies erzeugt bessere Gleichförmigkeit zwischen den Mikropunkten quer über die gesamte großflächige FED. Das implantierte Cäsium ist unter Atmosphärenbedingungen bei hohen Temperaturen (500°C) stabil. Weiterhin erlaubt es das derartige Beschichten der großen (oder größeren) Mikropunkte, die FED bei niedrigeren Betriebsspannungen zu betreiben. Die Behandlung der Mikropunkte für niedrige Austrittsarbeit findet nach der Herstellung der Mikropunkte und vor den Tätigkeiten Abscheidung, CMP-Bearbeitung und chemisches Nassätzen statt. Selbstverständlich könnte es auch zu anderen Zeitpunkten während des Verfahrens zur Herstellung einer großflächigen FED stattfinden.

[0088] Sobald der Mikropunkt **310** beschichtet ist, wird die isolierende Schicht **302** über dem Mikropunktelelement **204** und dem Substrat **202** abgeschieden. Vorzugsweise wird die isolierende Schicht **302** aus SiO_2 hergestellt. Im Anschluss daran wird die leitfähige Schicht **304** auf der isolierenden Schicht **302** abgeschieden, wie in **Fig. 5B** gezeigt. Vorzugsweise wird die leitfähige Schicht **304** aus amorphem Silizium oder Polysilizium ausgebildet.

[0089] Die Dicke der isolierenden und leitfähigen

Schichten wird so gewählt, dass die Gesamt-Schichtdicke größer ist als die Höhe des ursprünglichen Mikropunkts. Das Verfahren der vorliegenden Erfindung erlaubt Flexibilität bei der Materialwahl für die Mikropunkte und die isolierenden und leitfähigen Schichten, obwohl Silizium das bevorzugte Material für die Mikropunkte und die leitfähige Schicht ist.

[0090] Nachdem die leitfähige Schicht **304** über der isolierenden Schicht **302** abgeschieden ist, werden die zwei Schichten unter Verwendung eines CMP-Verfahrens poliert, wie in **Fig. 5D** gezeigt. Das Polierverfahren ist ein sehr kontrollierbares Verfahren, so dass es im wesentlichen gleichmäßiges Polieren quer über die gesamte große Oberfläche der großflächigen FED gibt. Das Polieren führt zu einer im wesentlichen gleichförmigen Dicke der leitfähigen Schicht **304**. Das Vorhandensein der gleichförmigen Dicke dieser beiden Schichten quer über die gesamte großflächige FED hilft bei der Herstellung von gleichförmigen Mikropunkten und selbstausrichtenden Öffnungen in den leitfähigen und isolierenden Schichten. Verschiedene Patente, die sich auf das CMP-Verfahren beziehen, sind die US-Patente Nr. 5,186,670, 5,209,816, 5,229,331, 5,240,552, 5,259,719, 5,300,155, 5,318,927, 5,354,490, 5,372,973, 5,395,801, 5,439,551, 5,449,314 und 5,514,245.

[0091] Im Anschluss an den Polierschritt werden die leitfähigen und isolierenden Schichten chemisch nassgeätzt, wie in **Fig. 5D** gezeigt. Beim chemischen Nassätzen der leitfähigen und isolierenden Schichten wird von diesen Schichten selektiv Material entfernt, um den Mikropunkt bloßzulegen. Dabei werden die Öffnungen in den leitfähigen und isolierenden Schichten auf die Mikropunkte selbstausgerichtet. Die bloßgelegten Mikropunkte können nun Elektronen emittieren, um den Phosphorschirm anzuregen.

[0092] Nachdem die Bestandteile der großflächigen FED beschrieben wurden, werden nun die Kennwerte des Betriebs so einer FED gemäß der vorliegenden Erfindung erörtert.

[0093] Für das richtige Videoansprechverhalten, das heißt eine Bildwiederholfrequenz von 60 bis 75 Hz und 256 Graustufenpegel, muss die Emissionsansprechzeit so gesteuert werden, dass sich bis zu hohe Auflösung (1280×1024 Pixel) in der FED ergibt. Wenn man hohe Auflösung haben will, ist eine geeignete Ansprechzeit kleiner als oder gleich 1 μ s.

[0094] Die Ansprechzeit für eine FED wird durch die RC(Widerstand mal Kapazität)-Zeit der "Zeilen"- und "Spalten"-Adressenleitungen bei **304** bzw. **204** bestimmt.

[0095] Um den niedrigsten Widerstand zu erhalten, wird bevorzugt, einen Leiter mit dem niedrigsten Widerstand zu verwenden, z. B. Gold, Silber, Aluminium, Kupfer oder ein anderes geeignetes Material, und den Leiter dick zu machen. z. B. $> 0,2 \mu\text{m}$, oder auf irgendeine Weise die Querschnittsfläche der Leitung zu vergrößern, die als der Leiter wirkt.

[0096] Die Kapazität wird durch den vertikalen Ab-

stand zwischen den Spalten- und Zeilenleitungen und das dielektrische Material zwischen ihnen und außerdem durch die Überlappungsfläche der Spalten- und Zeilenleitungen bestimmt. Bei Verwendung von großen Emitterspitzen, z. B. 0,6 bis 2,5 μm , kann ein dickes Dielektrikum zwischen den Spalten- und Zeilenleitungen verwendet werden. Dadurch kann die Kapazität 2 bis 5 mal kleiner sein als wenn kleine ($\leq 0,5 \mu\text{m}$) Emitterspitzen verwendet werden. Obwohl die Kapazität selbstverständlich durch die Wahl des dielektrischen Materials gesteuert werden kann, sind die Materialien begrenzt, so dass die Verwendung von großen Spitzen bevorzugt wird.

[0097] Dementsprechend liefert die Wahl von dicken, höchst leitfähigen Gitter- und Emitterelektroden und großen Emitterspitzen eine schnellere RC-Zeit als wenn sie nicht verwendet werden.

Patentansprüche

1. Großflächige Feldemissionsvorrichtung ("FED") mit einer diagonalen Bildschirmgröße von 25,4 cm oder größer, die unter einem vorbestimmten Unterdruckpegel versiegelt ist, mit einem großflächigen Substrat (**202**), einer Emitterelektroden(**204**)struktur, die auf dem Substrat angeordnet ist, so dass die Emitterstruktur über einem wesentlichen Teil des Substrats angeordnet ist, einer Vielzahl von Gruppen von Mikropunkten (**310**), wobei jede Gruppe von Mikropunkten eine vorbestimmte Anzahl von Mikropunkten aufweist und wobei jede Gruppe von Mikropunkten an getrennten Stellen auf der Emitterelektrodenstruktur angeordnet ist, einer isolierenden Schicht (**302**), die über dem Substrat angeordnet ist, wobei die isolierende Schicht Öffnungen dadurch aufweist, die einen Durchmesser innerhalb eines vorbestimmten Bereichs haben, und wobei jede der Öffnungen mindestens einen Teil eines Mikropunkts umgibt, einer Extraktionsstruktur (**304**), die auf der isolierenden Schicht angeordnet ist, wobei die Extraktionsstruktur Öffnungen dadurch aufweist, die einen Durchmesser innerhalb eines vorbestimmten Bereichs haben, wobei jede der Öffnungen mindestens einen Teil eines Mikropunkts umgibt und wobei die Öffnungen in der Extraktionsstruktur auf Öffnungen in der isolierenden Schicht ausgerichtet sind, einer Frontplatte (**306**), die oberhalb und im Abstand von der Extraktionsstruktur angeordnet ist und die für vorbestimmte Lichtwellenlängen durchlässig ist, einer ersten leitfähigen Schicht, die auf einer Oberfläche der Frontplatte gegenüber der Extraktionsstruktur angeordnet ist, einem Matrixglied (**322**), das auf der ersten leitfähigen Schicht angeordnet ist, wobei das Matrixglied Bereiche der Oberfläche mit der ersten leitfähigen Schicht abgrenzt, die als Pixel(**318**)bereiche dienen, wobei die Pixelbereiche auf die Mikropunkte einer

Gruppe von Mikropunkten ausgerichtet sind, Kathodolumineszenzmaterial (320), das in einer Vielzahl von Pixelbereichen auf der ersten leitfähigen Schicht angeordnet ist, wobei das Kathodolumineszenzmaterial in einem einzelnen Pixelbereich ausgerichtet ist, um Elektronen zu empfangen, die von den zu diesem Pixelbereich gehörenden Mikropunkten emittiert werden, und einer Vielzahl von Abstandsstücken (330, 332, 334), die an vorbestimmten Orten zwischen der Frontplatte und der Extraktionsstruktur angeordnet sind, wobei die Abstandsstücke im richtigen Verhältnis zu Belastungen, denen solche Abstandsstücke bedingt durch den Unterdruck innerhalb der FED ausgesetzt sind, an unterschiedlichen Orten unterschiedliche Höhen haben, wobei die unterschiedlichen Höhen eine Durchbiegung der Frontplatte ausgleichen, so dass ein im wesentlichen gleichförmiger Abstand zwischen der Frontplatte und dem Substrat aufrechterhalten wird, wenn innerhalb der Vorrichtung ein Hochvakuum herrscht.

2. Großflächige Feldemissionsvorrichtung ("FED") nach Anspruch 1, bei der die Abstandsstücke an unterschiedlichen Orten unterschiedliche Querschnittsformen haben, um im richtigen Verhältnis zu Belastungen zu stehen, denen solche Abstandsstücke bedingt durch den Unterdruck innerhalb der FED ausgesetzt sind.

3. Vorrichtung wie in Anspruch 1 oder 2 angegeben, bei der die Extraktionsstruktur (304) eine zusammenhängende Schicht aus elektrisch leitfähigem Material enthält.

4. Vorrichtung wie in Anspruch 1 oder 2 angegeben, bei der die Extraktionsstruktur (304) eine Vielzahl von voneinander beabstandeten Gliedern (305) enthält, die elektrisch verbunden sind.

5. Vorrichtung wie in Anspruch 1 oder 2 angegeben, bei der die Mikropunkte (310) mit einem Material mit niedriger Austrittsarbeit beschichtet sind.

6. Vorrichtung wie in Anspruch 1 oder 2 angegeben, bei der das Material mit niedriger Austrittsarbeit implantiertes Cäsium enthält.

7. Vorrichtung wie in Anspruch 1 oder 2 angegeben, bei der die Abstandsstücke (330, 332, 334) in vorbestimmten Mustern innerhalb der FED angeordnet sind.

8. Vorrichtung wie in Anspruch 7 angegeben, bei der mindestens ein Abstandsstück in der Nähe eines Zentralbereichs der FED eine größere Höhe hat als eine Höhe eines Abstandsstückes an einem Ort näher an einer Seitenwand der FED.

9. Vorrichtung wie in Anspruch 1 oder 2 angege-

ben, bei der mindestens eine Gruppe von Mikropunkten (310) in einem Viereckmuster auf der Emitterelektrodenstruktur (204) angeordnet ist.

10. Vorrichtung wie in Anspruch 1 oder 2 angegeben, bei der die erste leitfähige Schicht (308) eine Schicht Indiumzinnoxid ("ITO") enthält.

11. Vorrichtung wie in Anspruch 2 angegeben, bei der mindestens ein Abstandsstück eine "+"-förmige Querschnittsform hat.

12. Vorrichtung wie in Anspruch 2 angegeben, bei der mindestens ein Abstandsstück (404) eine "L"-förmige Querschnittsform hat.

13. Vorrichtung wie in Anspruch 2 angegeben, bei der mindestens ein Abstandsstück (406) eine viereckförmige Querschnittsform hat.

14. Vorrichtung wie in Anspruch 2 angegeben, bei der mindestens ein Abstandsstück (408) eine "I-Profil"-förmige Querschnittsform hat.

15. Vorrichtung wie in Anspruch 1 oder 2 angegeben, bei der die Elektronenemissionsquellen mit einem Material mit niedriger Austrittsarbeit implantiert sind.

16. Vorrichtung wie in Anspruch 1 oder 2 angegeben, bei der die Widerstands/Kapazitäts (RC)-Zeitkonstante der Vorrichtung 1 µs beträgt.

17. Verfahren zum Ausbilden und Verbinden eines unteren Abschnitts einer großflächigen Feldemissionsvorrichtung ("FED") mit einer diagonalen Bildschirmgröße von 25,4 cm oder größer, die unter einem vorbestimmten Unterdruckpegel versiegelt wird, mit einem oberen Abschnitt der FED, der eine Frontplatte (306), eine erste leitfähige Schicht (308), die auf einer Oberfläche der Frontplatte angeordnet ist, ein Matrixglied (322), das auf einer Oberfläche der ersten leitfähigen Schicht angeordnet ist, und Kathodolumineszenzmaterial (320) enthält, das in nicht von dem Matrixglied bedeckten Bereichen auf der ersten leitfähigen Schicht angeordnet ist, mit den folgenden Schritten:

- (a) Ausbilden eines Substrats (202) mit einer vorbestimmten Größe,
- (b) Ausbilden einer Emitterelektrodenstruktur (204) auf dem Substrat,
- (c) Ausbilden einer Vielzahl von Mikropunkten (310) in einem vorbestimmten Höhenbereich auf der Emitterelektrodenstruktur, wobei die Mikropunkte in Gruppen auf der Emitterelektrodenstruktur ausgebildet werden,
- (d) Beschichten der Mikropunkte mit einem Material mit niedriger Austrittsarbeit,
- (e) Aufbringen einer isolierenden Schicht (302) über dem Substrat, der Emitterelektrodenstruktur und der

Vielzahl von Mikropunkten,

(f) Aufbringen einer ersten leitfähigen Schicht (**308**) über der isolierenden Schicht, wobei eine vereinte Höhe der isolierenden und ersten leitfähigen Schichten mindestens so hoch ist wie der höchste beschichtete Mikropunkt,

(g) kontrolliertes Polieren einer ersten Oberfläche der ersten leitfähigen Schicht, um eine im wesentlichen glatte, ebene erste Oberfläche zu erhalten, wobei eine vereinte Dicke der isolierenden und ersten leitfähigen Schicht quer über die FED im wesentlichen gleichförmig ist,

(h) Ätzen von Öffnungen durch die leitfähige und isolierende Schicht hindurch, um die beschichteten Mikropunkte bloßzulegen, wobei Wände der Öffnungen im Abstand von den Mikropunkten angeordnet sind,

(i) Anordnen einer Vielzahl von Abstandsstücken (**330, 332, 334**) mit unterschiedlichen Höhen zwischen den oberen und unteren Abschnitten der FED, um eine vorbestimmte Trennung zwischen den oberen und unteren Abschnitten zu schaffen, wobei die Abstandsstücke Höhen haben, die im richtigen Verhältnis zu den auf die Abstandsstücke ausgeübten Belastungen stehen, wobei die unterschiedlichen Höhen eine Durchbiegung der Frontplatte ausgleichen, so dass ein im wesentlichen gleichförmiger Abstand zwischen der Frontplatte und dem Substrat aufrechterhalten wird, wenn innerhalb der Vorrichtung ein Hochvakuum herrscht.

18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei die Abstandsstücke verschiedene Querschnittsformen zwischen dem oberen und unteren Abschnitt der FED aufweisen, um einen festgelegten Abstand zwischen dem oberen und unteren Abschnitt herbeizuführen, wobei die Abstandsstücke Querschnittsformen an verschiedenen Orten aufweisen zur Anpassung an die auf die Abstandsstücke ausgeübten Drücke.

19. Verfahren wie in Anspruch 17 oder 18 angegeben, bei dem der Schritt des kontrollierten Polierens chemisch-mechanisches Polieren umfasst.

20. Verfahren wie in Anspruch 17 oder 18 angegeben, bei dem der Ätz-Schritt chemisches Nassätzen umfasst.

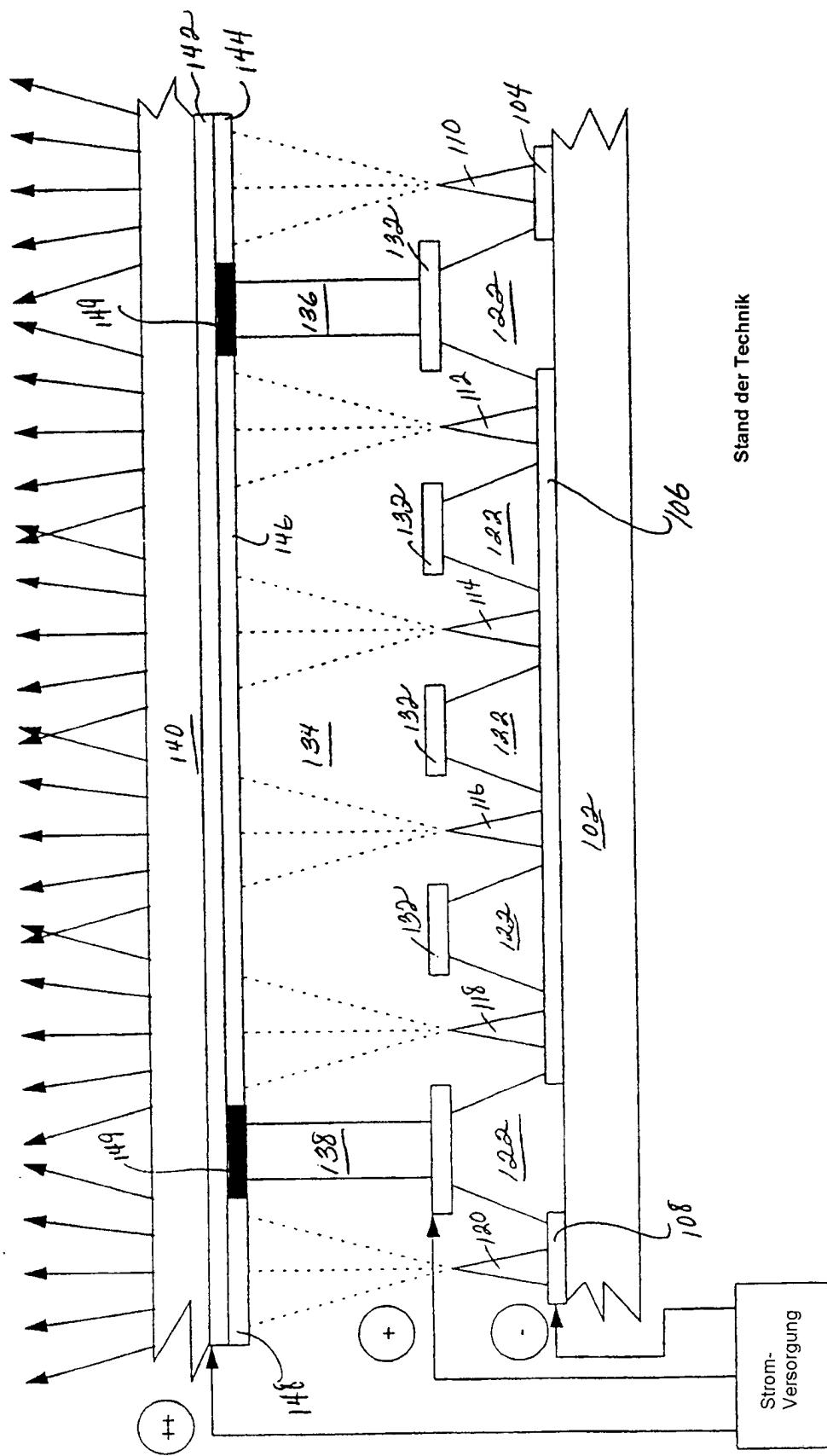
21. Verfahren wie in Anspruch 17 oder 18 angegeben, bei dem die Abstandsstücke (**330, 332, 334**) in Mustern zwischen den oberen und unteren Abschnitten der FED angeordnet werden.

22. Verfahren wie in Anspruch 17 oder 18 angegeben, bei dem die Mikropunkte mit einem Material mit niedriger Austrittsarbeit implantiert werden.

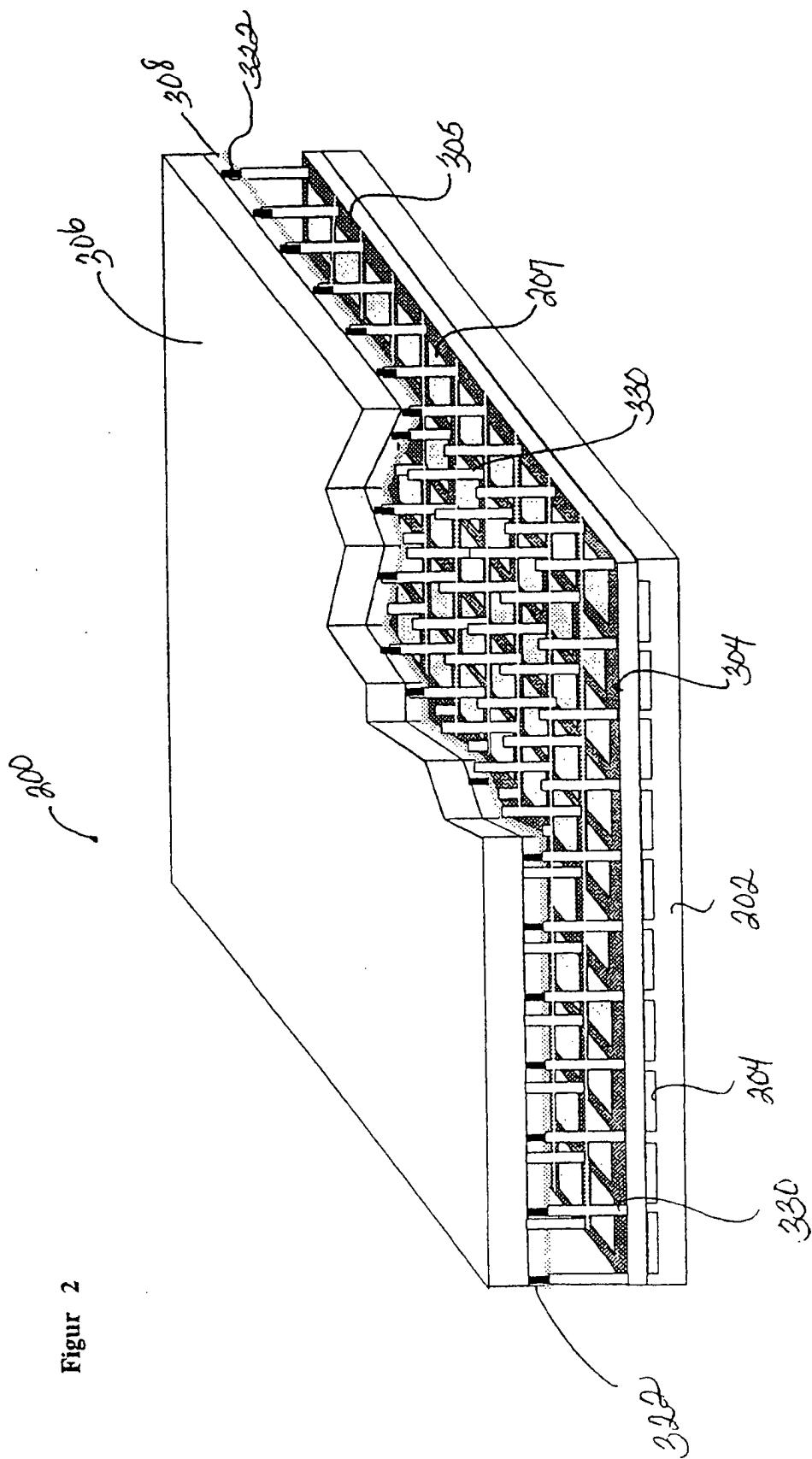
Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

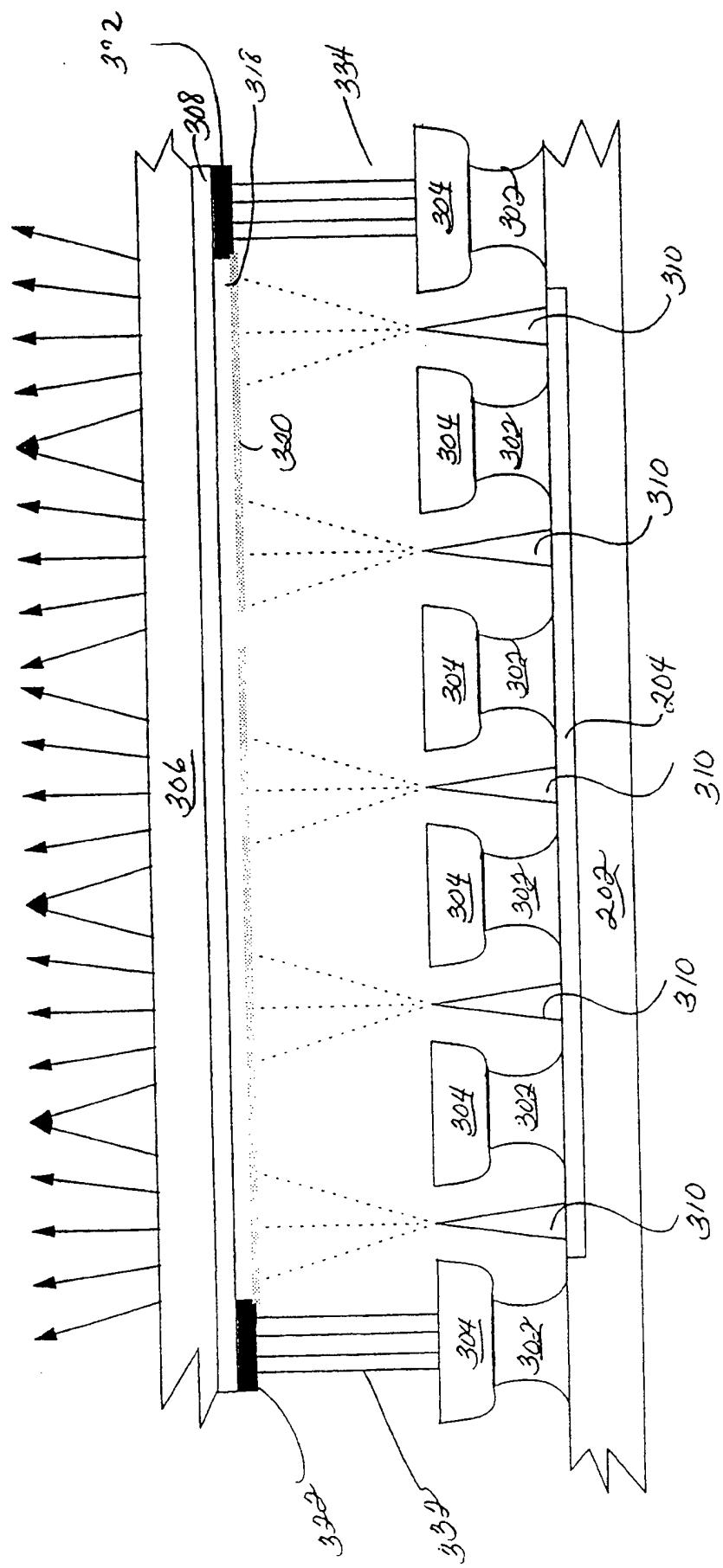
Figur 1



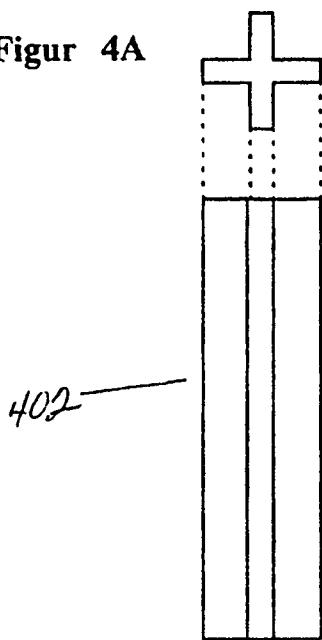
Stand der Technik



Figur 3

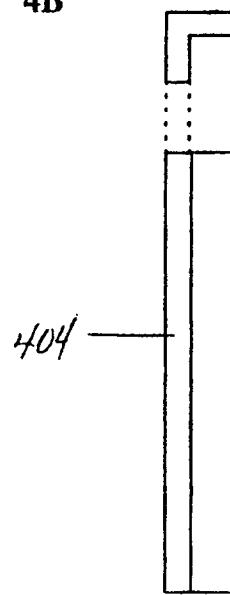


Figur 4A



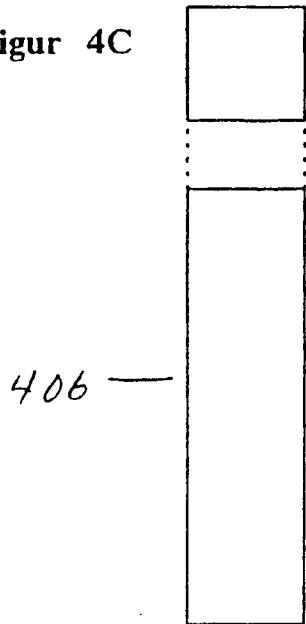
402 —

Figur 4B



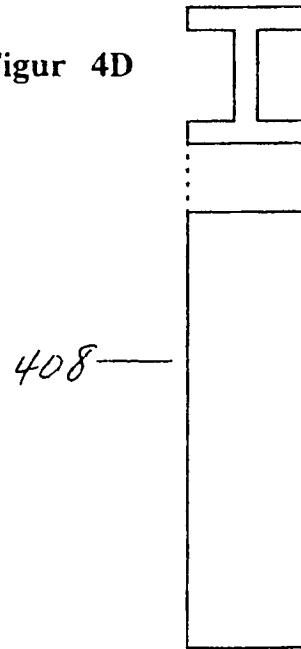
404 —

Figur 4C



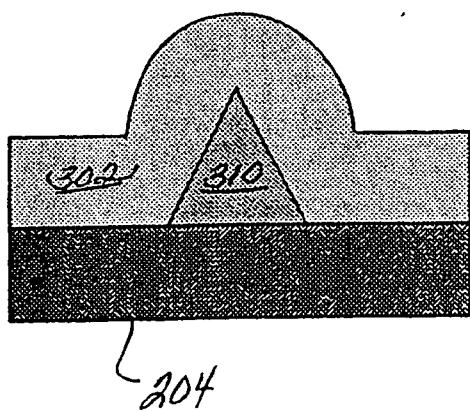
406 —

Figur 4D

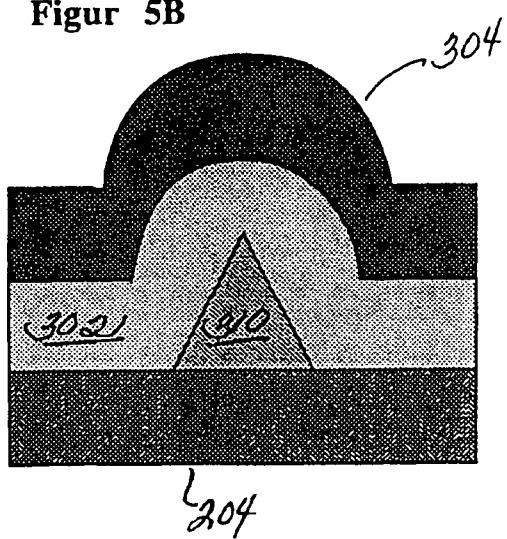


408 —

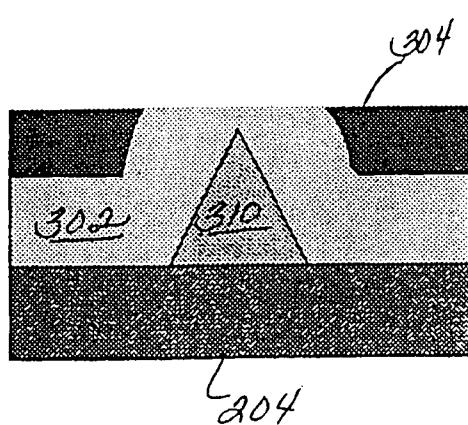
Figur 5A



Figur 5B



Figur 5C



Figur 5D

