



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 195 01 387 B4** 2007.01.11

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **195 01 387.5**  
 (22) Anmeldetag: **18.01.1995**  
 (43) Offenlegungstag: **03.08.1995**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **11.01.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01J 9/02** (2006.01)  
**H01J 1/304** (2006.01)  
**H01J 29/50** (2006.01)  
**G09F 9/33** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**08/184,819 21.01.1994 US**

(73) Patentinhaber:  
**Micron Technology, Inc., Boise, Id., US**

(74) Vertreter:  
**Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80797 München**

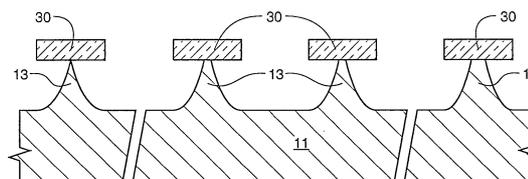
(72) Erfinder:  
**Cathey, David A., Boise, Id., US; Tjaden, Kevin, Boise, Id., US**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:  
**DE 42 32 886 A1**  
**US 52 77 638**  
**US 52 67 884**  
**US 52 66 530**

**US 52 01 992**  
**US 50 64 396**  
**US 49 40 916**  
**US 47 66 340**  
**US 38 12 559**  
**US 37 55 704**  
**US 36 65 241**  
**EP 3 79 298 A2**  
**Mc GRUER, Nicol E., u.a.: Oxidation-Sharpended Gated Field Emitter Array Process. In: IEEE trans.electron. devices, 1991, Vol. 38, No. 10, S. 2389-2391;**  
**THOMAS, R.N. u.a.: Fabrication and some Applications of Large-Area Silicon Field Emission Arrays. In: Solid-State electron, 1974, Vol. 17, S. 155-163;**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Bilden einer im wesentlichen gleichmäßigen Anordnung scharfer Emitterspitzen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Bilden einer im wesentlichen gleichmäßigen Anordnung scharfer Emitterspitzen (13), umfassend folgende Schritte:  
 Maskieren eines Substrats (11);  
 Ätzen des maskierten Substrats (11) zur Bildung einer Anordnung scharfer Spitzen (13), und  
 Entfernen der Maske (30);  
 dadurch gekennzeichnet, daß der Ätzzvorgang so lange andauert, bis die Spitzen (13) der Anordnung nach einer vollständigen Hinterschneidung im wesentlichen gleichmäßig scharf geworden sind.



### Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bilden einer im wesentlichen gleichmäßigen Anordnung scharfer Emitterspitzen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Die Auflösung einer Feldemissionsanzeige ist von einer Anzahl von Faktoren abhängig, unter denen sich auch die Schärfe der Emitterspitzen befindet. Das Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung ist auf die Herstellung sehr scharfer Kathodenemitterspitzen gerichtet.

### Stand der Technik

**[0003]** Auf dem Gebiet der Bildung von Kaltkathoden-Spitzen ist bisher viel Arbeit geleistet worden. Man betrachte diesbezüglich z. B. die Patentschriften von Spindt, nämlich die US 3,665,241, US 3,755,704, US 3,812,559 sowie US 5,064,396. Weiterhin seien genannt die US 4,766,340 mit dem Titel "Semiconductor Device having a Cold Cathode" und die US 4,940,916 mit dem Titel "Electron Source with Micropoint Emissive Cathodes and Display Means by Cathodoluminescence Excited by Field Emission Using Said Source".

**[0004]** Ein derzeitiger Weg zur Bildung einer Anordnung von Emitterspitzen besteht in der Verwendung einer Maske sowie im Ätzen von Silizium zur Bildung einer Spitzenstruktur, wobei die Spitze jedoch nicht vollständig ausgebildet wird. Vor dem Ätzen einer scharfen Spitze wird die Maske entfernt. Der dahintersteckende Gedanke besteht darin, den Ätzzvorgang in einem Stadium abzufangen, bevor die Maske von dem Scheitel der Spitze verlagert wird. Diesbezüglich wird z. B. verwiesen auf die US 5,201,992 von Marcus et al. mit dem Titel "Method for Making Tapered Microminiature Silicon Structures".

**[0005]** Gemäß der Lehre des Standes der Technik ist es erforderlich, den Ätzzvorgang beim oder vor dem vollständigen Hinterschneiden der Maske zu beenden, um ein Verrutschen der Maske vom Scheitel zu verhindern. Wenn ein Ätzzvorgang unter solchen Umständen voranschreitet, werden die Spitzen durch das Vorhandensein des Maskenmaterials entlang der Seite der Spitze oder des Substrats während eines Trockenätzvorgangs schief und ungleichmäßig, und außerdem kann der Scheitel beeinträchtigt werden, wie dies in **Fig. 8** zu sehen ist. Ein derartiger Zustand führt auch zu Verunreinigungsproblemen aufgrund des beliebig auf dem Substrat herumliegenden Maskiermaterials, das Bereiche maskiert, wo keine Maskierung erwünscht ist, und ein anhaltender Ätzzvorgang führt zu beliebig angeordneten, unerwünschten Strukturen in dem geätzten Material.

**[0006]** Wenn der Ätzzvorgang nach dem Entfernen der Maske andauert, wird die Spitze einfach stumpfer. Dies ergibt sich daraus, daß die Ätzchemikalien Material in allen Richtungen entfernen, wodurch der freiliegende Scheitel der Spitze beim Ätzen der Seiten angegriffen wird. Außerdem kann der Scheitel der Spitze beeinträchtigt werden, wenn die Maske aufgrund eines physikalischen Ionenbeschusses während eines Trockenätzvorgangs verlagert worden ist.

**[0007]** Die Tendenz geht somit zum "Unterätzen" der Spitze (d. h. Stoppen des Ätzzvorgangs, bevor eine feine Spitze am Scheitel der Spitze gebildet wird), wodurch ein Gebilde entsteht, das als "flache Oberseite" bezeichnet wird. Danach wird typischerweise ein Oxidationsschritt zum Schärfen der Spitze durchgeführt. Diese Verfahrensweise führt zu ungleichmäßigen Ätzergebnissen über die Anordnung hinweg, wobei die Spitzen unterschiedliche Höhen und Formen aufweisen.

**[0008]** Wieder andere Hersteller haben die Herstellung von Spitzen durch Ätzen versucht, doch verwenden sie keine vollständige Hinterschneidung der Maske, wie dies bei dem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung durchgeführt wird, und außerdem setzen sie den Ätzzvorgang nicht wie bei dem erfindungsgemäßen Verfahren, das den für die Herstellung erforderlichen Spielraum ermöglicht, über die vollständige Hinterschneidung der Maske hinaus fort, ohne eine Verschlechterung der Spitze zu erleiden. Stattdessen entfernen sie die Maske vor der vollständigen Hinterschneidung der Spitze, wonach sie die Spitzen von dort aus schärfen. Die Silizium-Naßätzverfahren des Standes der Technik führen dazu, daß die Maske zum Zeitpunkt der vollständigen Hinterschneidung von dem Scheitel der Spitze verlagert wird, wodurch eine Verunreinigung des Ätzbads, die Entstehung einer falschen Maskierung sowie eine Verschlechterung des Scheitels entstehen können.

**[0009]** Die Ungleichmäßigkeit unter den Spitzen kann auch zu Schwierigkeiten bei anschließenden Herstellungsschritten führen, die bei der Bildung der Anzeige verwendet werden, wobei es sich insbesondere um solche Vorgänge handelt, bei denen eine chemisch-mechanische Planarisierung zur Anwendung kommt. In diesem Zusammenhang wird auf die US 5,229,331 mit dem Titel "Method to Form Self-Aligned Gate Structures Around Cold Cathode Emitter Tips Using Chemical Mechanical Polishing Technology" und die US 5,186,670

mit dem Titel "Method to Form Self-Aligned Gate and Focus Rings" verwiesen. Eine Ungleichmäßigkeit ist besonders unangenehm, wenn sie abrupt ist, im Gegensatz zu einer allmählichen Änderung über den Wafer hinweg.

**[0010]** Die Herstellung einer gleichmäßigen Anordnung von Spitzen unter Verwendung derzeitiger Verfahren ist aus einer Anzahl von Gründen in einer Arbeitsumgebung besonders schwer zu erreichen. Z. B. hat die einfache Veränderlichkeit des Ätzvorgangs über einen Wafer hinweg einen nachteiligen Einfluß auf den Zeitpunkt, zu dem der Ätzvorgang bei den Verfahren des Standes der Technik beendet werden sollte.

**[0011]** Im allgemeinen ist es schwierig, Plasmaspitzen-Ätzvorgänge mit einer Gleichmäßigkeit zu erzielen, die besser als 5 % ist, wobei Gleichmäßigkeiten von 10 % bis 20 % üblicher sind. Dies führt dazu, daß die "flache Oberseite" einer unter Verwendung herkömmlicher Verfahren geätzten Emitterspitze in ihrer Größe variiert. Außerdem variiert die zum "Schärfen" der Spitze erforderliche Oxidation um bis zu 20 %, wodurch das Risiko der Ungleichmäßigkeit unter den verschiedenen Spitzen einer Anordnung ansteigt.

**[0012]** Die Spitzenhöhe sowie andere kritische Abmessungen unterliegen hinsichtlich der Gleichmäßigkeit denselben Effekten. Schwankungen bei der Maskiergleichmäßigkeit und bei dem zu ätzenden Material verstärken die Probleme der Ätzgleichmäßigkeit.

**[0013]** Für Herstellungstätten sind Vorgänge erforderlich, die im wesentlichen gleichmäßige und stabile Resultate schaffen. Bei der Herstellung einer Anordnung von Emitterspitzen sollten die Spitzen hinsichtlich Höhe, Seitenverhältnis, Schärfe sowie allgemeiner Formgebung gleichmäßig ausgebildet sein, wobei die Abweichung insbesondere im obersten Bereich nur minimal ist.

**[0014]** Aus der DE 42 32 886 A1 ist ein Verfahren gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1 bekannt, welches im Wesentlichen dem oben beschriebenen Stand der Technik entspricht. Bei diesem bekannten Verfahren wird der Ätzvorgang beendet, nachdem die Hinterschneidung bis zu einem gewissen Maß fortgeschritten ist, also zu einem Zeitpunkt, bei dem die einzelnen Emitterspitzen einer "abgestumpften Nadel" entsprechen. Dann wird ein zusätzlicher Oxidiervorgang oder eine ähnliche Maßnahme durchgeführt, um eine weitere Anspitzung dieser "stumpfen Nadel" zu erreichen. In der genannten Druckschrift sind einzelne Phasen des Verfahrens dargestellt (Fig. 14b, 14c). Am Ende des Ätzvorgangs verbleibt unterhalb der Maske ein Plateau, die Spitze ist also nicht vollständig ausgebildet.

**[0015]** Aus der US 5 266 530 ist ein Elektronenspitzen-Fertigungsverfahren bekannt, bei dem ebenfalls ein Ätzvorgang solange durchgeführt wird, bis unter einem Maskenbereich eine "Spitze" in Form einer stumpfen Nadel entstanden ist. Eine Optimierung dieser stumpfen Nadel lässt sich nach dieser Druckschrift durch eine Folge von Oxidations- und Oxidabstreifzyklen erreichen.

#### Aufgabenstellung

**[0016]** Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung eines Verfahrens, durch welches eine Anordnung von Emitterspitzen erreicht wird, die gleichmäßig insbesondere in ihrem oberen Endbereich ausgebildet sind.

**[0017]** Gelöst wird diese Aufgabe durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale.

**[0018]** Das erfindungsgemäße Verfahren verwendet speziell einen Trockenätzvorgang (der auch als Plasma-ätzvorgang bezeichnet wird) zum Herstellen scharfer Emitterspitzen. Bei einem Plasmaätzvorgang handelt es sich um das selektive Entfernen von Material durch die Verwendung von Ätzgasen. Es handelt sich dabei um einen chemischen Vorgang, der Plasmaenergie zum Vorantreiben der Reaktion verwendet. Diejenigen Faktoren, die die Genauigkeit des Ätzvorgangs steuern, beinhalten die Temperatur des Substrats, die Eintauchzeit, die Zusammensetzung des gasförmigen Ätzmittels, den Druck, die aufgebrachte Hochfrequenzenergie sowie die Konfiguration der Ätzgerätschaften.

**[0019]** Die Maskierschicht wird derart ausgebildet, daß Bereiche des Siliziumsubstrats freiliegen, wobei das Siliziumsubstrat dann zur Bildung der scharfen Emitterspitzen geätzt wird.

**[0020]** Das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich zur Herstellung scharfer Spitzen mit beliebigem Zuschärfungsverhältnis und beliebiger Höhe unter Verwendung eines in einem einzigen Schritt (an Ort und Stelle) oder eines in mehreren Schritten ablaufenden Plasma-Trockenätzvorgangs verwenden.

**[0021]** Die vorliegende Erfindung schafft unter bestimmten Bedingungen ein sehr großes Herstellungsfenster, insbesondere wenn die Spitzen in eine Schicht oder ein Substrat geätzt werden, wobei die Dicke der Schicht bzw. des Substrats während des Spitzenätzvorgangs in den unmaskierten (d. h. spitzenfreien) Bereichen nicht vollständig aufgezehrt wird.

**[0022]** Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel läuft ein Trockenätzvorgang für ca. 2,3 Minuten ab, bis die Maske hinterschnitten und eine scharfe Spitze gebildet ist. Eine Überätzung kann diesen Vorgang ohne beträchtliche Änderung des Erscheinungsbilds der Spitzen fortsetzen. Die Formgebung der Spitzen ist selbstwiederholend, da die Maske dahingehend optimiert worden ist, daß sie relativ zu der Oberseite des zu bildenden Emissionsgebildebereichs in ihrer Position bleibt. Die Spitze wird sowohl vertikal als auch horizontal geätzt, und die Formen sind in ihrem Erscheinungsbild am gleichmäßigsten, wenn die Rate des horizontalen Ätzvorgangs im Bereich eines Faktors von 4 zu der des vertikalen liegt, wobei die gleichmäßigsten Resultate bei einem Verhältnis der vertikalen zu der horizontalen Ätzrate von 2 : 1 erzielt werden.

**[0023]** Im Gegensatz zu den bisherigen Verfahren beinhaltet die vorliegende Erfindung eine Trockenätzung des Scheitels der Spitze bis zur Ausbildung einer vollständigen Spitze sowie eine Weiterführung des Ätzvorgangs zur zusätzlichen Schaffung des bei der Herstellung erforderlichen Prozeßspielraums, und zwar in einer derartigen Weise, daß die Maske als Wippe in einem Gleichgewichtszustand erscheint, in dem sie im wesentlichen perfekt auf dem Scheitel der Spitze ausbalanciert ist.

**[0024]** Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel handelt es sich bei dem Material, aus dem die Spitzen gebildet werden, um ein Substrat aus p-leitendem 1-0-0 einkristallinem Silizium von 14-21 Ohm-cm. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel besitzt die Maske eine kreisförmige Gestalt und ist gebildet aus 0,1 µm dickem thermischen Siliziumdioxid mit einem Durchmesser von 1 µm. Im Gegensatz zu den Verfahren des Standes der Technik kann die Maske derartige Abmessungen aufweisen und aus derartigen Materialien bestehen, daß ein spezieller Ätzvorgang eines bestimmten Materials mit dieser Maske verwendet werden kann und die Maske an den Spitzen anhaftet und über eine vollständige Hinterschneidung hinaus überätzt werden kann, ohne daß die Spitzenform sowie die gleichmäßige Ausbildung derselben nachteilig beeinflusst werden.

**[0025]** Es wird angenommen, daß sich dieser Vorteil als Ergebnis der Anziehungskräfte zwischen der Maske und den Spitzen ergibt, wie z. B. den van-der-Waalsschen Kräften sowie elektrostatischen und elektrochemischen Kräften.

**[0026]** Es wurden Versuche mit einer Reihe verschiedener Masken mit unterschiedlichen Zusammensetzungen und Abmessungen in Kombination mit den in der nachfolgend enthaltenen Tabelle 1 angegebenen Ätzbedingungen durchgeführt, wobei es sich bei dem Spitzenmaterial um p-leitendes 1-0-0 einkristallines Silizium von 14-21 Ohm-cm handelte. Die aus einer Stapelanordnung gebildete Maske aus einer Schicht von 1 µm dickem HPR-6512-Photoresist (Hand-Photoresist) und 0,1 µm dickem thermischem Siliziumdioxid hat sich zur Verwendung bei der vorliegenden Erfindung als unzufriedenstellend erwiesen. Sie wurde während des Ätzvorgangs von den Spitzen verlagert, wodurch sich schlecht ausgebildete Spitzen ergaben. Es wird angenommen, daß dieser Effekt durch die Masse der Ätzmaske beeinflusst wird.

**[0027]** Andere Masken, die sich zur Verwendung bei der vorliegenden Erfindung als unzufriedenstellend erwiesen haben, beinhalten eine Oxidmaske von 0,4 µm sowie eine ausschließlich aus HPR-6512-Photoresist gebildete Maske von 1 µm.

**[0028]** Eine Maske mit 0,1 µm dickem thermischem Oxid hat jedoch sehr gute Resultate bei der vorliegenden Erfindung gezeigt, wobei dies auch für eine Maske aus 0,05 µm dickem thermischem Oxid gilt.

**[0029]** Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß es die Herstellung von Spitzen ermöglicht, die eine gleichmäßigere Verteilung der Spitzenabmessungen aufweisen. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß es die Bildung einer guten Verteilung extrem scharfer Spitzen ermöglicht, die durch weitere Bearbeitung verbessert werden können, jedoch zur Erfüllung ihrer Funktion durch bloßes Ätzen als Spitzenausbildung ausgelegt sind. Noch ein weiterer Vorteil besteht darin, daß ein Verfahren zum Überätzen mittels eines Trockenätzvorgangs ohne wesentliche Beeinträchtigung der gewünschten Spitzenform geschaffen wird.

**[0030]** Ein weiterer Gesichtspunkt des erfindungsgemäßen Verfahrens beinhaltet die Bildung einer im wesentlichen gleichmäßigen Anordnung atomar scharfer Spitzen durch anhaltendes Ätzen eines maskierten Substrats bis im wesentlichen jede Spitze der Anordnung eine im wesentlichen gleichmäßige Form besitzt, sowie anschließendes Entfernen der Maske.

**[0031]** Noch ein weiterer Gesichtspunkt der Erfindung beinhaltet ein Verfahren zum Ätzen einer Anordnung scharfer Spitzen in einer derartigen Weise, daß die Spitzen im wesentlichen dieselbe Höhe und Form aufweisen, und zwar durch folgende Schritte: Maskieren eines Substrats, selektives Entfernen von Bereichen des Substrats unter Bildung einer Anordnung von Spitzen sowie Entfernen der Maske, wenn ein beträchtlicher Großteil der Spitzen einer auf einem Schwenkpunkt gelagerten geometrischen Ebene ähnelt.

**[0032]** Wenn eine Spitze scharf wird, wird der Ätzzvorgang noch für eine Zeitdauer fortgesetzt, wobei die Maske der Spitze nach unten "folgt", wenn kleine Materialmengen genau von dem Scheitel der Spitze entfernt werden, während sich der Ätzzvorgang bis zu einer vollständigen Hinterschneidung der Maske fortsetzt. Sobald eine Emitterspitze auf einen spitzen Punkt geätzt ist, sind ihre Abmessungen somit festgelegt. Der Ätzzvorgang wird an allen Spitzen auf einem Substrat fortgeführt, bis die Spitzen scharf sind, wobei die Spitzen an diesem Punkt im wesentlichen dieselbe Höhe, dasselbe Seitenverhältnis und dieselbe scharfe Ausbildung aufweisen.

**[0033]** Es kann eine Oxidation der Spitzen verwendet werden, um mit niedrigeren elektrischen Feldern schärfere Emitter zu schaffen, die zur Erzeugung einer Emission erforderlich sind, wobei die Oxidationsschärfung mittels des Spitzenätzvorgangs der vorliegenden Erfindung besser gesteuert und ihre Vorteile wirksamer ausgenutzt werden können, da die Spitzengeometrie aufrechterhalten wird anstatt geändert zu werden.

**[0034]** Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

#### Ausführungsbeispiel

**[0035]** Die Erfindung und Weiterbildungen der Erfindung werden im folgenden anhand der zeichnerischen Darstellungen eines Ausführungsbeispiels noch näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

**[0036]** [Fig. 1](#) eine schematische Querschnittsansicht eines maskierten Substrats beim Ätzen einer Anordnung von Spitzen gemäß dem Verfahren der vorliegenden Erfindung;

**[0037]** [Fig. 2](#) eine Querschnittsansicht eines Bildelements einer Flachschirmanzeige mit Kathodenemitterspitzen, die durch das erfindungsgemäße Verfahren hergestellt sind;

**[0038]** [Fig. 3](#) eine schematische Querschnittsansicht eines Substrats, auf das eine Maskierschicht und eine in ein Muster gebrachte Photoresistschicht gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren aufgebracht bzw. durch Aufwachsen gebildet sind;

**[0039]** [Fig. 4](#) eine schematische Querschnittsansicht des Substrats der [Fig. 3](#) nach dem selektiven Entfernen der Maskierschicht durch einen Plasma-Trockenätzvorgang gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren;

**[0040]** [Fig. 5](#) eine schematische Querschnittsansicht des Gebildes der [Fig. 4](#) während des Ätzzvorgangs der vorliegenden Erfindung;

**[0041]** [Fig. 6](#) eine schematische Querschnittsansicht des Gebildes der [Fig. 1](#) während des Ablaufs des erfindungsgemäßen Ätzzvorgangs, wobei dargestellt ist, daß die Spitzen im wesentlichen gleichmäßig werden, während die Maske in Position gebracht ist;

**[0042]** [Fig. 7](#) eine schematische Querschnittsansicht des Gebildes der [Fig. 6](#), unter Darstellung der scharfen Kathodenspitzen nach Beendigung des Ätzzvorgangs und Entfernen der Maskierschicht; und

**[0043]** [Fig. 8](#) eine schematische Querschnittsansicht einer fehlerhaft ausgebildeten Konstruktion, die sich ergeben würde, wenn die Maskierschicht während des Ätzzvorgangs von den Spitzen verlagert wird.

**[0044]** In [Fig. 2](#) ist eine repräsentative Feldemissionsanzeige dargestellt, die ein Anzeigesegment **22** verwendet. Jedes Anzeigesegment **22** ist dazu ausgelegt, ein Informations-Bildelement (Pixel) oder einen Teil eines Bildelements darzustellen, wie z. B. einen grünen Punkt eines Vollfarben-Triadenpixels aus Rot/Grün/Blau. Vorzugsweise dient eine einkristalline Siliziumschicht als Substrat **11**. Alternativ hierzu kann amorphes Silizium verwendet werden, das auf ein darunterliegendes Substrat aufgebracht ist, das größtenteils aus Glas oder einer anderen Kombination besteht, und zwar unter der Voraussetzung, daß ein zum Leiten elektrischen Stroms ausgelegtes Material auf der Oberfläche des Substrats vorhanden ist, so daß sich dieses in ein Muster bringen bzw. strukturieren und zur Bildung von Mikro-Kathoden **13** ätzen läßt.

**[0045]** An einer Feldemissionsstelle ist eine Mikro-Kathode **13** oben auf dem Substrat **11** ausgebildet worden. Bei der Mikro-Kathode **13** handelt es sich um eine Erhebung, die eine Vielzahl von Formen aufweisen kann und z. B. nach Art einer Pyramide, konisch oder mit einer anderen Geometrie ausgebildet sein kann, die eine feine Mikrospitze für die Emission von Elektronen aufweist. Die Mikro-Kathode **13** umgebend ist eine Gitterstruktur **15** vorgesehen. Wenn eine Spannungsdifferenz durch eine Quelle **20** zwischen der Kathode **13** und dem Gitter **15** angelegt wird, wird ein Elektronenstrom **17** in Richtung auf einen mit Leuchtstoff beschichteten Bildschirm **16** emittiert. Der Bildschirm **16** bildet eine Anode.

**[0046]** Die Elektronenemissionsspitze **13** ist mit dem Substrat **11** integral ausgebildet und dient als Kathode. Das als Gitterkonstruktion ausgebildete Gate **15** dient zum Anlegen eines elektrischen Feldpotentials an seine jeweilige Kathode **13**.

**[0047]** Eine dielektrische Isolierschicht **14** wird auf der leitfähigen Kathode **13** aufgebracht, wobei die Kathode **13** aus dem Substrat oder aus einer oder aus mehreren aufgetragenen leitfähigen Schichten, wie einer Doppelschicht aus Chrom und amorphem Silizium, gebildet werden kann. Weiterhin besitzt die Isolierschicht **14** eine Öffnung an der Feldemissionsstelle.

**[0048]** Zwischen der Frontplatte **16** und der Basisplatte **21** befinden sich Abstandshaltergebilde **18**, die die Funktion haben, dem Atmosphärendruck standzuhalten, der auf die Elektroden-Frontplatte **16** als Ergebnis des Vakuums einwirkt, das zwischen der Basisplatte **21** und der Frontplatte **16** für ein korrektes Funktionieren der Emitterspitzen **13** geschaffen ist.

**[0049]** Die Basisplatte **21** gemäß der Erfindung umfaßt eine Anordnung von Kaltkathoden-Emissionsgebilden **13** mit adressierbarer Matrix, das Substrat **11**, auf dem die Emissionsgebilde **13** gebildet sind, die Isolierschicht **14** und das Anodengitter **15**.

**[0050]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ermöglichen die Maskenabmessungen, die Zusammensetzung der Gase und die Parameter bei dem Plasmaätzvorgang dem Hersteller eine genaue Steuerung der Abmessungen der Spitzen **13**. Die Zusammensetzung und die Abmessungen der Maske führen zu der Fähigkeit der Maske **30** siehe [Fig. 1](#), am Scheitel der Emitterspitze **13** ausbalanciert zu bleiben sowie während der Überätzung der Spitze **13** auf dem Scheitel der Spitze **13** zentriert zu bleiben. Der Begriff "Überätzung" bezieht sich auf die Zeitdauer, in der der Ätzvorgang fortgesetzt wird, nachdem eine im wesentlichen vollständige Hinterschneidung erzielt worden ist. Der Begriff "vollständige Hinterschneidung" bezieht sich auf den Punkt, bei dem die seitliche Materialentfernung der ursprünglichen Abmessung der Maske **30** in seitlicher Richtung entspricht.

**[0051]** [Fig. 3](#) zeigt das Substrat **11**, bei dem es sich um amorphes Silizium über Glas, um Polysilizium oder irgendein anderes Material handeln kann, aus dem sich die Emitterspitzen **13** herstellen lassen. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird von Spitzen **13** gesprochen, doch es ist auch möglich, eine Mikrobearbeitung von scharfen Kanten durch das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen. Die scharfen Kanten dienen dann alternativ als Emitter bei Feldemissionsvorrichtungen.

**[0052]** Die vorliegende Erfindung verwendet ein Substrat **11**, das bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel einkristallines Silizium umfaßt. Ein aufgetragenes Material, wie z. B. Polysilizium, amorphes Silizium, Kohlenstoff, ein anderes Metall oder ein anderes geeignetes Material kann jedoch auch als Substratmaterial verwendet werden. Typischerweise handelt es sich dabei um Halbleiter-Wafer, obwohl auch andere Materialien, wie z. B. Silizium auf Saphir (SOS), verwendet werden können. Der Begriff "Wafer" soll sich daher auf das Substrat **11** beziehen, auf dem die Emitterspitzen **13** gemäß der Erfindung gebildet werden.

**[0053]** Auf das Substrat **11** wird eine Maskierschicht **30** aufgebracht oder durch Aufwachsen gebildet. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine 0,1 µm dicke Schicht aus Siliziumdioxid **30** auf dem Wafer gebildet, wobei diese Schicht als Maskierschicht **30** dient. Die Spitzengeometrien und Abmessungen sowie die Konditionen für den Ätzvorgang variieren in Abhängigkeit von der Art des für die Bildung der Spitzen **13** verwendeten Materials, da die speziellen elektrochemischen, elektrostatischen und van-der-Waalschen Kräfte sowie die interaktiven Oberflächenkräfte in Abhängigkeit von dem Material variieren.

**[0054]** Die Maskierschicht **30** kann aus irgendeinem geeigneten Material gebildet werden, und zwar derart, daß ihre Dicke ausreichend groß ist, um zu vermeiden, daß sie während des Ätzvorgangs vollständig aufgezehrt wird, jedoch wiederum nicht so dick ist, daß die Haftkräfte überwunden werden, die sie während des gesamten Ätzvorgangs in der korrekten Position in bezug auf die Spitzen **13** halten.

[0055] Eine Photoresistschicht **32** oder ein anderes schützendes Element wird auf der Maskierschicht **30** in ein Muster gebracht, falls das gewünschte Maskiermaterial sich nicht direkt in ein Muster bringen oder aufbringen läßt. Wenn die Photoresistschicht **32** in ein Muster gebracht bzw. strukturiert wird, handelt es sich bei den am meisten bevorzugten Formen um Punkte oder Kreise.

[0056] Es ist ins Auge gefaßt, daß zukünftige Ausführungsformen die Verwendung des Photoresist **32** als eigentliche Maske **30** beinhalten, wobei das Photoresist optimierte Eigenschaften und Abmessungen besitzt, welche ermöglichen, daß die Maske **32** nach der Erzielung einer vollständigen Hinterschneidung an der Spitze **13** ausbalanciert bzw. im Gleichgewicht bleibt.

[0057] Der nächste Schritt bei dem Verfahren ist die selektive Entfernung der Maske **30** in den Bereichen, die nicht durch das Photoresistmuster **32** bedeckt sind, wie dies in [Fig. 4](#) zu sehen ist. Die selektive Entfernung der Maske **30** erfolgt vorzugsweise durch einen chemischen Naßätzvorgang. Bei einer Siliziumdioxidmaske **30** kann eine wäßrige HF-Lösung verwendet werden, jedoch kann auch irgendeine andere, in der Industrie bekannte, geeignete Technik verwendet werden, wie z. B. auch ein physikalischer Entfernungsvorgang oder ein Plasma verwendender Entfernungsvorgang.

[0058] Bei einem Plasmaätzverfahren beinhalten die typischen zum Ätzen von Siliziumdioxid verwendeten Ätzmittel Chlor und Fluor, und typische Gaszusammensetzungen beinhalten  $\text{CF}_4$ ,  $\text{CHF}_3$ ,  $\text{C}_2\text{F}_6$  und  $\text{C}_3\text{F}_8$ , wobei auch andere Materialien und Gase möglich sind. Fluor mit Sauerstoff kann ebenfalls zur Ausführung des Ätzschrittes der Oxidmaske verwendet werden. In unseren Experimenten wurden  $\text{CF}_4$ ,  $\text{CHF}_3$  und Argon verwendet. Die Ätzgase sind gegenüber Silizium selektiv, und die Ätzrate von Oxid ist in der Technik bekannt, so daß sich der Endpunkt des Ätzschrittes berechnen läßt.

[0059] Alternativ hierzu kann auch ein Oxid-Naßätzvorgang unter Verwendung üblicher Oxidätzchemikalien durchgeführt werden.

[0060] In diesem Stadium wird die Photoresistschicht **32** entfernt. [Fig. 4](#) zeigt die Maskenkonstruktion **30** vor dem Siliziumätzschritt.

[0061] Ein Plasmaätzvorgang mit Selektivität gegenüber der Ätzmaske **30** wird zur Bildung der Spitze verwendet, wobei im Fall von Silizium vorzugsweise ein Plasma verwendet wird, das ein fluoriertes Gas, wie z. B.  $\text{SF}_6$ ,  $\text{NF}_3$  oder  $\text{CF}_4$  in Kombination mit einem chlorierten Gas, wie z. B.  $\text{HCl}$  oder  $\text{Cl}_2$  verwendet. In am meisten bevorzugter Weise umfaßt das Plasma eine Kombination aus  $\text{SF}_6$  und  $\text{Cl}_2$  mit einem Zusatzstoff, wie z. B. Helium.

[0062] Der Ätzvorgang dauert an, bis alle Spitzen **13** auf einem Wafer die Maske **32** vollständig hinterschnitten haben, wie dies in den [Fig. 1](#), [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) zu sehen ist. Es wird dabei angenommen, daß van-der-Waals-Kräfte, elektrostatische und elektrochemische Anziehung und/oder Oberflächenanziehungskräfte eine Rolle bei der Befestigung der Maske in Position während des anhaltenden Ätzvorgangs spielen.

[0063] Im folgenden sind die Bereiche von Parametern für das in der vorliegenden Anmeldung beschriebene Verfahren angegeben. Diese beinhalten einen Bereich von Werten, der während der Charakterisierung des Verfahrens untersucht wurde, sowie einen Bereich von Werten, der die besten Ergebnisse für Spitzen **13** ergab, die von  $0,70\ \mu\text{m}$  bis  $1,75\ \mu\text{m}$  hoch waren und deren Maße an der Basis  $1\ \mu\text{m}$  bis  $1,5\ \mu\text{m}$  betragen. Für den Durchschnittsfachmann ist hierbei erkennbar, daß sich die Werte zur Erzielung von Spitzen mit anderen Höhen- und Breitenabmessungen variieren lassen.

TABELLE 1

<i>Parameter</i>	<i>untersuchter Bereich</i>	<i>bevorzugter Bereich</i>
Cl <sub>2</sub>	9 - 20 cm <sup>3</sup> /min	8 - 12 cm <sup>3</sup> /min
SF <sub>6</sub>	5 - 55 cm <sup>3</sup> /min	45 - 55 cm <sup>3</sup> /min
He	35 - 65 cm <sup>3</sup> /min	40 - 60 cm <sup>3</sup> /min
O <sub>2</sub>	0 - 20 cm <sup>3</sup> /min	0 cm <sup>3</sup> /min
Leistung	50 - 250 W	100 - 200 W
Druck	0,133 - 1,064 mbar	0,500 - 0,665 mbar
Elektroden- beab- standung	1,0 - 2,5 cm	1,8 - 2,0 cm
Zeit	1 - 5,5 min	2 - 3 min

**[0064]** In obiger Tabelle gelten die mit der Einheit cm<sup>3</sup>/min versehenen Werte jeweils bei Standardbedingungen, d. h. Raumtemperatur und normalem Druck.

**[0065]** Die Versuche wurden auf einer Lam-490-Ätzvorrichtung mit gesteigerter Kühlung durchgeführt. Die untere Elektrode wurde im wesentlichen im Bereich von 21°C gehalten. Es wird jedoch angenommen, daß eine Lam-480 oder Lam-490-Ätzvorrichtung ohne gesteigerte Kühlung ebenfalls in den angegebenen Bereichen arbeiten würde.

**[0066]** Das primäre Mittel zum Steuern des Verhältnisses von Höhe zu Breite der durch das erfindungsgemäße Verfahren gebildeten Spitzen **13** besteht in der Kombination der zugeführten Gase, der Leistung sowie des Drucks während des Plasmaätzvorgangs der Spitzen **13**.

**[0067]** Die Fähigkeit zum Fortsetzen des Ätzvorgangs bis zu dessen Ende (d. h. über eine vollständige Hinterschneidung hinaus) mit minimalen Veränderungen hinsichtlich der funktionsgemäßen Formgebung innerhalb der Zeitdauer, zwischen der die erste Spitze **13** bis zu der letzten Spitze **13** scharf wird, schafft ein Verfahren, bei dem alle Spitzen in einem Feld im wesentlichen identische Eigenschaften aufweisen. Spitzen mit gleichmäßiger Höhe und Schärfe werden durch sorgfältige Auswahl des Materials, der Größe und der Dicke der Maske **30** erzielt.

**[0068]** Nachdem die Anordnung bzw. das Feld der Emitterspitzen **13** hergestellt worden ist und die erwünschten Abmessungen erzielt worden sind, läßt sich die Oxidmaskenschicht **30** entfernen, wie dies in [Fig. 7](#) gezeigt ist. Die Maskierschicht **30** läßt sich durch ein beliebiges der in der Technik allgemein bekannten Verfahren verwenden, z. B. durch einen Naßätzvorgang, der eine Fluorwasserstoffsäurenlösung (HF-Lösung) oder eine andere Mischung verwendet, die HF enthält.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Bilden einer im wesentlichen gleichmäßigen Anordnung scharfer Emitterspitzen (**13**), umfassend folgende Schritte:

Maskieren eines Substrats (**11**);

Ätzen des maskierten Substrats (**11**) zur Bildung einer Anordnung scharfer Spitzen (**13**), und

Entfernen der Maske (**30**);

**dadurch gekennzeichnet**, daß der Ätzvorgang so lange andauert, bis die Spitzen (**13**) der Anordnung nach einer vollständigen Hinterschneidung im wesentlichen gleichmäßig scharf geworden sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Plasmaätzen des Substrats (**11**).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Substrat (**11**) aus amorphem Silizium und/oder einkristallinem Silizium verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Maske (**30**) als eine Anordnung von Kreisen ausgebildet wird, die einen Durchmesser etwa im Bereich von 1 µm aufweisen.
5. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei dem Ätzvorgang ein Fluorkohlenwasserstoff und ein Inertgas verwendet werden.
6. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Bilden von Siliziumdioxid auf dem Substrat vor dem Maskieren, wobei das Siliziumdioxid eine Tiefe im Bereich von etwa 0,1 µm aufweist.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Maskiervorgang die Aufbringung einer Resistschicht (**32**) auf dem Siliziumdioxid (**30**) beinhaltet.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

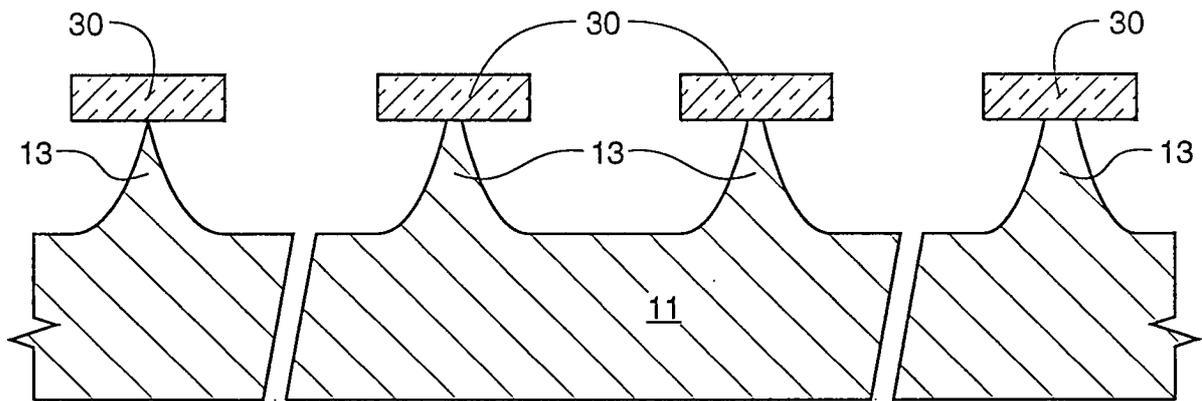


FIG. 1

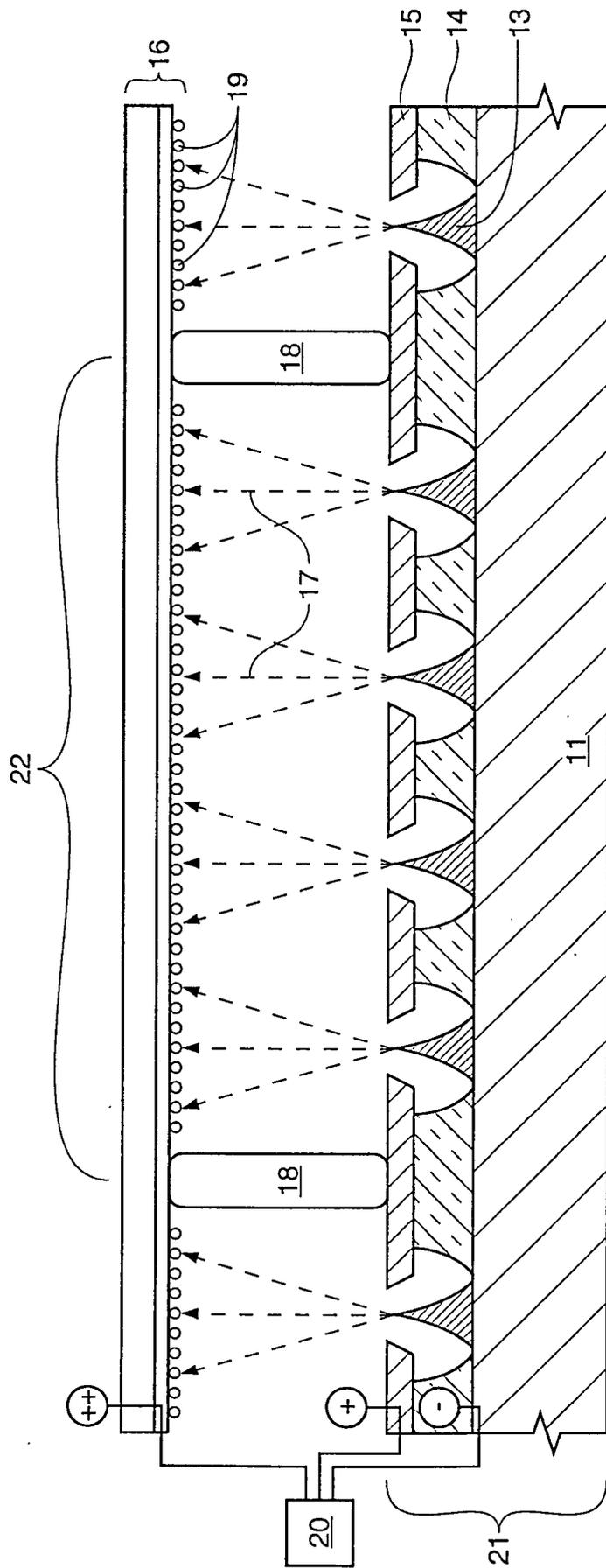


FIG. 2

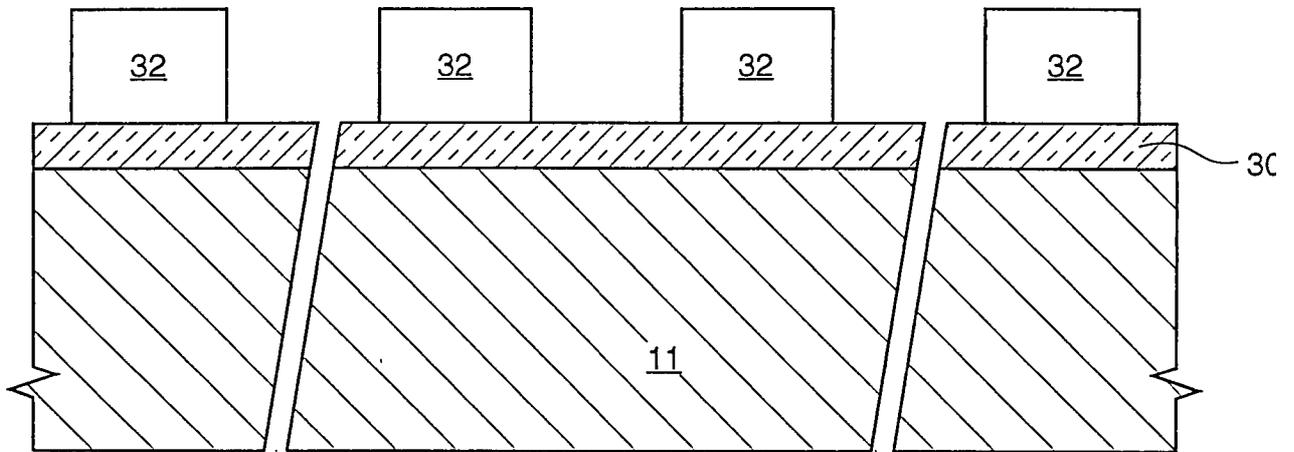


FIG. 3

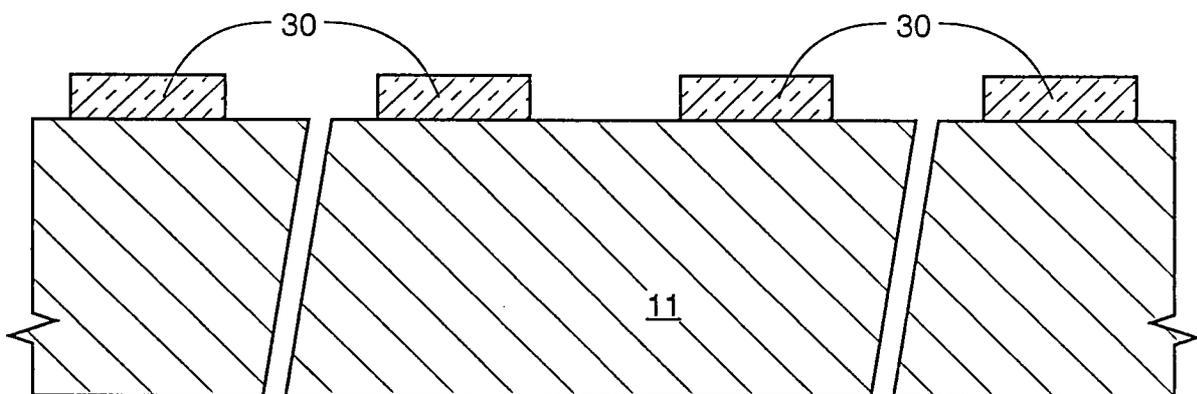


FIG. 4

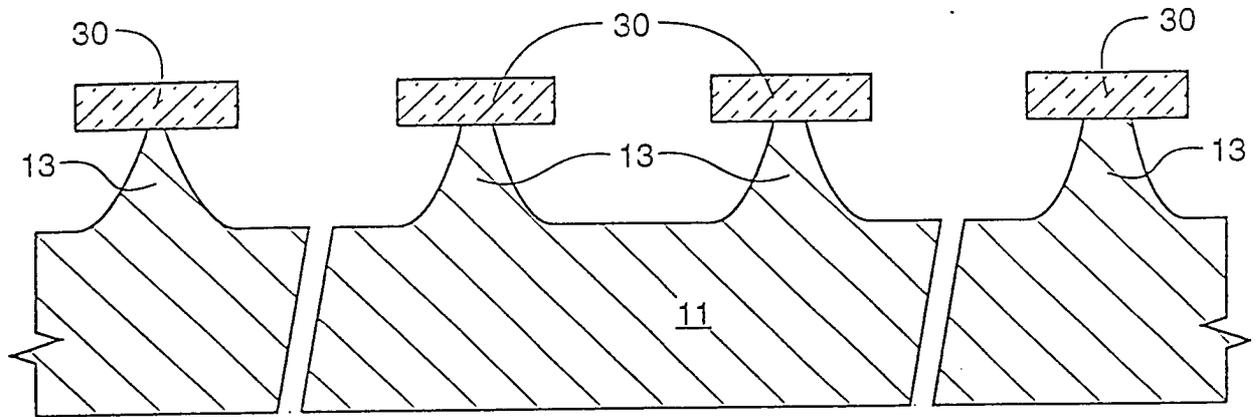


FIG. 5

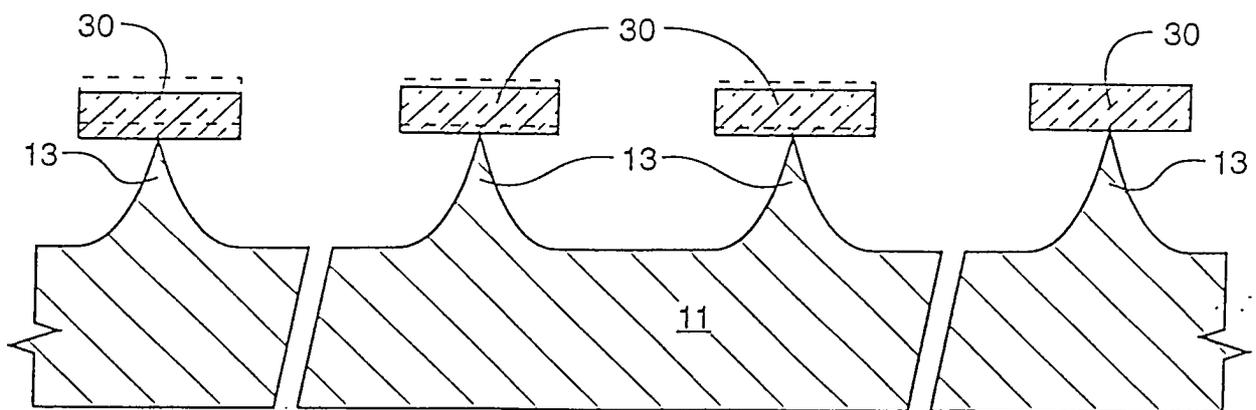


FIG. 6

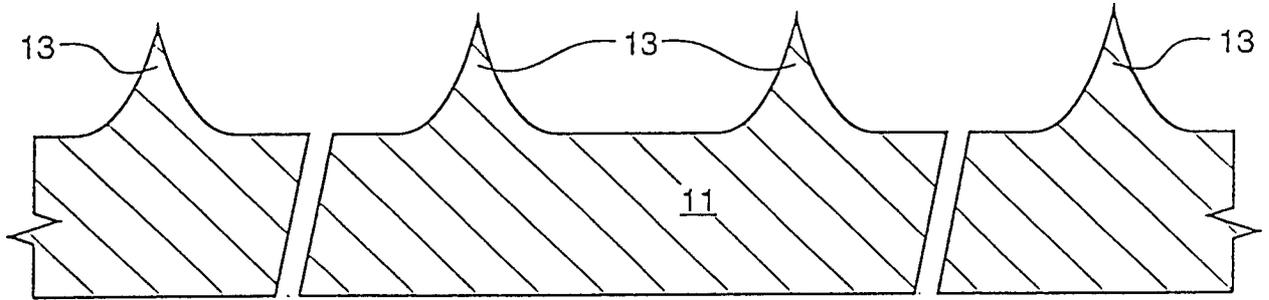


FIG. 7

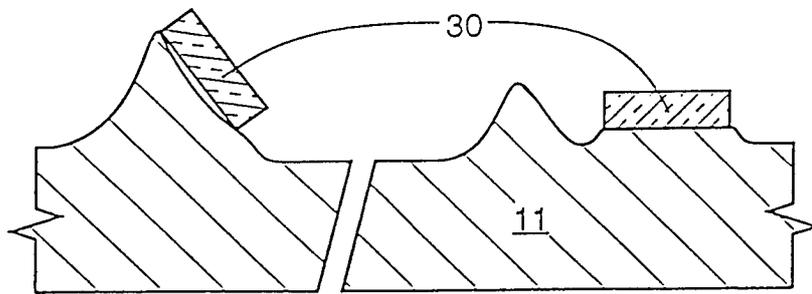


FIG. 8