



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 046 956 A1** 2009.04.02

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 046 956.1**

(22) Anmeldetag: **01.10.2007**

(43) Offenlegungstag: **02.04.2009**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01L 27/24** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**11/857,703 19.09.2007 US**

(71) Anmelder:

**Altis Semiconductor SNC, Corbeil Essonnes, FR;  
Qimonda AG, 81739 München, DE**

(74) Vertreter:

**Viering, Jentschura & Partner, 81675 München**

(72) Erfinder:

**Klostermann, Ulrich, Dr., Fontainebleau, FR; Lee,  
Gill Yong, Boissise-le-Roi, FR**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

**DE10 2005 040557 A1**

**DE10 2005 001253 A1**

**DE10 2004 059428 A1**

**US 63 48 365 B1**

**US2006/01 66 430 A1**

**US2006/01 39 983 A1**

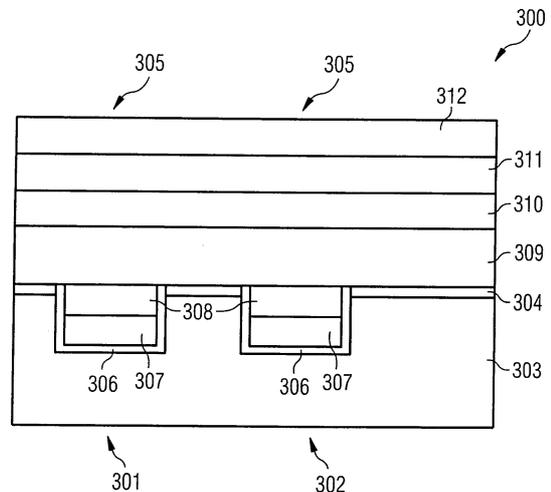
**US2006/00 94 236 A1**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Integrierte Schaltkreise; Verfahren zum Herstellen eines integrierten Schaltkreises und Speichermodul**

(57) Zusammenfassung: Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung betreffen im Allgemeinen integrierte Schaltkreise, Verfahren zum Herstellen eines integrierten Schaltkreises und ein Speichermodul. In einer Ausführungsform der Erfindung wird ein integrierter Schaltkreis mit einer programmierbaren Anordnung bereitgestellt. Die programmierbare Anordnung weist auf: ein Substrat, mindestens eine erste Elektrode, die in oder über dem Substrat angeordnet ist, Ionenleiter-Dotier-Material, das über der mindestens einen ersten Elektrode angeordnet ist, Ionenleiter-Material, das über dem Ionenleiter-Dotier-Material angeordnet ist, und mindestens eine zweite Elektrode, die über dem Ionenleiter-Material angeordnet ist.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen integrierten Schaltkreis mit einer programmierbaren Anordnung, ein Verfahren zum Herstellen eines integrierten Schaltkreises mit einer programmierbaren Anordnung und ein Speichermodul.

**[0002]** [Fig. 1](#) zeigt eine herkömmliche programmierbare Anordnung **100**, in der ein Oberflächenbereich eines Dielektrikums **101** in ein aus einem Dielektrikum hergestelltes Substrat **101** gemäß einem Damaszener-Verfahren strukturiert wird, so dass Gräben gebildet werden. Eine Diffusionsbarrierschicht **102** ist auf der oberen Oberfläche des Substrats **101** und den Seitenwänden des Grabens und dem Boden des Grabens aufgebracht. Die Diffusionsbarrierschicht **102** ist auf den Seitenwänden und dem Boden der zu bildenden ersten Elektroden **103** angeordnet. Lateral zwischen den ersten zu bildenden Elektroden **103** und die Abschnitte der Diffusionsbarrierschicht **102** elektrisch isolierend ist auf der oberen Oberfläche des Substrats, die frei von dem Material der Diffusionsbarrierschicht **102** ist, eine Isolierschicht **107**, zum Beispiel aus Silizium-Nitrid, vorgesehen. Eine Vielzahl von ersten Elektroden **103**, die aus Wolfram oder Nickel hergestellt sind, sind nebeneinander angeordnet und auf die Diffusionsbarrierschicht **102** aufgebracht, die optional einen Barriere-Liner zwischen der Diffusionsbarrierschicht **102** und der jeweiligen ersten Elektrode **103** aufweist. Eine ionenleitende Schicht wird auf die planarisierte Oberfläche der ersten Elektrode **103** und die freigelegte Diffusionsbarrierschicht **102** in Form einer isolierenden Matrix **104** aufgebracht, die üblicherweise aus Germanium-Sulfid (GeS) oder Germanium-Selenid (GeSe) hergestellt ist. Die isolierende Matrix **104** wird auch als erste funktionale Schicht **104** bezeichnet. Eine zweite funktionale Schicht **105**, die üblicherweise aus Silber hergestellt ist, wird auf die erste funktionale Schicht **104** aufgebracht, und anschließend wird eine Abdeck-Schicht **106** auf die zweite funktionale Schicht **105** aufgebracht.

**[0003]** Silber wird mittels Foto-Dissolution oder anders ausgedrückt unter Einstrahlung von UV-Licht mit einer Wellenlänge von beispielsweise ungefähr 500 nm oder mittels einer entsprechenden Temperaturbehandlung (beispielsweise eines Temperschrittes) der programmierbaren Anordnung **100** von der zweiten funktionalen Schicht **105** in die erste funktionale Schicht **104** eingetrieben. Das in die erste funktionale Schicht eingeführte Silber bildet anschaulich elektrisch leitfähige Bereiche in der elektrisch isolierenden Matrix aus Germanium-Sulfid oder Germanium-Selenid. Die Abdeck-Schicht **106** schützt die funktionalen Schichten **104** und **105** während des Foto-Dissolutions-Vorgangs.

**[0004]** Metall-Dendriten **202** werden zwischen einer

oberen Elektrode **201**, die auf die funktionalen Schichten **104**, **105** nach dem Entfernen der Abdeck-Schicht **106** (siehe programmierbare Anordnung **200** in [Fig. 2](#)) aufgebracht wird, und einer jeweiligen ersten Elektrode **103** durch Anlegen einer jeweiligen elektrischen Spannung zwischen der oberen Elektrode **201** und einer jeweiligen ersten Elektrode **103** aufgrund eines Reduktions-/Oxidierungs-Prozesses gebildet, welcher zwischen den Materialien der ersten funktionalen Schicht **104** und der zweiten funktionalen Schicht **105** und gegebenenfalls der oberen Elektrode **201** auftritt. Die obere Elektrode **201** ist üblicherweise aus einem relativ leicht oxidierbaren Material, zum Beispiel aus Silber.

**[0005]** Wenn der Dendrit **202** zwischen der oberen Elektrode **201** und einer jeweiligen ersten Elektrode **103** gebildet ist, ändert sich der elektrische Widerstand eines elektrischen Teils zwischen der jeweiligen ersten Elektrode **103** und der oberen Elektrode **201**, die im Folgenden als zweite Elektrode **201** bezeichnet wird.

**[0006]** Um eine maximal hohe Anzahl von ersten Elektroden **103** in der programmierbaren Anordnung **200**, zum Beispiel in einem Speicher-Array anzuordnen ist es wünschenswert, die laterale Auflösung, mit anderen Worten den Abstand zwischen den ersten Elektroden **103**, so weit wie möglich zu verringern.

**[0007]** Je geringer der Abstand zwischen den ersten Elektroden **103** ist, desto größer wird die Gefahr eines Nebensprech-Effektes, anschaulich die Gefahr, dass, obwohl es erwünscht ist, einen Dendriten **202** zwischen einer ersten Elektrode **103** und der zweiten Elektrode **201** zu bilden, ein Dendrit zwischen einer benachbarten anderen ersten Elektrode **103** und der zweiten Elektrode **201** gebildet wird. Dies kann zu der Bildung von Nebensprech-Dendriten **203** an einer nicht zu programmierenden Elektrode während des Programmierens einer anderen ersten Elektrode **103** aufgrund von elektromagnetischen Randeffekten und den dadurch beeinflussten überlappenden elektromagnetischen Feldern führen.

**[0008]** Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung kann ein integrierter Schaltkreis mit einer programmierbaren Anordnung vorgesehen sein, wobei die programmierbare Anordnung aufweist: ein Substrat, mindestens eine erste Elektrode, die in oder über dem Substrat angeordnet ist, Ionenleiter-Dotier-Material, das über der mindestens einen ersten Elektrode angeordnet ist, Ionenleiter-Material, das über dem Ionenleiter-Dotier-Material angeordnet ist, und mindestens eine zweite Elektrode, die über dem Ionenleiter-Material angeordnet ist.

**[0009]** Es kann vorgesehen sein, dass das Ionenleiter-Dotier-Material elektrisch mit der mindestens einen ersten Elektrode gekoppelt ist.

**[0010]** Ferner kann vorgesehen sein, dass das Ionenleiter-Dotier-Material ein Material ist, das aus einer Gruppe von Materialien ausgewählt ist, bestehend aus Silber, Kupfer, Wolfram, Titan, Nickel, Aluminium oder einer Kombination dieser Materialien.

**[0011]** Der integrierte Schaltkreis kann mindestens eine Diffusionsbarriereschicht zwischen dem Substrat und der mindestens einen ersten Elektrode aufweisen.

**[0012]** Es kann vorgesehen sein, dass die mindestens eine erste Elektrode in einem Graben angeordnet ist, der in dem Substrat gebildet ist.

**[0013]** Ferner kann der integrierte Schaltkreis mindestens eine Zwischenschicht zwischen der Hauptprozessierungsfläche des Substrats und dem Ionenleiter-Material aufweisen.

**[0014]** Die mindestens eine Zwischenschicht kann eine Ätzstopp-Schicht sein.

**[0015]** Es kann vorgesehen sein, dass die mindestens eine Zwischenschicht eine Diffusionsbarriereschicht ist.

**[0016]** Es kann weiterhin vorgesehen sein, dass das Ionenleiter-Dotier-Material selektiv auf der oberen Oberfläche der mindestens einen ersten Elektrode abgeschieden wird.

**[0017]** Die mindestens eine erste Elektrode kann eine Höhe aufweisen, die kleiner als der Graben ist, in dem die erste Elektrode gebildet wird.

**[0018]** Es kann vorgesehen sein, dass der Grabenbereich über der mindestens einen ersten Elektrode zumindest teilweise mit Ionenleiter-Dotier-Material gefüllt ist.

**[0019]** Es kann ferner vorgesehen sein, dass das Ionenleiter-Material aus Chalkogenid-Material oder einem Material hergestellt ist, das aus einer Gruppe von Materialien ausgewählt ist, bestehend aus: Cd-Se, ZnCdS, CuO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, NiO, CoO, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, WO<sub>2</sub>, Al:ZnO<sub>x</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cu:MoO<sub>x</sub>, SrTiO<sub>x</sub>, Nb<sub>2</sub>O<sub>5-x</sub>, Pr<sub>1-x</sub>Ca<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub>, Cr:SrZrO<sub>3</sub>, Nb:SrTiO<sub>3</sub>.

**[0020]** Das Ionenleiter-Material kann aus Chalkogenid-Material sein, das Metallionen aufweist.

**[0021]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann ein integrierter Schaltkreis vorgesehen sein, der eine programmierbare Anordnung aufweist, wobei die programmierbare Anordnung aufweist: ein Substrat, mindestens eine erste Elektrode, die in oder über dem Substrat angeordnet ist, eine Ionenleiter-Dotier-Material-Schicht, die über der mindestens einen ersten Elektrode angeordnet ist, eine

Ionenleiter-Material-Matrix, die aus Chalkogenid-Material hergestellt ist, die über dem Ionenleiter-Dotier-Material angeordnet ist, und mindestens eine zweite Elektrode, die über der Ionenleiter-Material-Matrix angeordnet ist.

**[0022]** Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann ein Verfahren zum Herstellen eines integrierten Schaltkreises mit einer programmierbaren Anordnung vorgesehen sein, wobei das Verfahren aufweist: Abscheiden von Ionenleiter-Dotier-Material auf oder über mindestens einer ersten Elektrode, die in oder über einem Substrat angeordnet ist, Abscheiden von Ionenleiter-Material auf oder über dem Ionenleiter-Dotier-Material und Bilden von mindestens einer zweiten Elektrode auf oder über dem Ionenleiter-Material.

**[0023]** Das Verfahren kann das Bilden der mindestens einen ersten Elektrode in, auf oder über dem Substrat aufweisen.

**[0024]** Das Verfahren kann ferner das Bilden eines Grabens in dem Substrat und das Bilden der mindestens einen ersten Elektrode in dem Graben aufweisen.

**[0025]** Es kann vorgesehen sein, dass das Bilden der mindestens einen ersten Elektrode das Bilden der mindestens einen ersten Elektrode gemäß einem Damaszener-Verfahren aufweist.

**[0026]** Ferner kann vorgesehen sein, dass das Abscheiden von Ionenleiter-Material auf oder über dem Ionenleiter-Dotier-Material ein selektives Abscheiden des Ionenleiter-Materials auf oder über dem Ionenleiter-Dotier-Material aufweist.

**[0027]** Das Abscheiden von Ionenleiter-Material auf oder über dem Ionenleiter-Dotier-Material kann das physikalische Abscheiden des Ionenleiter-Materials auf oder über dem Ionenleiter-Dotier-Material aufweisen.

**[0028]** Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen eines integrierten Schaltkreises mit einer programmierbaren Anordnung vorgesehen, wobei das Verfahren aufweist: Abscheiden von Ionenleiter-Dotier-Material auf oder über mindestens einer ersten Elektrode, die in oder über einem Substrat angeordnet ist; Abscheiden von Ionenleiter-Material auf oder über dem Ionenleiter-Dotier-Material; Bilden von mindestens einer zweiten Elektrode auf oder über dem Ionenleiter-Material; Eintreiben von mindestens einem Teil des abgeschiedenen Ionenleiter-Dotier-Materials in das abgeschiedene Ionenleiter-Material.

**[0029]** Es kann vorgesehen sein, dass das Eintreiben von mindestens einem Teil des abgeschiedenen

Ionenleiter-Dotier-Materials in das abgeschiedene Ionenleiter-Material das Bestrahlen von zumindest einem Abschnitt der programmierbaren Anordnung mit Licht aufweist.

[0030] Ferner kann vorgesehen sein, dass das Eintreiben von wenigstens einem Teil des abgeschiedenen Ionenleiter-Dotier-Materials in das abgeschiedene Ionenleiter-Material das Bestrahlen von zumindest einem Abschnitt der programmierbaren Anordnung mit ultraviolettem Licht aufweist.

[0031] Das Eintreiben von mindestens einem Teil des abgeschiedenen Ionenleiter-Dotier-Materials in das abgeschiedene Ionenleiter-Material kann das Erwärmen von zumindest einem Abschnitt der programmierbaren Anordnung aufweisen.

[0032] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann ein Speichermodul vorgesehen sein, das eine Vielzahl von integrierten Schaltkreisen aufweist, wobei zumindest ein integrierter Schaltkreis der Vielzahl von integrierten Schaltkreisen eine programmierbare Anordnung aufweist, wobei die programmierbare Anordnung aufweist: ein Substrat, mindestens eine erste in oder über dem Substrat angeordnete Elektrode, Ionenleiter-Dotier-Material, das über der mindestens einen ersten Elektrode angeordnet ist, Ionenleiter-Material, das über dem Ionenleiter-Dotier-Material angeordnet ist und mindestens eine zweite Elektrode, die über dem Ionenleiter-Material angeordnet ist.

[0033] In den Zeichnungen beziehen sich gleiche Bezugszeichen im Allgemeinen auf die gleichen Teile durch die verschiedenen Ansichten. Die Zeichnungen sind nicht zwangsläufig maßstabsgetreu, stattdessen liegt der Schwerpunkt im Allgemeinen darauf, die Prinzipien der Ausführungsbeispiele der Erfindung zu veranschaulichen. In der folgenden Beschreibung sind verschiedene Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die folgenden Figuren beschrieben.

Es zeigen

[0034] [Fig. 1](#) eine Querschnittsansicht einer programmierbaren Anordnung;

[0035] [Fig. 2](#) eine Querschnittsansicht einer programmierbaren Anordnung, in welcher eine unerwünschte Bildung eines Dendriten zwischen einer ersten Elektrode und einer zweiten Elektrode dargestellt ist;

[0036] [Fig. 3](#) eine Querschnittsansicht einer programmierbaren Anordnung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

[0037] [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4C](#) Querschnittsansichten

durch einen Abschnitt der programmierbaren Anordnung von [Fig. 3](#) zu verschiedenen Zeitpunkten eines Verfahrens zum Herstellen der programmierbaren Anordnung gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

[0038] [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5E](#) Querschnittsansichten durch einen Abschnitt der programmierbaren Anordnung von [Fig. 3](#) zu verschiedenen Zeitpunkten eines Verfahrens zum Herstellen der programmierbaren Anordnung gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;

[0039] [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) Querschnittsansichten durch einen Abschnitt der programmierbaren Anordnung von [Fig. 3](#) zu verschiedenen Zeitpunkten eines Verfahrens zum Herstellen der programmierbaren Anordnung gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung; und

[0040] [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) ein Speichermodul ([Fig. 7A](#)) und ein stapelbares Speichermodul ([Fig. 7B](#)) gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0041] Wie an späterer Stelle noch genauer beschrieben wird, stellen Ausführungsbeispiele der Erfindung einen einfachen Mechanismus bereit, um ein mögliches Nebensprechen zwischen benachbarten ersten Elektroden zu verhindern.

[0042] [Fig. 3](#) zeigt eine Querschnittsansicht eines integrierten Schaltkreises mit einer programmierbaren Anordnung **300**. In einer Ausführungsform der Erfindung ist die programmierbare Anordnung **300** als eine Speicherzellen-Anordnung **300** konfiguriert.

[0043] In einer Ausführungsform der Erfindung weist die Speicherzellen-Anordnung **300** zwei Speicherzellen **301** und **302**, im Allgemeinen eine willkürliche Anzahl von Speicherzellen auf, die zum Beispiel in Reihen und Spalten in einem regulären Speicherzellen-Array angeordnet sein können. Es sollte angemerkt werden, dass eine willkürliche Anzahl von Speicherzellen regelmäßig oder unregelmäßig in der Speicherzellen-Anordnung **300** vorgesehen sein kann, zum Beispiel Tausende oder Millionen von Speicherzellen.

[0044] Wie in [Fig. 3](#) dargestellt, ist jede Speicherzelle **301**, **302** derart ausgebildet, dass eine Diffusionsbarriereschicht **304** (zum Beispiel aus Silizium-Nitrid, Aluminium-Oxid, Tantal-Oxid, Kohlenstoff) auf oder über einem Dielektrikum (zum Beispiel einem dielektrischen Substrat) **303** aufgebracht ist, das zum Beispiel aus Silizium-Oxid, aus Silizium-Nitrid oder jeglichem anderen elektrisch isolierenden Material hergestellt ist.

[0045] Graben oder Löcher **305** sind ausgebildet

und erstrecken sich durch die Diffusionsbarriere-schicht **304** und in das Dielektrikum **303** hinein. Liner-Schichten **306**, die zum Beispiel aus Titan (Ti), Titan-Nitrid (TiN), Tantal (Ta) oder Tantal-Nitrid (TaN) sind, sind zum Beispiel mittels Abscheidens auf den Seitenwänden und auf dem Boden der Gräben oder Löcher **305** ausgebildet. Metall wird auf oder über den Liner-Schichten **306** aufgebracht, damit die ersten Elektroden **307** gebildet werden, wobei das Metall in die Gräben oder Löcher **305** eingeführt wird. Wolfram und in einer alternativen Ausführungsform der Erfindung Nickel können als Metall verwendet werden. In einer Ausführungsform der Erfindung sind die Gräben oder Löcher **305** für die ersten Elektroden **307** nicht vollständig mit dem Metall gefüllt. In einer Ausführungsform der Erfindung wird Ionenleiter-Dotier-Material **308** auf oder über den ersten Elektroden **307** selektiv oder über die gesamte Oberfläche aufgebracht, wie an späterer Stelle noch genauer erläutert wird. Die Gräben oder Löcher **305** werden mit dem Ionenleiter-Dotier-Material **308** vollständig gefüllt und leicht überfüllt, gemäß einer Ausführungsform der Erfindung mit Silber, in einer alternativen Ausführungsform der Erfindung mit Kupfer oder Wolfram oder mit einer Kombination oder Legierung aus zwei der drei erwähnten Materialien oder mit einer Kombination oder Legierung aller drei erwähnten Materialien, so dass überschüssiges Ionenleiter-Dotier-Material **308**, das aus den Gräben oder Löchern **305** hervorsticht, übrig bleibt. In einer Ausführungsform der Erfindung wird das überschüssige Ionenleiter-Dotier-Material **308** zum Beispiel mittels eines chemisch-mechanischen Polier-Prozesses (Chemical Mechanical Polishing Process, CMP) entfernt.

**[0046]** Das Metall, das aus den Gräben oder Löchern **305** hervorsticht, und somit das überschüssige Metall, wird entfernt, zum Beispiel mittels eines chemisch-mechanischen Polier-Prozesses (CMP), so dass zwei erste Elektroden gebildet werden, die voneinander zum Beispiel mittels des Zwischen-Metall-Dielektrikums, und in einer Ausführungsform der Erfindung mittels des Substrats **303**, elektrisch isoliert sind.

**[0047]** Ionenleiter-Material **309**, zum Beispiel ein Chalkogenid, wird auf oder über der planarisierten Oberfläche der ersten Elektroden und den freigelegten oberen Oberflächen-Bereichen der Barriere-Schicht **304** aufgebracht.

**[0048]** Als Ionenleiter-Material **309** können jeder geeignete Festkörper-Elektrolyt, ein Metallionen enthaltendes Glas, ein Metallionen enthaltender amorpher Halbleiter, ein Chalkogenid-Glas, das optional Metallionen oder dergleichen enthält, vorgesehen sein. Im Allgemeinen enthält das Chalkogenid-Material zum Beispiel, wie oben beschrieben wurde, eine Verbindung, die Schwefel, Selen und/oder Tellur aufweist, beispielsweise auch in ternären, quaternären oder

höhergradigen Verbindungen.

**[0049]** In einer Ausführungsform der Erfindung weist das Ionenleiter-Material **309** ein Material auf, das aus einer Gruppe von Materialien ausgewählt ist, bestehend aus:

- CdSe oder ZnCdS (in diesen Ausführungsformen kann zum Beispiel Silber für das Metall verwendet werden),
- $\text{CuO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ , NiO, CoO,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  (in diesen Ausführungsformen können zum Beispiel Titan oder Nickel für das Metall verwendet werden),
- $\text{WO}_2$ ,  $\text{Al:ZnO}_x$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (in diesen Ausführungsformen kann zum Beispiel Aluminium für das Metall verwendet werden),
- $\text{Cu:MoO}_x$ ,  $\text{SrTiO}_x$ ,  $\text{Nb}_2\text{O}_{5-x}$ ,  $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ ,  $\text{Cr:SrZrO}_3$ ,  $\text{Nb:SrPbO}_3$  (in diesen Ausführungsformen kann zum Beispiel Kupfer für das Metall verwendet werden).

**[0050]** Als ein Beispiel ist der Ionenleiter **309** aus einem Chalkogenid-Glas hergestellt, das eine Metallionen-Verbindung aufweist, wobei das Metall aus verschiedenen Metallen der Gruppe I oder Gruppe II des Periodensystems ausgewählt ist, zum Beispiel Silber, Kupfer, Zink oder einer Kombination davon.

**[0051]** Die Ionenleiter-Schicht **309** weist gemäß diesem Ausführungsbeispiel der Erfindung eine Schicht-Dicke im Bereich von ungefähr 5 nm bis ungefähr 300 nm auf, zum Beispiel im Bereich von ungefähr 10 nm bis ungefähr 40 nm, zum Beispiel ungefähr 20 nm.

**[0052]** Eine zweite funktionale Schicht, gemäß diesem Ausführungsbeispiel der Erfindung aus Silber hergestellt, wird in zwei Dimensionen aufgebracht, so dass die Ionenleiter-Schicht, die auch als erste funktionale Schicht bezeichnet wird, vollständig bedeckt ist. In einer Ausführungsform der Erfindung ist das Ionenleiter-Dotier-Material zwischen dem Substrat **303** und der Ionenleiter-Schicht **309** angeordnet, und nicht wie in der herkömmlichen Weise auf der Seite der Ionenleiter-Schicht **309**, die dem Substrat gegenüber liegt.

**[0053]** Die zweite funktionale Schicht, mit anderen Worten das Ionenleiter-Dotier-Material **308**, kann eine Schicht-Dicke in einem Bereich von ungefähr 5 nm bis ungefähr 50 nm aufweisen, zum Beispiel eine Schicht-Dicke im Bereich von ungefähr 10 nm bis ungefähr 30 nm, zum Beispiel eine Schicht-Dicke von ungefähr 20 nm.

**[0054]** In einem darauf folgenden Diffusions-Schritt, der in den Figuren nicht dargestellt ist, wird ultraviolettes Licht mit einer Wellenlänge von weniger als ungefähr 500 nm auf die Anordnung gestrahlt, die in einer Querschnitts-Ansicht dargestellt ist, wodurch eine Diffusion eines Teils des Silbers der zweiten

funktionalen Schicht **308** in die Ionenleiter-Schicht **309**, anschaulich einer isolierenden Matrix, bewirkt wird, wodurch elektrisch leitfähige Bereiche in der Ionenleiter-Schicht **309** gebildet werden, die mittels der aus dem Ionenleiter-Material hergestellten isolierenden Matrix elektrisch voneinander isoliert sind. Alternativ oder zusätzlich kann ein Teil des Silbers der zweiten funktionalen Schicht **308** mittels eines entsprechenden Erhitzungs-Schrittes (beispielsweise mittels eines entsprechenden Temper-Schrittes) durch Erhitzen der Anordnung **300** in die Ionenleiter-Schicht **309** eingetrieben werden.

**[0055]** Wenigstens eine Abdeck-Schicht wird auf oder über der Ionenleiter-Schicht **309** aufgebracht, wobei in einer Ausführungsform der Erfindung eine erste Abdeck-Schicht **310** zum Beispiel aus Ruthenium (Ru) und eine zweite Abdeck-Schicht **311** zum Beispiel aus Titan oder Titan-Nitrid auf oder über der ersten Abdeck-Schicht **310** aufgebracht werden. In einer Ausführungsform der Erfindung wird eine zweite Elektrode **312**, die die gesamte Oberfläche bedeckt, auf oder über der zweiten Abdeck-Schicht **311** aufgebracht. Die zweite Elektrode **312** kann zum Beispiel aus Kupfer, Wolfram, Zink oder einem anderen geeigneten Metall oder aus einem anderen geeigneten elektrisch leitfähigen Material hergestellt sein.

**[0056]** Die erste Abdeck-Schicht **310** und die zweite Abdeck-Schicht **311** koppeln die zweite Elektrode **311** mit der Ionenleiter-Schicht **309** elektrisch und bilden anschaulich ein Teilsystem einer Vielzahl von funktionalen Schichten, um zusätzliche Eigenschaften festzusetzen oder zu erreichen, wie zum Beispiel Wärmebeständigkeit, eine niedrige Material-Diffusion zwischen den Schichten, eine verbesserte Planarität der Schicht-Oberflächen und ein verbessertes Wachsen von einzelnen Schichten des Schichtstapels der Speicherzellenanordnung **300**.

**[0057]** In einer Ausführungsform der Erfindung können die erste Abdeck-Schicht **310** und die zweite Abdeck-Schicht **311** zum Beispiel aus Tantal, Tantal-Nitrid, Titan, Titan-Nitrid, Aluminium, Ruthenium oder einem anderen geeigneten Metall oder einem anderen geeigneten Material hergestellt sein, das elektrisch leitfähig ist, abhängig von den gewünschten Eigenschaften der Abdeck-Schicht-Kombination.

**[0058]** In einer alternativen Ausführungsform der Erfindung kann die zweite Elektrode **312** eine Materialkombination aus einer Vielzahl von Schichten aufweisen, zum Beispiel eine Schichtkombination, die eine Titan-Schicht, eine auf oder über der Titan-Schicht angeordnete Aluminium-Schicht und eine auf oder über der Aluminium-Schicht angeordnete Titan-Schicht aufweist.

**[0059]** [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4C](#) zeigen einen Abschnitt A der programmierbaren Anordnung, zum Beispiel der

zu unterschiedlichen Zeitpunkten herzustellenden Speicherzellen-Anordnung während ihrer Herstellung.

**[0060]** Wie in [Fig. 4A](#) dargestellt ist, wird ein aus einem dielektrischen Material **303** hergestelltes Substrat **303** auf oder über einem (in den Figuren nicht dargestellten) Silizium-Substrat aufgebracht, in dem elektronische Schaltungen monolithisch integriert sein können, zum Beispiel Transistoren, Verstärkerschaltungen und dergleichen. In einer Ausführungsform der Erfindung werden ein oder mehrere (in den Figuren nicht dargestellte) Auswahl-Transistoren unter einer jeweiligen Speicherzelle bereitgestellt, die in einem jeweiligen Graben oder Loch **305** untergebracht sein können, wie später noch genauer beschrieben wird, um die jeweilige Speicherzelle einzeln auszuwählen.

**[0061]** Eine Diffusionsbarriereschicht **304**, die zum Beispiel aus Silizium-Nitrid oder Silizium-Oxid hergestellt ist, mit einer Schicht-Dicke im Bereich von ungefähr 50 nm bis ungefähr 100 nm wird auf oder über dem Dielektrikum **303** abgeschieden, das zum Beispiel aus Silizium-Oxid oder Silizium-Nitrid hergestellt ist, zum Beispiel mittels eines chemischen Gasphasen-Abscheidungs-Prozesses (CVD, englisch Chemical Vapor Deposition). Ein jeweiliger Graben oder ein jeweiliges Loch **305**, in den eine zu bildende erste Elektrode einer jeweiligen Speicherzelle eingeführt werden soll, wird in die Diffusionsbarriereschicht **304** hinein gebildet, die über der gesamten Oberfläche abgeschieden ist, zum Beispiel mittels Lithographie und Ätzens.

**[0062]** In einer Ausführungsform der Erfindung erstreckt sich der Graben oder das Loch **305** jeweils vollständig durch die Diffusionsbarriereschicht **304** und die dielektrische Schicht **303** und ragt in das Silizium-Substrat **303** hinein.

**[0063]** Im Allgemeinen kann die Diffusionsbarriereschicht **304** derart eingerichtet sein, dass sie als Diffusionsbarriere in Bezug auf das jeweilige elektrisch leitende Material dient, das in die Ionenleiter-Schicht **309** eingeführt wird, zum Beispiel in Bezug auf Silber. Ferner dient die Diffusionsbarriereschicht **304** optional zusätzlich als Stopp-Schicht für einen chemisch-mechanischen Polier-Prozess (CMP), der weiter unten noch näher erläutert wird.

**[0064]** In einer Ausführungsform der Erfindung wird eine optionale Liner-Schicht (zum Beispiel konform) in dem Graben oder Loch **305** und auf oder über der oberen Oberfläche der Diffusionsbarriereschicht **304**, das heißt auf den Seitenwänden des Grabens oder Lochs **305** und dem Boden des Grabens oder Lochs **305**, abgeschieden. In einer Ausführungsform der Erfindung können Titan (Ti), Titan-Nitrid (TiN), Tantal (Ta) oder Tantal-Nitrid (Ta<sub>2</sub>N) als Material für die Li-

ner-Schicht **306** vorgesehen sein.

**[0065]** In einer Ausführungsform der Erfindung dient die Liner-Schicht **306** als eine Diffusionsbarriere in dem Fall, in dem zum Beispiel Kupfer als Material für die erste Elektrode verwendet wird, wie an späterer Stelle noch näher erläutert wird.

**[0066]** In einer Ausführungsform der Erfindung wird Metall **401** (ebenfalls über die gesamte Oberfläche) auf oder über der konform (über die gesamte Oberfläche) abgeschiedenen Liner-Schicht **306** abgeschieden, wobei die Liner-Schicht **306** eine Schicht-Dicke im Bereich von einigen wenigen nm aufweisen kann. In einer Ausführungsform der Erfindung kann Kupfer als Metall verwendet werden, in einer alternativen Ausführungsform der Erfindung können Wolfram, Zink, Tantal, Tantal-Nitrid oder Wolfram-Nitrid als Metall verwendet werden. In einer Ausführungsform der Erfindung soll eine jeweilige erste Elektrode **307** anschließend aus dem abgeschiedenen Metall gebildet werden.

**[0067]** Nach dem Abscheiden der Metall-Schicht **307** werden die Metall-Schicht **307** und die Liner-Schicht **306** mittels eines chemischmechanischen Polier-Prozesses (CMP) entfernt, wobei der Prozess auf der oberen Oberfläche der Diffusionsbarrierschicht **304** stoppt. Somit wird das jeweilige elektrisch leitende Material in einem jeweiligen Graben von dem elektrisch leitenden Material eines benachbarten Grabens oder Lochs **305** elektrisch isoliert, wodurch jeweilige erste Elektroden **307** gebildet werden.

**[0068]** In einer Ausführungsform der Erfindung wird, wie in [Fig. 4B](#) dargestellt, Silbermaterial selektiv auf oder über den freigelegten oberen Oberflächen der ersten Elektroden **307** abgeschieden, wobei im allgemeinen das Ionenleiter-Dotier-Material **308** zum Dotieren der Ionenleiter-Schicht **309** verwendet wird. In einer Ausführungsform der Erfindung wird das Ionenleiter-Dotier-Material **308** im Unterschied zu der in [Fig. 3](#) dargestellten Ausführungsform nicht in den Graben oder das Loch **305** abgeschieden, sondern wird auf oder über der jeweiligen oberen Oberfläche der ersten Elektrode über dem Graben oder Loch **305** abgeschieden. In einer Ausführungsform der Erfindung kann das Ionenleiter-Dotier-Material **308** mit einer Schicht-Dicke im Bereich von ungefähr 5 nm bis ungefähr 50 nm abgeschieden werden, zum Beispiel mit einer Schicht-Dicke im Bereich von ungefähr 10 nm bis ungefähr 30 nm.

**[0069]** Anschließend wird, wie in [Fig. 4C](#) dargestellt, isolierendes Material **309** auf oder über der in [Fig. 4B](#) dargestellten Struktur abgeschieden, in einer Ausführungsform der Erfindung zum Beispiel aus Germanium-Selenid oder aus Germanium-Sulfid hergestellt. Anschließend werden die beiden Ab-

deck-Schichten **310**, **311** und die zweite Elektrode **312** auf oder über der in [Fig. 4C](#) dargestellten Struktur abgeschieden, wodurch die Speicherzellen-Anordnung vervollständigt wird.

**[0070]** Das isolierende Material **309**, das als die Ionenleiter-Schicht **309** dienen kann, kann mit einer Schicht-Dicke im Bereich von ungefähr 5 nm bis ungefähr 50 nm hergestellt sein, zum Beispiel mit einer Schicht-Dicke im Bereich von ungefähr 10 nm bis ungefähr 30 nm, in einer Ausführungsform der Erfindung mit einer Schicht-Dicke in einem Bereich ähnlich oder gleich der Schicht-Dicke der Ionenleiter-Dotier-Material-Schicht **308**.

**[0071]** [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5E](#) zeigen Querschnitts-Ansichten durch einen Teil der programmierbaren Anordnung der [Fig. 3](#) zu unterschiedlichen Zeitpunkten eines Verfahrens zum Herstellen der programmierbaren Anordnung gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

**[0072]** [Fig. 5A](#) entspricht im Wesentlichen der in [Fig. 4A](#) dargestellten Struktur. Aus diesem Grund wird auf eine wiederholte Beschreibung der Struktur und der Herstellung derselben aus Gründen der Kürze verzichtet.

**[0073]** Im Unterschied zu der in [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4C](#) dargestellten Ausführungsform wird wie in [Fig. 5B](#) dargestellt, das Metall der ersten Elektroden **307**, das sich nach dem chemischmechanischen Polier-Prozess zu dem oberen Rand des Grabens oder Lochs **305** erstreckt, nun um eine vorbestimmte Höhe rückgeätzt oder ausgespart, zum Beispiel um ungefähr 30% auf etwa 50% der Graben-Tiefe, zum Beispiel mittels nasschemischen Ätzens oder mittels trocken-chemischen Ätzens, wodurch ein ausgespartes Metall **501** gebildet wird.

**[0074]** In einem darauf folgenden Prozess, in dem das Ionenleiter-Dotier-Material **308** in den Graben oder das Loch **305** eingeführt wird, mit anderen Worten in den Bereich, in dem das Metall der ersten Elektroden **307** rückgeätzt wurde, sind zwei verschiedene Varianten in Bezug auf den anzuwendenden Abscheidungs-Prozess vorgesehen und in zwei verschiedenen Figuren dargestellt, nämlich in [Fig. 5Ca](#) und [Fig. 5Cb](#).

**[0075]** In einer Ausführungsform der Erfindung wird das Ionenleiter-Dotier-Material **308**, zum Beispiel Silber, Kupfer, Wolfram, Titan, Nickel, Aluminium oder eine Kombination dieser Materialien, mittels eines nicht-elektrischen Abscheidungs-Prozesses (vgl. [Fig. 5Ca](#)) (in einer alternativen Ausführungsform der Erfindung mittels eines Elektro-Abscheidungsprozesses) selektiv in den Graben eingeführt und das überschüssige Material wird anschließend entfernt, zum Beispiel mittels eines CMP-Prozesses, wobei dieser

auf der oberen Oberfläche der Diffusionsbarriereschicht **304** stoppt. In einer alternativen Ausführungsform der Erfindung kann das Ionenleiter-Dotier-Material **308**, in einer Ausführungsform der Erfindung zum Beispiel Silber, über die gesamte Oberfläche abgeschieden werden und unter anderem in die Gräben oder Löcher **305** eingeführt werden, zum Beispiel mittels eines Sputter-Abscheidungs-Prozesses, im Allgemeinen zum Beispiel mittels eines physikalischen Gasphasenabscheidungs-Prozesses (Physical Vapor Deposition, PVD), wodurch die Gräben oder Löcher **305** vollständig aufgefüllt werden (vgl. Fig. 5Cb).

**[0076]** Wie in [Fig. 5D](#) dargestellt, wird das überschüssige Ionenleiter-Dotier-Material **308**, das über die Gräben oder Löcher **305** hinausragt, entfernt, zum Beispiel planarisiert, zum Beispiel mittels eines CMP-Prozesses, der optional ist, zum Beispiel in der Variante, in welcher das Ionenleiter-Dotier-Material **308** mittels eines nicht-elektrischen Abscheidungs-Prozesses abgeschieden wird, wobei der CMP-Prozess gestoppt werden kann, wenn die obere Oberfläche der Diffusionsbarriereschicht **304** erreicht oder freigelegt ist.

**[0077]** Anschließend wird in einer Ausführungsform der Erfindung die Ionenleiter-Schicht **309** abgeschieden. Ferner werden anschließend die Abdeck-Schichten **310**, **311** und die zweite Elektrode **312** abgeschieden, wodurch die Speicherzellen-Anordnung **300** vervollständigt wird. Die Schicht-Dicken in der zweiten Ausführungsform der Erfindung sind ähnlich wie die Schicht-Dicken, wie sie im Zusammenhang mit der ersten Ausführungsform der Erfindung beschrieben wurden, wie in [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4C](#) dargestellt.

**[0078]** Wie in [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) dargestellt ist, wird in einer Ausführungsform der Erfindung Silber als Material für die Liner-Schicht **601** sowie für die jeweilige erste Elektrode **307** bereitgestellt. Somit sind die erste Elektrode **307** und die Liner-Schicht **601** aus dem gleichen Material, nämlich zum Beispiel aus Silber hergestellt. In dieser Ausführungsform der Erfindung kann auf die Verwendung eines spezifischen anderen Materials für die erste Elektrode **307** verzichtet werden, da anschaulich die gesamte erste Elektrode **307** als Dotierungsmittel-Lieferant für die abzuschheidende Ionenleiter-Schicht **309** verwendet werden kann.

**[0079]** Das Verfahren zum Herstellen der Speicherzellen-Anordnung gemäß dieser Ausführungsform der Erfindung ist im Wesentlichen ähnlich wie das Herstellungsverfahren, das oben beschrieben wurde, mit dem Unterschied, dass die Gräben oder Löcher **305** nicht mittels eines zweistufigen Prozesses gefüllt werden, sondern dass die Gräben oder Löcher **305** vielmehr mit dem Ionenleiter-Dotier-Material gefüllt

und überfüllt werden, das gleichzeitig als Material für die erste Elektrode dient, dass das überschüssige Material entfernt wird, zum Beispiel mittels eines CMP-Prozesses, der auf der oberen Oberfläche der Diffusionsbarriereschicht **304** stoppt, und dass anschließend die Ionenleiter-Schicht **309** auf oder über der oberen Oberfläche der Diffusionsbarriereschicht **304** und der freigelegten oberen Oberflächen der Silber-Elektroden **307**, im Allgemeinen der ersten Elektroden **307**, abgeschieden wird, die aus dem Ionenleiter-Dotier-Material hergestellt sind.

**[0080]** Die Arbeitsschritte zum Vervollständigen der Speicherzellen-Anordnung dieser Ausführungsform der Erfindung sind ähnlich wie die Arbeitsschritte zum Vervollständigen der Speicherzellen-Anordnung gemäß den oben beschriebenen in [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4C](#) und [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5E](#) dargestellten Ausführungsformen.

**[0081]** In den beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung kann ein Effekt darin gesehen werden, dass aufgrund der lateral begrenzten und lokalisierten Abscheidung des Ionenleiter-Dotier-Materials in die Ionenleiter-Schicht **309** elektrisch leitende Pfade gebildet werden können, die lokal über der jeweiligen ersten Elektrode angeordnet sind. Es können während der Diffusion beinahe keine elektrisch leitenden Cluster zwischen den jeweiligen ersten Elektroden gebildet werden, so dass die Wahrscheinlichkeit hoch ist, dass elektrisch leitende Pfade bei Anlegen einer entsprechend ausreichenden elektrischen Potential-Differenz zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode gebildet werden könnten, die die Schwellenspannung der Speicherzelle überschreitet, dass die Dendriten in einer konzentrierten lokalisierten Weise gebildet werden, wodurch ein unerwünschtes Nebensprechen verhindert wird, mit anderen Worten ein unerwünschtes Bilden von Dendriten zwischen der zweiten Elektrode und einer nicht-ausgewählten ersten Elektrode.

**[0082]** Somit kann anschaulich ein Aspekt einer Ausführungsform der Erfindung darin gesehen werden, dass das Ionenleiter-Dotier-Material auf oder über der unteren Elektrode der Festkörper-Elektrolyt-Speicherzelle abgeschieden wird, und dass das Ionenleiter-Dotier-Material **308** so strukturiert ist, dass die Verteilung der Dotier-Ionen nach dem Eintreiben der Dotier-Ionen in die Ionenleiter-Schicht **309** auch lateral und lokal beschränkt ist.

**[0083]** Nach dem Abscheiden der zweiten Elektrode **302** kann das Ionenleiter-Dotier-Material **308** teilweise in die Ionenleiter-Schicht **309** eingetrieben werden, zum Beispiel mittels Bestrahlen der Speicherzellen-Anordnung **300** mit ultraviolettem (UV) Licht, das eine Wellenlänge von etwa 500 nm aufweisen kann. In einer alternativen Ausführungsform der Er-

findung kann das Ionenleiter-Dotier-Material **308** teilweise in die Ionenleiter-Schicht **309** eingetrieben werden, zum Beispiel mittels Temperaturbehandlung, zum Beispiel mittels Erhitzens (beispielsweise mittels Tempers), mit anderen Worten mittels Erhitzens der Speicherzellen-Anordnung **300**.

[0084] Wie in [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) dargestellt, können in manchen Ausführungsformen Speichervorrichtungen wie die hier beschriebenen Speichervorrichtungen in Modulen verwendet werden.

[0085] In [Fig. 7A](#) ist ein Speichermodul **700** dargestellt, auf welchem eine oder mehrere Speichervorrichtungen **704** auf einem Substrat **702** angeordnet sind. Die Speichervorrichtung **704** kann zahlreiche Speicherzellen aufweisen, von denen jede ein Speicherelement gemäß einer Ausführungsform der Erfindung verwendet. Das Speichermodul **700** kann auch eine oder mehrere elektronische Vorrichtungen **706** aufweisen, die Speicher, Verarbeitungs-Schaltkreise, Steuer-Schaltkreise, Adressierungs-Schaltkreise, Busverknüpfungs-Schaltkreise oder andere Schaltkreise oder elektronische Vorrichtungen aufweisen, die auf einem Modul mit einer Speicher-Vorrichtung, wie zum Beispiel der Speicher-Vorrichtung **704** kombiniert werden können. Zusätzlich weist das Speichermodul **700** mehrere elektrische Anschlüsse **708** auf, die dazu verwendet werden können, das Speichermodul **700** an andere elektronische Komponenten einschließlich anderer Module anzuschließen.

[0086] Wie in [Fig. 7B](#) dargestellt, können diese Module in manchen Ausführungsformen stapelbar sein, um einen Stapel **750** zu bilden. Zum Beispiel kann ein stapelbares Speichermodul **752** eine oder mehrere Speichervorrichtungen **756** aufweisen, die auf einem stapelbaren Substrat **754** angeordnet sind. Die Speichervorrichtung **756** weist Speicherzellen auf, die Speicherelemente gemäß einer Ausführungsform der Erfindung verwenden. Das Stapel-Speichermodul **752** kann auch eine oder mehrere elektronische Vorrichtungen **758** aufweisen, die Speicher, Verarbeitungs-Schaltkreise, Steuer-Schaltkreise, Adressierungs-Schaltkreise, Busverknüpfungs-Schaltkreise oder andere Schaltkreise oder elektronische Vorrichtungen aufweisen können, die auf einem Modul mit einer Speichervorrichtung wie der Speichervorrichtung **756** kombiniert werden können. Elektrische Anschlüsse **760** werden verwendet, um das stapelbare Speicher-Modul **752** mit anderen Modulen in dem Stapel **750** oder mit anderen elektronischen Vorrichtungen zu verbinden. Andere Module in dem Stapel **750** können zusätzliche stapelbare Speicher-Module aufweisen, die den oben beschriebenen stapelbaren Speicher-Modulen **752** ähnlich sind, oder andere Arten von Speichermodulen, wie zum Beispiel stapelbare Verarbeitungsmodule, Steuermodule, Kommunikationsmodule oder andere Module, die elektroni-

sche Bauteile enthalten.

[0087] In einer Ausführungsform der Erfindung wird eine integrierte Schaltung mit einer programmierbaren Anordnung bereitgestellt. Die programmierbare Anordnung kann ein Substrat, mindestens eine in oder über dem Substrat angeordnete erste Elektrode, über der mindestens einen ersten Elektrode angeordnetes Ionenleiter-Dotier-Material, über dem Ionenleiter-Dotier-Material angeordnetes Ionenleiter-Material und mindestens eine über dem Ionenleiter-Material angeordnete zweite Elektrode aufweisen.

[0088] In einer Ausführungsform der Erfindung ist das Ionenleiter-Dotier-Material mit der mindestens einen ersten Elektrode elektrisch gekoppelt.

[0089] In einer Ausführungsform der Erfindung ist das Ionenleiter-Dotier-Material ein Material, das aus einer Gruppe von Materialien ausgewählt ist, bestehend aus Silber, Kupfer, Wolfram oder einer Kombination dieser Materialien.

[0090] Ferner kann mindestens eine Diffusionsbarriereschicht zwischen dem Substrat und der mindestens einen ersten Elektrode vorgesehen sein.

[0091] In einer Ausführungsform der Erfindung ist die mindestens eine erste Elektrode in einem in dem Substrat ausgebildeten Graben angeordnet.

[0092] In einer anderen Ausführungsform der Erfindung kann mindestens eine Zwischenschicht zwischen der Hauptprozessierungsfläche des Substrats und dem Ionenleiter-Material vorgesehen sein, wobei die mindestens eine Zwischenschicht eine Ätzt-stoppschicht und/oder eine Auflösungs-Barriere-Schicht sein kann.

[0093] In einer Ausführungsform der Erfindung wird das Ionenleiter-Dotier-Material selektiv auf der oberen Oberfläche der mindestens einen ersten Elektrode abgeschieden.

[0094] Ferner kann die mindestens eine erste Elektrode eine Höhe aufweisen, die kleiner ist als der Graben, in dem die erste Elektrode gebildet wird. Ferner kann der Grabenbereich über der mindestens einen ersten Elektrode zumindest teilweise mit Ionenleiter-Dotier-Material gefüllt sein.

[0095] In einer anderen Ausführungsform der Erfindung ist das Ionenleiter-Material aus Chalkogenid-Material, wobei das Ionenleiter-Material aus Chalkogenid-Material hergestellt sein kann, das Metallionen enthält. Das Chalkogenid-Material kann aus einer Gruppe von Materialien ausgewählt sein, bestehend aus Schwefel, Selen, Germanium, Tellur oder einer Kombination dieser Materialien. Die Metal-

tionen können aus einem Metall hergestellt sein, das aus einer Gruppe von Metallen ausgewählt wird, bestehend aus Silber, Kupfer, Zink oder einer Kombination dieser Materialien.

**[0096]** In einer Ausführungsform der Erfindung ist die mindestens eine erste Elektrode oder die mindestens eine zweite Elektrode aus einem Material hergestellt, das Silber, Kupfer oder Wolfram enthält.

**[0097]** In einer Ausführungsform der Erfindung weist die programmierbare Anordnung des integrierten Schaltkreises ferner mindestens einen Metall-Dendriten auf, der sich von der mindestens einen zweiten Elektrode in das Ionenleiter-Material in Richtung der mindestens einen ersten Elektrode erstreckt, oder zumindest einen Metall-Dendriten, der sich von der mindestens einen ersten Elektrode in das Ionenleiter-Material in Richtung der mindestens einen zweiten Elektrode erstreckt.

**[0098]** In einer Ausführungsform der Erfindung weist die programmierbare Anordnung des integrierten Schaltkreises ferner mindestens eine erste Abdeck-Schicht auf, die über dem Ionenleiter-Material angeordnet ist, wobei die mindestens eine erste Abdeck-Schicht aus einem Material hergestellt sein kann, das aus einer Gruppe von Materialien ausgewählt ist, bestehend aus Tantal, Tantal-Nitrid, Titan, Titan-Nitrid, Aluminium und Ruthenium.

**[0099]** In einer Ausführungsform der Erfindung kann die programmierbare Anordnung des integrierten Schaltkreises ferner eine dielektrische Schicht aufweisen, die über der mindestens einen zweiten Elektrode angeordnet ist.

**[0100]** In einer Ausführungsform der Erfindung wird ein integrierter Schaltkreis mit einer programmierbaren Anordnung bereitgestellt. Die programmierbare Anordnung kann ein Substrat, mindestens eine in oder über dem Substrat angeordnete erste Elektrode, über der mindestens einen ersten Elektrode angeordnetes Ionenleiter-Dotier-Material, über dem Ionenleiter-Dotier-Material angeordnetes Ionenleiter-Material und mindestens eine über dem Ionenleiter-Material angeordnete zweite Elektrode aufweisen.

**[0101]** Das Ionenleiter-Dotier-Material kann mit der mindestens einen ersten Elektrode elektrisch gekoppelt sein.

**[0102]** Das Ionenleiter-Dotier-Material kann ein Material sein, das aus einer Gruppe von Materialien ausgewählt ist, bestehend aus Silber, Kupfer, Wolfram, Titan, Nickel, Aluminium oder einer Kombination dieser Materialien.

**[0103]** In einer Ausführungsform der Erfindung kann

der integrierte Schaltkreis ferner mindestens eine Diffusionsbarriereschicht zwischen dem Substrat und der mindestens einen ersten Elektrode aufweisen.

**[0104]** Ferner kann die mindestens eine erste Elektrode in einem in dem Substrat ausgebildeten Graben angeordnet sein.

**[0105]** In einer Ausführungsform der Erfindung kann der integrierte Schaltkreis ferner mindestens eine Zwischenschicht zwischen der Hauptprozessierungsfläche des Substrats und dem Ionenleiter-Material aufweisen.

**[0106]** Die mindestens eine Zwischenschicht kann eine Ätzstopp-Schicht sein.

**[0107]** Die mindestens eine Zwischenschicht kann eine Diffusionsbarriereschicht sein.

**[0108]** Das Ionenleiter-Dotier-Material kann selektiv auf der oberen Oberfläche der mindestens einen ersten Elektrode abgeschieden werden.

**[0109]** In einer Ausführungsform der Erfindung weist die mindestens eine erste Elektrode eine Höhe auf, die kleiner ist als der Graben, in dem die erste Elektrode ausgebildet ist.

**[0110]** In einer Ausführungsform der Erfindung ist der Grabenbereich über der mindestens einen ersten Elektrode zumindest teilweise mit Ionenleiter-Dotier-Material gefüllt.

**[0111]** In einer Ausführungsform der Erfindung ist das Ionenleiter-Material aus Chalkogenid-Material oder aus einem Material hergestellt, das aus einer Gruppe von Materialien ausgewählt ist, bestehend aus: CdSe, ZnCdS, CuO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, NiO, CoO, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, WO<sub>2</sub>, Al:ZnO<sub>x</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cu:MoO<sub>x</sub>, SrTiO<sub>x</sub>, Nb<sub>2</sub>O<sub>5-x</sub>, Pr<sub>1-x</sub>Ca<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub>, Cr:SrZrO<sub>3</sub>, Nb:SrTiO<sub>3</sub>.

**[0112]** Ferner kann das Ionenleiter-Material aus Chalkogenid-Material hergestellt sein, das Metallionen enthält.

**[0113]** Das Chalkogenid-Material kann aus einer Gruppe von Materialien ausgewählt sein, bestehend aus Schwefel, Selen, Germanium, Tellur oder einer Kombination dieser Materialien.

**[0114]** Die Metallionen können aus einem Metall hergestellt sein, das aus einer Gruppe von Metallen ausgewählt ist, bestehend aus Silber, Kupfer, Zink oder einer Kombination dieser Materialien.

**[0115]** In einer Ausführungsform der Erfindung ist die mindestens eine erste Elektrode oder die mindestens eine zweite Elektrode aus einem Material hergestellt, das Silber, Kupfer oder Wolfram enthält.

**[0116]** In einer Ausführungsform der Erfindung kann der integrierte Schaltkreis ferner mindestens einen Metall-Dendriten aufweisen, der sich von der mindestens einen zweiten Elektrode in das Ionenleiter-Material in Richtung zu der mindestens einen ersten Elektrode hin erstreckt.

**[0117]** In einer Ausführungsform der Erfindung kann der integrierte Schaltkreis ferner mindestens einen Metall-Dendriten aufweisen, der sich von der mindestens einen ersten Elektrode in das Ionenleiter-Material in Richtung der mindestens einen zweiten Elektrode hin erstreckt.

**[0118]** In einer Ausführungsform der Erfindung kann der integrierte Schaltkreis ferner mindestens eine erste Abdeck-Schicht aufweisen, die über dem Ionenleiter-Material angeordnet ist.

**[0119]** Die mindestens eine erste Abdeck-Schicht kann aus einem Material hergestellt sein, das aus einer Gruppe von Materialien ausgewählt ist, bestehend aus Tantal, Tantal-Nitrid, Titan, Titan-Nitrid, Aluminium und Ruthenium.

**[0120]** In einer Ausführungsform der Erfindung kann der integrierte Schaltkreis ferner eine dielektrische Schicht aufweisen, die über der mindestens einen zweiten Elektrode angeordnet ist.

**[0121]** In einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird ein integrierter Schaltkreis mit einer programmierbaren Anordnung bereitgestellt. Die programmierbare Anordnung kann ein Substrat, mindestens eine erste Elektrode, die in oder über dem Substrat angeordnet ist, ein Ionenleiter-Dotier-Material, das über der mindestens einen ersten Elektrode angeordnet ist, eine Ionenleiter-Material-Matrix aus Chalkogenid-Material, die über dem Ionenleiter-Dotier-Material angeordnet ist, und mindestens eine zweite Elektrode, die über der Ionenleiter-Material-Matrix angeordnet ist, aufweisen.

**[0122]** Das Ionenleiter-Dotier-Material kann mit der mindestens einen ersten Elektrode elektrisch gekoppelt sein.

**[0123]** Das Ionenleiter-Dotier-Material kann aus einem Material hergestellt sein, das aus einer Gruppe von Materialien ausgewählt ist, bestehend aus Silber, Kupfer, Wolfram, Titan, Nickel, Aluminium oder einer Kombination dieser Materialien.

**[0124]** Ferner kann der integrierte Schaltkreis in einer Ausführungsform der Erfindung ferner mindestens eine Diffusionsbarriereschicht zwischen dem Substrat und der mindestens einen ersten Elektrode aufweisen.

**[0125]** Die mindestens eine erste Elektrode kann in

einem Graben angeordnet sein, der in dem Substrat gebildet ist.

**[0126]** In einer Ausführungsform der Erfindung kann der integrierte Schaltkreis ferner mindestens eine Zwischenschicht zwischen der Hauptprozessierungsfläche des Substrats und dem Ionenleiter-Material aufweisen.

**[0127]** Die mindestens eine Zwischenschicht kann eine Ätzstopp-Schicht sein.

**[0128]** Die mindestens eine Zwischenschicht kann eine Diffusionsbarriereschicht sein.

**[0129]** In einer Ausführungsform der Erfindung kann der Grabenbereich über der mindestens einen ersten Elektrode zumindest teilweise mit Ionenleiter-Dotier-Material gefüllt sein.

**[0130]** Das Ionenleiter-Material kann aus Chalkogenid-Material oder aus einem Material hergestellt sein, das aus einer Gruppe von Materialien ausgewählt ist, bestehend aus CdSe, ZnCdS, CuO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, NiO, CoO, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, WO<sub>2</sub>, Al:ZnO<sub>x</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cu:MoO<sub>x</sub>, SrTiO<sub>x</sub>, Nb<sub>2</sub>O<sub>5-x</sub>, Pr<sub>1-x</sub>Ca<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub>, Cr:SrZrO<sub>3</sub>, Nb:SrTiO<sub>3</sub>.

**[0131]** Die Ionenleiter-Material-Schicht kann aus Chalkogenid-Material hergestellt sein, das Metallionen enthält.

**[0132]** Das Chalkogenid-Material kann aus einer Gruppe von Materialien ausgewählt sein, bestehend aus Schwefel, Selen, Germanium, Tellur oder einer Kombination dieser Materialien.

**[0133]** In einer Ausführungsform der Erfindung sind die Metallionen aus einem Metall hergestellt, das aus einer Gruppe von Metallen ausgewählt ist, bestehend aus Silber, Kupfer, Zink oder einer Kombination dieser Materialien.

**[0134]** Die mindestens eine erste Elektrode oder die mindestens eine zweite Elektrode können aus einem Material hergestellt sein, das Silber, Kupfer oder Wolfram enthält.

**[0135]** In einer Ausführungsform der Erfindung kann der integrierte Schaltkreis ferner mindestens einen Metall-Dendriten aufweisen, der sich von der mindestens einen zweiten Elektrode in das Ionenleiter-Material hinein in Richtung der mindestens einen ersten Elektrode erstreckt.

**[0136]** In einer Ausführungsform der Erfindung kann der integrierte Schaltkreis ferner mindestens einen Metall-Dendriten aufweisen, der sich von der mindestens einen ersten Elektrode in das Ionenleiter-Material in Richtung der mindestens einen zweiten Elektrode erstreckt.

**[0137]** In einer Ausführungsform der Erfindung wird ein Verfahren zum Herstellen einer integrierten Schaltung mit einer programmierbaren Anordnung bereitgestellt. Das Verfahren kann aufweisen: Abscheiden von Ionenleiter-Dotier-Material auf oder über mindestens einer ersten Elektrode, die in oder über einem Substrat angeordnet ist, Abscheiden von Ionenleiter-Material auf oder über dem Ionenleiter-Dotier-Material und Bilden von mindestens einer zweiten Elektrode auf oder über dem Ionenleiter-Material.

**[0138]** In einer Ausführungsform der Erfindung kann das Verfahren ferner das Bilden der mindestens einen ersten Elektrode in, auf oder über dem Substrat aufweisen.

**[0139]** In einer Ausführungsform der Erfindung kann das Verfahren ferner das Bilden eines Grabens in dem Substrat und das Bilden der mindestens einen ersten Elektrode in dem Graben aufweisen.

**[0140]** Das Bilden der mindestens einen ersten Elektrode kann das Bilden der mindestens einen ersten Elektrode gemäß einem Damaszener-Verfahren aufweisen.

**[0141]** Ferner kann das Abscheiden von Ionenleiter-Material auf oder über dem Ionenleiter-Dotier-Material ein selektives Abscheiden des Ionenleiter-Materials auf oder über dem Ionenleiter-Dotier-Material aufweisen.

**[0142]** Das Abscheiden von Ionenleiter-Material auf oder über dem Ionenleiter-Dotier-Material kann das physikalische Abscheiden des Ionenleiter-Materials auf oder über dem Ionenleiter-Dotier-Material aufweisen.

**[0143]** In einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird ein Verfahren zum Herstellen eines integrierten Schaltkreises mit einer programmierbaren Anordnung bereitgestellt. Das Verfahren weist auf: Abscheiden von Ionenleiter-Dotier-Material auf oder über mindestens einer ersten Elektrode, die in oder über einem Substrat angeordnet ist, Abscheiden von Ionenleiter-Material auf oder über dem Ionenleiter-Dotier-Material, Bilden von mindestens einer zweiten Elektrode auf oder über dem Ionenleiter-Material und Eintreiben von zumindest einem Teil des abgeschiedenen Ionenleiter-Dotier-Materials in das abgeschiedene Ionenleiter-Material.

**[0144]** Das Eintreiben von zumindest einem Teil des abgeschiedenen Ionenleiter-Dotier-Materials in das abgeschiedene Ionenleiter-Material kann das Bestrahlen von zumindest einem Teil der programmierbaren Anordnung mit Licht aufweisen.

**[0145]** In einer Ausführungsform der Erfindung kann

das Eintreiben von zumindest einem Teil des abgeschiedenen Ionenleiter-Dotier-Materials in das abgeschiedene Ionenleiter-Material das Bestrahlen von zumindest einem Teil der programmierbaren Anordnung mit ultraviolettem Licht aufweisen.

**[0146]** In einer Ausführungsform der Erfindung kann das Eintreiben von zumindest einem Teil des abgeschiedenen Ionenleiter-Dotier-Materials in das abgeschiedene Ionenleiter-Material das Erhitzen von zumindest einem Teil der programmierbaren Anordnung aufweisen.

**[0147]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird ein integrierter Schaltkreis mit einer programmierbaren Anordnung bereitgestellt. Die programmierbare Anordnung kann ein Substrat, mindestens ein erstes Elektroden-Mittel, das in oder über dem Substrat angeordnet ist, Ionenleiter-Dotier-Mittel, die über dem mindestens einen ersten Elektroden-Mittel angeordnet sind, Ionenleiter-Mittel, die über den Ionenleiter-Dotier-Mitteln angeordnet sind, und mindestens ein zweites Elektroden-Mittel, das über den Ionenleiter-Mitteln angeordnet ist, aufweisen.

**[0148]** In noch einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird ein Speichermodul bereitgestellt. Das Speichermodul kann eine Vielzahl von integrierten Schaltkreisen aufweisen, wobei mindestens ein integrierter Schaltkreis der Vielzahl von integrierten Schaltkreisen eine programmierbare Anordnung aufweisen kann. Die programmierbare Anordnung kann ein Substrat, mindestens eine erste Elektrode, die in oder über dem Substrat angeordnet ist, Ionenleiter-Dotier-Material, das über der mindestens einen ersten Elektrode angeordnet ist, Ionenleiter-Material, das über dem Ionenleiter-Dotier-Material angeordnet ist, und mindestens eine zweite Elektrode, die über dem Ionenleiter-Material angeordnet ist, aufweisen.

**[0149]** In einer Ausführungsform der Erfindung ist das Speichermodul ein stapelbares Speichermodul, in dem zumindest einige der integrierten Schaltkreise übereinander gestapelt sind.

## Patentansprüche

1. Integrierter Schaltkreis mit einer programmierbaren Anordnung,  
wobei die programmierbare Anordnung aufweist:

- ein Substrat;
- mindestens eine in oder über dem Substrat angeordnete erste Elektrode;
- Ionenleiter-Dotier-Material, das über der mindestens einen ersten Elektrode angeordnet ist;
- Ionenleiter-Material, das über dem Ionenleiter-Dotier-Material angeordnet ist; und
- mindestens eine zweite Elektrode, die über dem Ionenleiter-Material angeordnet ist.

2. Integrierter Schaltkreis gemäß Anspruch 1, wobei das Ionenleiter-Dotier-Material mit der mindestens einen ersten Elektrode elektrisch gekoppelt ist.

3. Integrierter Schaltkreis gemäß Anspruch 1, wobei das Ionenleiter-Dotier-Material ein Material ist, das aus einer Gruppe von Materialien ausgewählt ist, bestehend aus Silber, Kupfer, Wolfram, Titan, Nickel, Aluminium oder einer Kombination dieser Materialien.

4. Integrierter Schaltkreis gemäß Anspruch 1, ferner aufweisend:

- mindestens eine Diffusionsbarriereschicht zwischen dem Substrat und der mindestens einen ersten Elektrode.

5. Integrierter Schaltkreis gemäß Anspruch 1, wobei die mindestens eine erste Elektrode in einem Graben angeordnet ist, der in dem Substrat gebildet ist.

6. Integrierter Schaltkreis gemäß Anspruch 1, ferner aufweisend:

- mindestens eine Zwischenschicht zwischen der Hauptprozessierungsfläche des Substrats und dem Ionenleiter-Material.

7. Integrierter Schaltkreis gemäß Anspruch 6, wobei die mindestens eine Zwischenschicht eine Ätzstopp-Schicht ist.

8. Integrierter Schaltkreis gemäß Anspruch 6, wobei die mindestens eine Zwischenschicht eine Diffusionsbarriereschicht ist.

9. Integrierter Schaltkreis gemäß Anspruch 1, wobei das Ionenleiter-Dotier-Material selektiv auf der oberen Oberfläche der mindestens einen ersten Elektrode abgeschieden wird.

10. Integrierter Schaltkreis gemäß Anspruch 5, wobei die mindestens eine erste Elektrode eine Höhe aufweist, die kleiner als der Graben ist, in dem die erste Elektrode ausgebildet ist.

11. Integrierter Schaltkreis gemäß Anspruch 9, wobei der Grabenbereich über der mindestens einen ersten Elektrode zumindest teilweise mit Ionenleiter-Dotier-Material gefüllt ist.

12. Integrierter Schaltkreis gemäß Anspruch 1, wobei das Ionenleiter-Material aus Chalkogenid-Material oder aus einem Material hergestellt ist, das aus einer Gruppe von Materialien ausgewählt ist, bestehend aus: CdSe, ZnCdS, CuO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, NiO, CoO, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, WO<sub>2</sub>, Al:ZnO<sub>x</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cu:MoO<sub>x</sub>, SrTiO<sub>x</sub>, Nb<sub>2</sub>O<sub>5-x</sub>, Pr<sub>1-x</sub>Ca<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub>, Cr:SrZrO<sub>3</sub>, Nb:SrTiO<sub>3</sub>.

13. Integrierter Schaltkreis gemäß Anspruch 12,

wobei das Ionenleiter-Material aus Chalkogenid-Material hergestellt ist, das Metallionen enthält.

14. Integrierter Schaltkreis mit einer programmierbaren Anordnung, wobei die programmierbare Anordnung aufweist:

- ein Substrat;
- mindestens eine erste Elektrode, die in oder über dem Substrat angeordnet ist;
- eine Ionenleiter-Dotier-Material-Schicht, die über der mindestens einen ersten Elektrode angeordnet ist;
- eine Ionenleiter-Material-Matrix, die aus Chalkogenid-Material hergestellt ist, die über dem Ionenleiter-Dotier-Material angeordnet ist; und
- mindestens eine zweite Elektrode, die über der Ionenleiter-Material-Matrix angeordnet ist.

15. Verfahren zum Herstellen eines integrierten Schaltkreises mit einer programmierbaren Anordnung, wobei das Verfahren aufweist:

- Abscheiden von Ionenleiter-Dotier-Material auf oder über der mindestens einen ersten Elektrode, die in oder über dem Substrat angeordnet ist;
- Abscheiden von Ionenleiter-Material auf oder über dem Ionenleiter-Dotier-Material; und
- Bilden von mindestens einer zweiten Elektrode auf oder über dem Ionenleiter-Material.

16. Verfahren gemäß Anspruch 15, ferner aufweisend:

- Bilden der mindestens einen ersten Elektrode in, auf oder über dem Substrat.

17. Verfahren gemäß Anspruch 15, ferner aufweisend:

- Bilden eines Grabens in dem Substrat;
- Bilden der mindestens einen ersten Elektrode in dem Graben.

18. Verfahren gemäß Anspruch 15, wobei das Bilden der mindestens einen ersten Elektrode das Bilden der mindestens einen ersten Elektrode gemäß einem Damaszener-Verfahren aufweist.

19. Verfahren gemäß Anspruch 15, wobei das Abscheiden von Ionenleiter-Material auf oder über dem Ionenleiter-Dotier-Material ein selektives Abscheiden des Ionenleiter-Materials auf oder über dem Ionenleiter-Dotier-Material aufweist.

20. Verfahren gemäß Anspruch 15, wobei das Abscheiden von Ionenleiter-Material auf oder über dem Ionenleiter-Dotier-Material das physikalische Abscheiden des Ionenleiter-Materials auf oder über dem Ionenleiter-Dotier-Material aufweist.

21. Verfahren zum Herstellen eines integrierten Schaltkreises mit einer programmierbaren Anord-

nung,

wobei das Verfahren aufweist:

- Abscheiden von Ionenleiter-Dotier-Material auf oder über mindestens einer ersten Elektrode, die in oder über einem Substrat angeordnet ist;
- Abscheiden von Ionenleiter-Material auf oder über dem Ionenleiter-Dotier-Material;
- Bilden von mindestens einer zweiten Elektrode auf oder über dem Ionenleiter-Material;
- Eintreiben von zumindest einem Teil des abgeschiedenen Ionenleiter-Dotier-Materials in das abgeschiedene Ionenleiter-Material.

22. Verfahren gemäß Anspruch 21, wobei das Eintreiben von zumindest einem Teil des abgeschiedenen Ionenleiter-Dotier-Materials in das abgeschiedene Ionenleiter-Material das Bestrahlen von zumindest einem Teil der programmierbaren Anordnung mit Licht aufweist.

23. Verfahren gemäß Anspruch 22, wobei das Eintreiben von zumindest einem Teil des abgeschiedenen Ionenleiter-Dotier-Materials in das abgeschiedene Ionenleiter-Material das Bestrahlen von zumindest einem Teil der programmierbaren Anordnung mit ultraviolettem Licht aufweist.

24. Verfahren gemäß Anspruch 21, wobei das Eintreiben von zumindest einem Teil des abgeschiedenen Ionenleiter-Dotier-Materials in das abgeschiedene Ionenleiter-Material das Erhitzen von zumindest einem Teil der programmierbaren Anordnung aufweist.

25. Speichermodul, aufweisend:

- eine Vielzahl von integrierten Schaltkreisen, wobei zumindest ein integrierter Schaltkreis der Vielzahl von integrierten Schaltkreisen eine programmierbare Anordnung aufweist, wobei die programmierbare Anordnung aufweist:
  - ein Substrat;
  - mindestens eine erste Elektrode, die in oder über dem Substrat angeordnet ist;
  - Ionenleiter-Dotier-Material, das über der mindestens einen ersten Elektrode angeordnet ist,
  - Ionenleiter-Material, das über dem Ionenleiter-Dotier-Material angeordnet ist; und
  - mindestens eine zweite Elektrode, die über dem Ionenleiter-Material angeordnet ist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

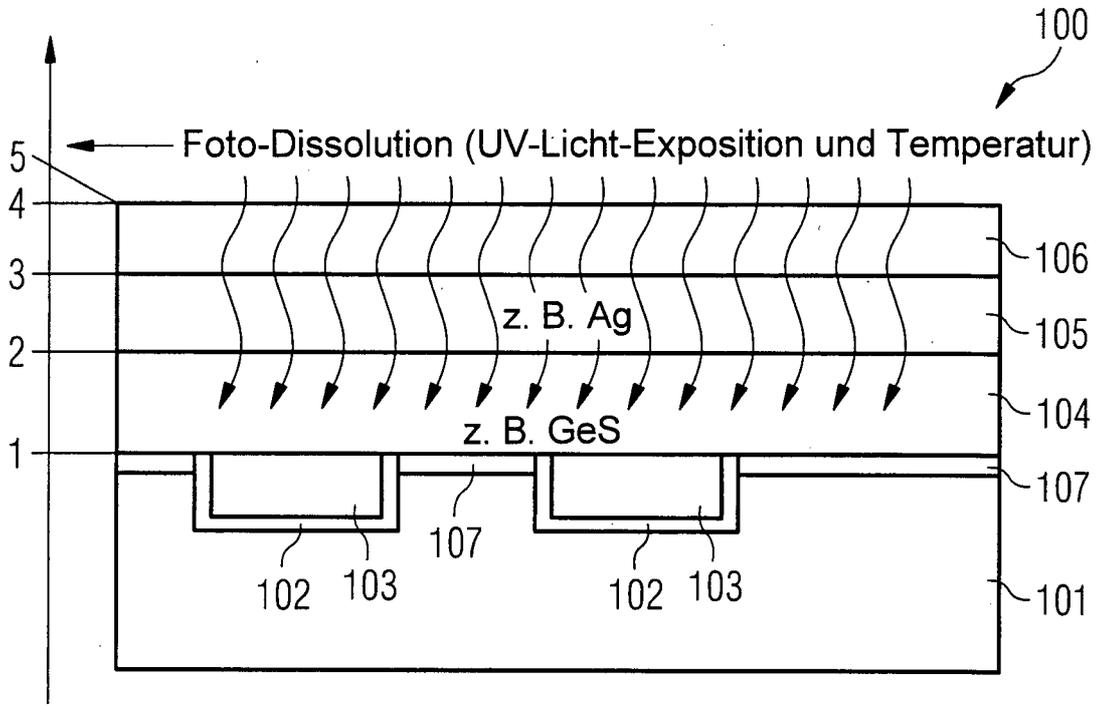


FIG 2

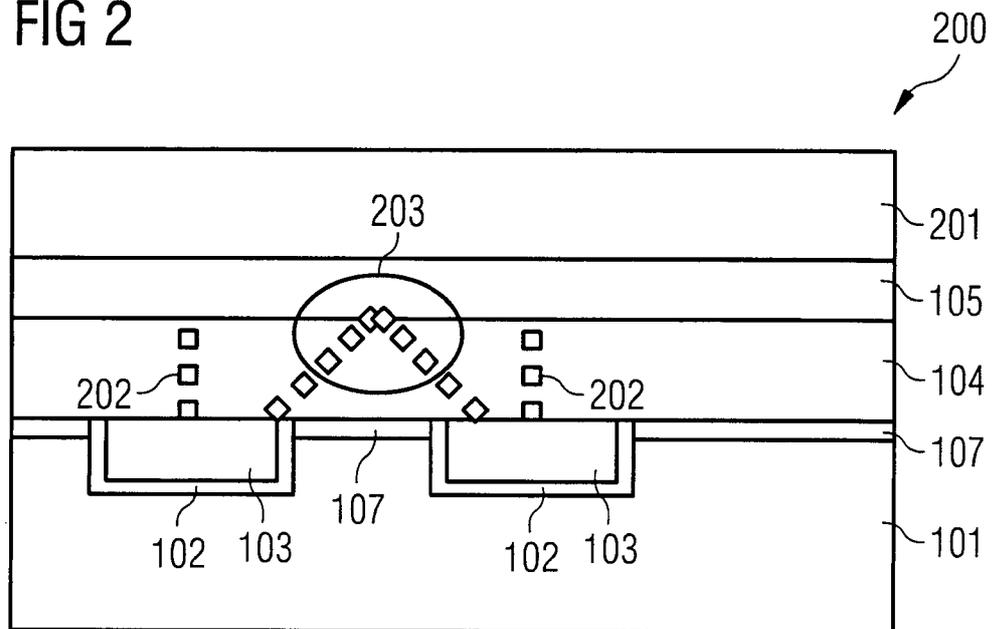


FIG 3

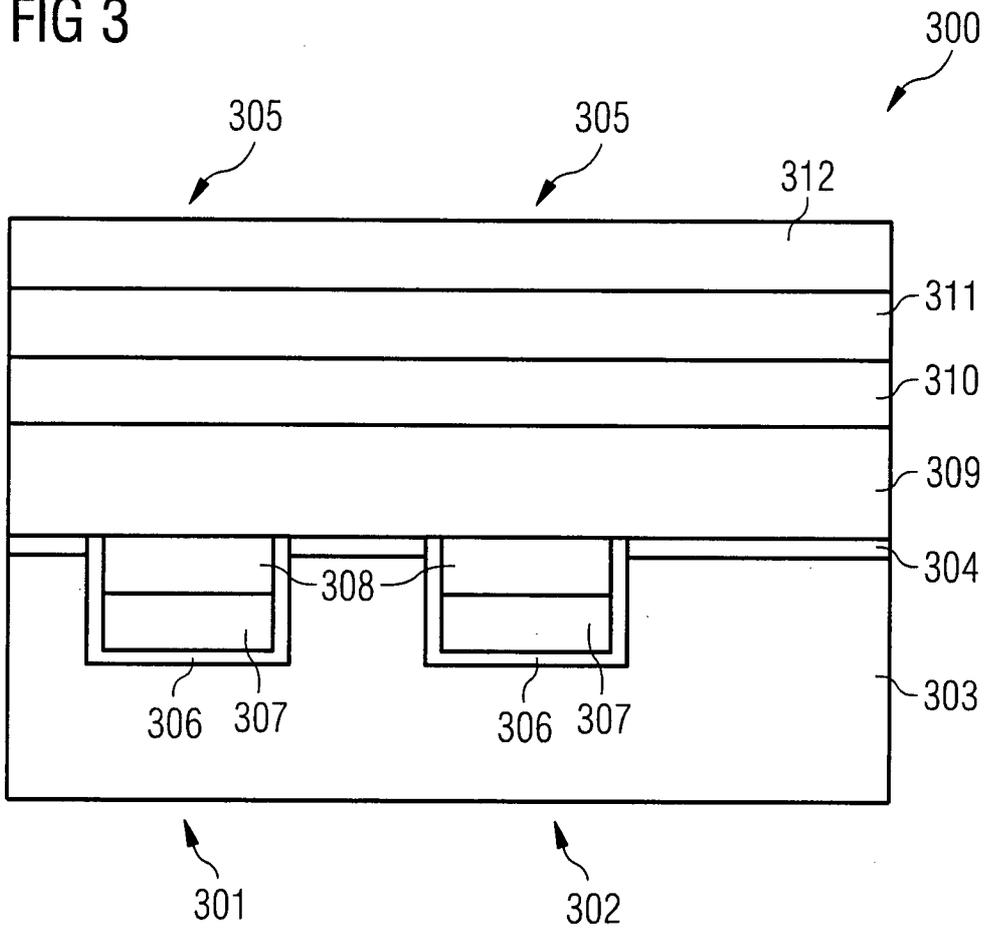


FIG 4A

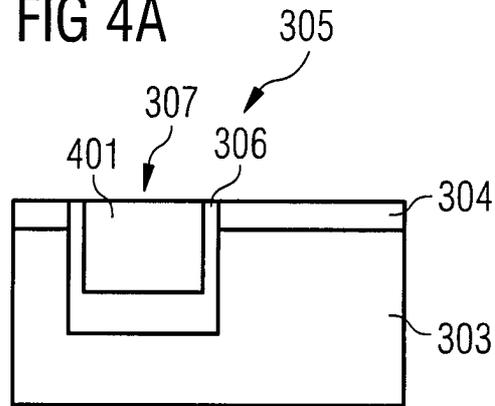


FIG 4B

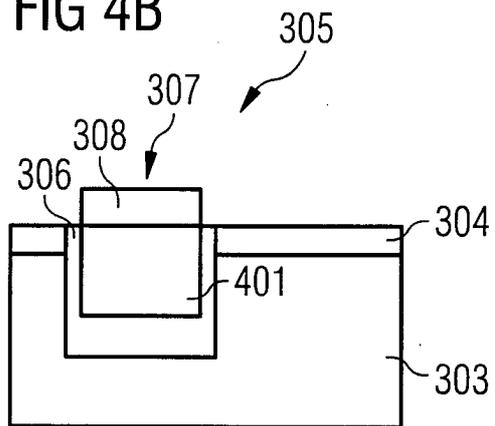
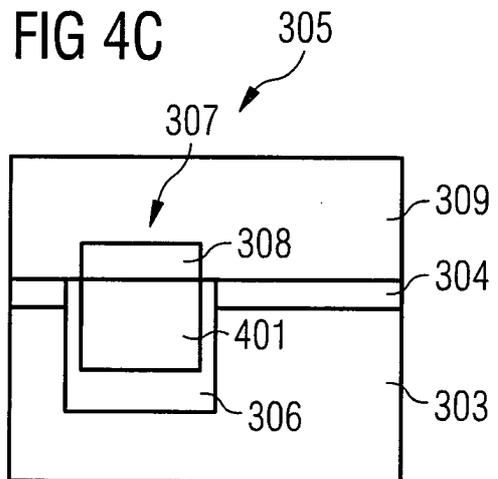
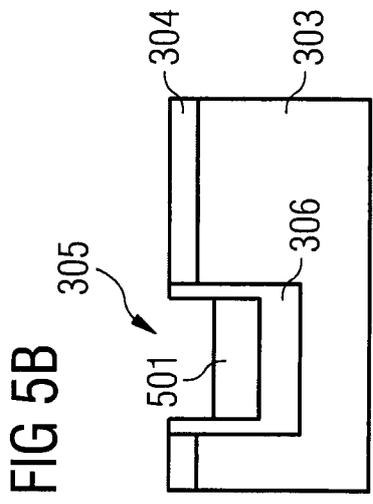
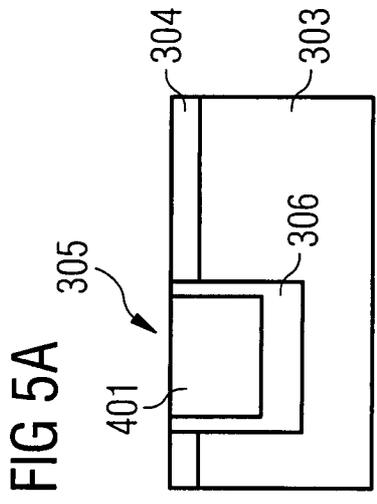
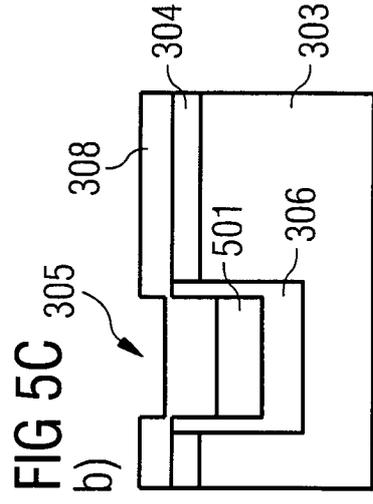
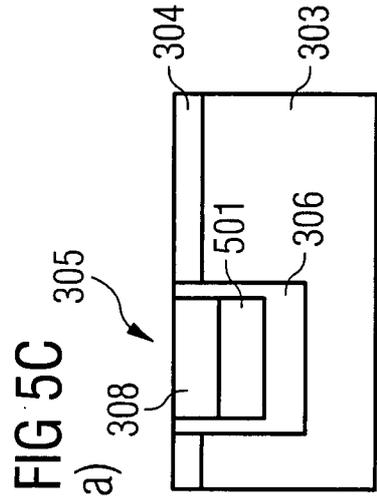
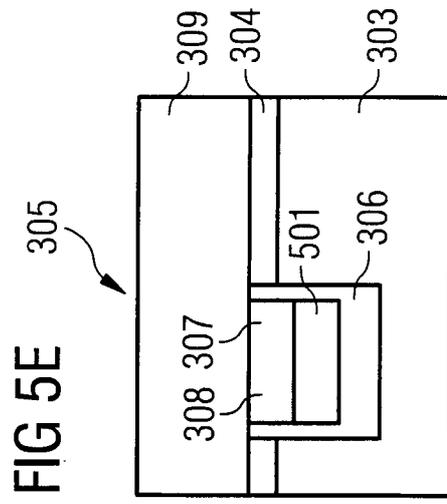
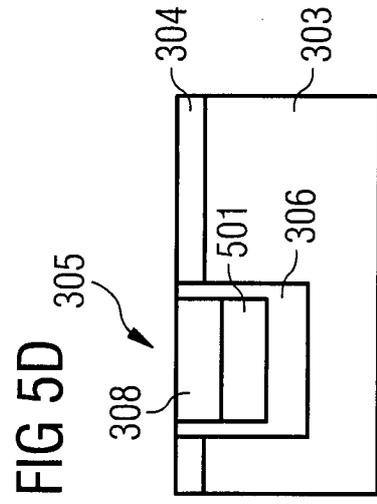


FIG 4C





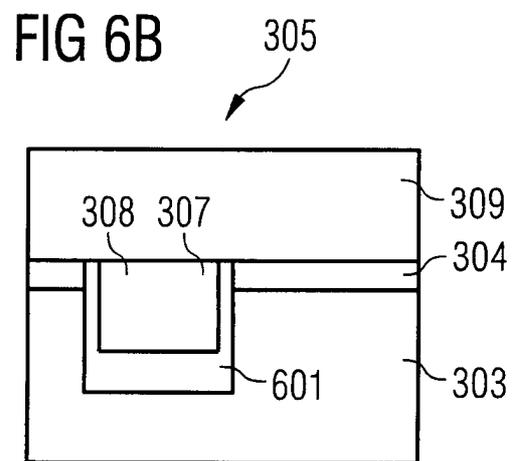
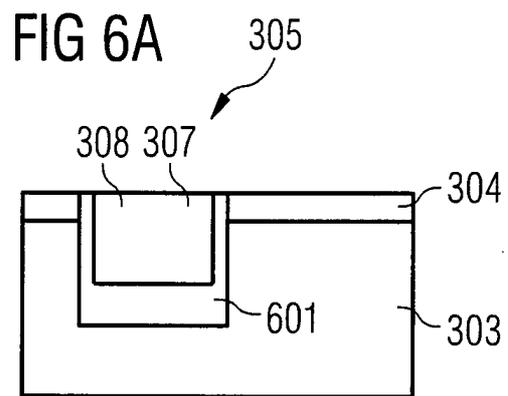


FIG 7A

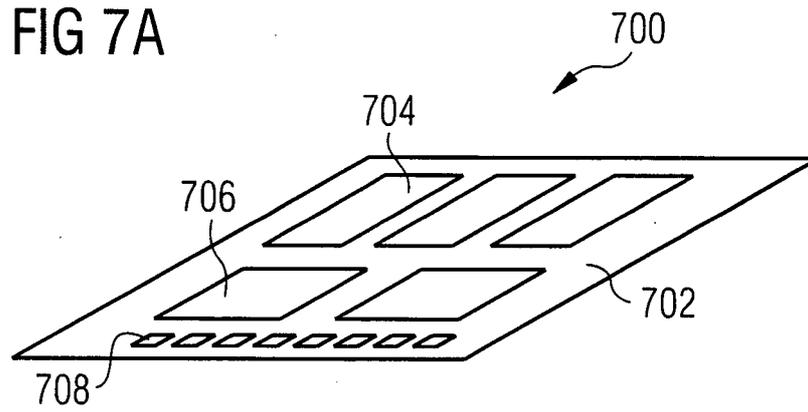


FIG 7B

