

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## URKUNDE

über die Erteilung des

**Patents**

Nr. 38 23 901

**Bezeichnung:**

**Verfahren zur Herstellung ferroelektrischer  
Festkörperbauelemente**

**Patentinhaber:**

**Ploss, Bernd, Dr.rer.nat., 7550 Rastatt, DE; Bauer,  
Siegfried, Dipl.-Phys., 7507 Pfinztal, DE**

**Erfinder:**

**gleich Inhaber**

**Tag der Anmeldung: 14.07.1988**

**München, den 25.10.1990**

**Der Präsident  
des Deutschen Patentamts**

**Dr. Häußer**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑪ DE 3823901 C2

⑳ Aktenzeichen: P 38 23 901.9-35  
㉑ Anmeldetag: 14. 7. 88  
㉒ Offenlegungstag: 1. 2. 90  
㉓ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 25. 10. 90

㉔ Int. Cl. 5:  
**H01L 41/22**  
H 01 L 29/78  
B 32 B 7/04  
G 11 C 5/02

DE 3823901 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉕ Patentinhaber:  
Ploss, Bernd, Dr.rer.nat., 7550 Rastatt, DE; Bauer,  
Siegfried, Dipl.-Phys., 7507 Pfinztal, DE

㉖ Vertreter:  
Wolf, E., Dipl.-Phys. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 7000  
Stuttgart

㉗ Erfinder:  
gleich Patentinhaber

㉘ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 36 02 887 A1  
DE 34 25 882 A1  
DE 32 21 145 A1  
DE 26 37 623 A1  
US 27 91 761  
EP 00 44 342 B1

US-Z.: IEEE Tr. on Electronic Devices, Vol. ED-29,  
No. 1, 1982, S. 27-33;  
US-Z.: IEEE Tr. on Electronic Devices, Vol. ED-21,  
No. 8, 1974, S. 499-504;  
US-Z.: Aconstical Holography, Vol. VIII, Juli 1979,  
S. 69-95;

㉙ Verfahren zur Herstellung ferroelektrischer Festkörperbauelemente

DE 3823901 C2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung ferroelektrischer Festkörperbauelemente, bei welchem ein Ferroelektrikum in Form einer vorgefertigten polarisierten oder polarisierbaren Schicht in festem Zustand mit Hilfe einer zugleich als Haftvermittler und als dielektrisches Koppelglied ausgebildeten dünnen isolierenden Zwischenschicht auf ein aus Halbleitermaterial bestehendes Substrat aufgebracht wird, und bei welchem die Zwischenschicht zuvor zwischen das Substrat und das Ferroelektrikum eingebracht wird. Die Erfindung betrifft weiter ein Festkörperbauelement mit einem Halbleitersubstrat und einem unter Zwischenschaltung einer isolierenden Zwischenschicht auf der Substratoberfläche angeordneten, als vorgefertigte polarisierte oder polarisierbare Schicht ausgebildeten Ferroelektrikum, wobei die Zwischenschicht aus einem das Substrat und das Ferroelektrikum mechanisch miteinander verbindenden und dielektrisch koppelnden Material besteht.

Die ferroelektrischen Festkörperbauelemente umfassen dabei auch pyro- oder piezoelektrische Bauelemente. Wenn somit im folgenden von einem "Ferroelektrikum" gesprochen wird, ist damit ein Ferro-, Pyro- oder Piezoelektrikum gemeint.

Aus der US-A 27 91 761 ist ein Halbleiterbauelement bekannt, bei dessen Herstellung ein polarisierbares Ferroelektrikum schichtförmig mit einem Halbleitersubstrat verbunden wird, wobei Zwischenräume zwischen dem Ferroelektrikum und dem Halbleitersubstrat durch ein flüssiges oder wachsartiges, zuvor auf eine der Oberflächen aufgetragenes Dielektrikum, z. B. Nitrobenzol oder Äthylencyanid ausgefüllt werden. Diese Dielektrika gewährleisten zwar aufgrund von Adhäsionskräften bzw. aufgrund klebriger Beschaffenheit einen gewissen Zusammenhalt zwischen dem Ferroelektrikum und dem Halbleitersubstrat, jedoch besteht keine feste mechanische Verbindung, durch die sich unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten kompensieren lassen und die einen dauerhaften Zusammenhalt der beiden Schichten garantiert. Außerdem weisen sowohl Äthylencyanid als auch Nitrobenzol eine relativ hohe Viskosität auf und lassen sich daher nur mit Schwierigkeiten in sehr dünnen Schichten gleichmäßig auftragen.

Aus der Zeitschrift "Acoustical Holography", Vol. 8, Juni 1979, Seite 69 bis 95 ist es weiter bei einem piezoelektrischen Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor an sich bekannt, eine feste mechanische Verbindung zwischen einer polarisierten Polyvinylidenfluoridfolie als Ferroelektrikum und einer Siliziumhalbleiterplatte herzustellen. Als Haftvermittler dient dort ein spezielles Zweikomponenten-Epoxidharz, dessen besonders niedrige Viskosität Schichtstärken von weniger als 5 µm ermöglicht. Um zu gewährleisten, daß eine durch eine Druckverteilung erzeugte Flächenladungsdichte möglichst ungeschwächt zur Substratseite übertragen wird, sollte jedoch auch dort die isolierende Zwischenschicht mindestens um eine Größenordnung dünner als die ferroelektrische Schicht sein. Durch eine zusätzliche, bei dem bekannten Feldeffekttransistor zwischen Halbleitersubstrat und Ferroelektrikum angeordnete, die GATE-Elektrode umschließende Isolierschicht aus SiO<sub>2</sub> entspricht dies einer maximalen Schichtstärke der Epoxidharzschicht von 1,5 µm. Derartig dünne Schichten lassen sich auch mit dünnflüssigen Epoxidharzen nicht ohne weiteres gleichmäßig auftragen, zumal beim exothermen Aushärtvorgang Volumenveränderungen auf-

grund von Ausgasungen oder einer ungleichmäßigen Temperaturverteilung auftreten können.

Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs angegebenen Art zu entwickeln, mit welchem eine sehr dünne und gleichmäßige isolierende Zwischenschicht hergestellt werden kann, die zugleich einen ausreichenden mechanischen Zusammenhalt zwischen Substrat und Ferroelektrikum gewährleistet, sowie Festkörperbauelemente hierzu anzugeben.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird bei dem Verfahren der eingangs angegebenen Art gemäß einer ersten Variante der Erfindung vorgeschlagen, daß als Zwischenschicht ein thermoplastisches Material verwendet wird, daß das thermoplastische Material in einem organischen Lösemittel gelöst und als Lösung auf das Substrat oder die vorgefertigte ferroelektrische Schicht dünn aufgetragen wird und daß nach dem Verdampfen des Lösemittels die vorgefertigte ferroelektrische Schicht auf das Substrat aufgelegt und unter Einwirkung von Druck und/oder Wärme mit einer über dem Erweichungspunkt des thermoplastischen Materials aber unter dem Erweichungs- und/oder Depolarisierungspunkt des Ferroelektrikums liegenden Temperatur mit dem Substrat verbunden wird.

Als organisches Lösungsmittel kann beispielsweise Benzin, Aceton oder Äthanol verwendet werden. Als thermoplastisches Material wird vorzugsweise Polyisobutylen eingesetzt, das einen Erweichungspunkt von ca. 100°C aufweist und in Benzin gelöst werden kann.

Alternativ dazu sieht eine weitere Lösungsvariante vor, daß als Zwischenschicht eine thermoplastische Folie verwendet wird und daß nach dem Einbringen der Folie die vorgefertigte ferroelektrische Schicht auf das Substrat aufgelegt und unter Einwirkung von Druck und/oder Wärme mit einer über dem Erweichungspunkt der thermoplastischen Folie aber unter dem Erweichungs- und/oder Depolarisierungspunkt des Ferroelektrikums liegenden Temperatur mit dem Substrat verbunden wird.

Beide Lösungsvarianten ermöglichen es, die isolierende Zwischenschicht sehr dünn und über die gesamte Fläche gleichmäßig aufzutragen und Unebenheiten der Oberflächen des Ferroelektrikums einerseits und des Substrats andererseits auszugleichen. Nach der Einwirkung des Drucks und/oder der Wärme ergibt sich eine innige mechanische Verbindung von Ferroelektrikum, Thermoplast und Substrat, so daß unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten kompensiert werden können. Da über die dielektrische Zwischenschicht ein elektrisches Signal vom Ferroelektrikum zum Substrat übertragen wird, sind auf der dem Substrat zugewandten Seite des Ferroelektrikums keine Elektrodenstrukturen erforderlich. Um ferroelektrische Signale ortsaufgelöst zu detektieren genügt eine gemeinsame Elektrode auf der Oberseite des Ferroelektrikums in Verbindung mit geeigneten Strukturen auf dem Substrat. Die sehr geringe Schichtstärke der Zwischenschicht ermöglicht außerdem eine gute Ankopplung der ferroelektrischen Signale an das Substrat.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird als Ferroelektrikum eine Folie aus Polyvinylidenfluorid, vorzugsweise mit einer Dicke von 5 bis 50 µm verwendet, die vor dem Verbinden mit dem Substrat polarisiert und vorzugsweise auf der dem Substrat gegenüberliegenden Fläche zumindest teilweise metallisiert wird.

Als Halbleitersubstrat kommt vorteilhafterweise ein

einzelnes Bauelement, ein lineares Feldeffekttransistor-Array oder ein flächenhaftes Feldeffekttransistor-Array in Betracht. Durch Aufbringen des Ferroelektrikums auf das Halbleitersubstrat und durch Aufbringen einer GATE-Elektrode auf das Ferroelektrikum kann ein MIS-Feldeffekttransistor hergestellt werden, bei dem durch die Reihenschaltung von Ferroelektrikum und dielektrischer Zwischenschicht der GATE-Isolator gebildet wird.

Die ferroelektrische Schicht wird zweckmäßig im wesentlichen auf Substratgröße zugeschnitten bevor sie auf das Halbleitersubstrat aufgelegt und mit diesem verbunden wird.

Bei einem dieser Verfahren hergestellten Festkörperbauelement besteht erfindungsgemäß das Material der Zwischenschicht aus einem thermoplastischen Kunststoff, dessen Erweichungspunkt niedriger als der Erweichungs- und/oder Depolarisierungspunkt des Ferroelektrikums ist.

Um zu gewährleisten, daß die durch eine Temperatur- oder Druckverteilung erzeugte Flächenladungsdichte möglichst ungeschwächt zur Substratseite übertragen wird ist die isolierende Zwischenschicht vorzugsweise um mindestens eine Größenordnung dünner als die ferroelektrische Schicht. Bei einer Schichtdicke des Ferroelektrikums zwischen 5 und 50  $\mu\text{m}$  beträgt die Dicke der Zwischenschicht zweckmäßig 0,5 bis 5  $\mu\text{m}$ .

Für ein nach den erfindungsgemäßen Verfahren hergestelltes Festkörperbauelement gibt es eine Reihe von Anwendungsmöglichkeiten: So kann mit einer geeigneten Elektrodenstruktur auf dem Substrat das Ferroelektrikum als eindimensionales oder als zweidimensionales Transistor-Array beschaltet werden. Weiter kann als Substrat eine integrierte Schaltung verwendet werden, die elektronische Strukturen zur Verarbeitung der ferroelektrischen Signale enthält. Ein auf diese Weise hergestellter Festkörpersensor kann unter anderem als piezoelektrisches Bauelement, beispielsweise als Drucksensor, als taktile Sensor oder als pyroelektrischer Strahlungssensor benutzt werden. Bei entsprechender Verschaltung kann das Festkörperbauelement auch als elektronischer Speicher verwendet werden.

Bei einem ferroelektrischen Feldeffekttransistor ist der Isolator eines üblichen MIS-Feldeffekttransistors durch ein Ferroelektrikum ersetzt (vgl. DE-PS 26 09 292 mit Natriumnitrit als Ferroelektrikum). Bei Anwendung der vorliegenden Erfindung auf Feldeffekttransistoren besteht der Isolator aus einem Ferroelektrikum in Reihe mit der erfindungsgemäßen dielektrischen Schicht. Diese dielektrische Schicht wird im äußeren Feld des Ferroelektrikums polarisiert, so daß die Anordnung wie ein ferroelektrischer Feldeffekttransistor wirkt. Insbesondere ist es möglich, eine lineare oder flächenhafte Anordnung von Feldeffekttransistoren auf einem integrierten Schaltkreis für die Anwendung als Sensor oder als Speicher mit einem festen Ferroelektrikum zu beschichten.

Im folgenden wird die Erfindung anhand zweier Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 einen Schnitt durch einen ferroelektrischen Feldeffekttransistor mit dielektrischer Zwischenschicht;

Fig. 2 einen Schnitt durch einen ferroelektrischen Feldeffekttransistor mit dielektrischer Zwischenschicht und GATE-Metallisierung;

Fig. 3 ein Array aus ferroelektrischen Feldeffekttransistoren;

Fig. 4 eine ferroelektrische Speicherzelle in schematischer Darstellung.

Die in den Fig. 1 bis 3 dargestellten Bauelemente bestehen im wesentlichen aus einem Halbleitersubstrat 10, einer über einer isolierenden Zwischenschicht 12 mit dem Halbleitersubstrat 10 verbundenen Polyvinylidenfluorid-Folie als Ferroelektrikum 14, einer auf die Außenseite der Folie 14 aufgebracht Metallschicht 16 und einer Absorberschicht 18 aus Graphit. Die bevorzugt aus Polyisobutylen bestehende Zwischenschicht hat eine Dicke von ca. 1  $\mu\text{m}$ , während die ferroelektrische Polyvinylidenfluoridschicht zwischen 5 und 50  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise 8 bis 25  $\mu\text{m}$  dick ist.

Bei dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel sind im Halbleitersubstrat 10 zusätzlich Source- und Drain-Elektroden 20, 22 integriert, die über die Zwischenschicht 12 dielektrisch mit dem Ferroelektrikum 14 unter Bildung eines pyroelektrischen Feldeffekttransistors gekoppelt sind. Das Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 unterscheidet sich vom Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 durch die zusätzliche GATE-Metallisierung 24 auf der Oberfläche des Substrats 10.

Bei dem in Fig. 3 gezeigten Ausführungsbeispiel enthält das Halbleiter-Substrat eine Elektrodenstruktur, die in Verbindung mit dem Ferroelektrikum ein Array aus ferroelektrischen Feldeffekttransistoren bildet. Die ferroelektrische Schicht 14 besteht aus einer polarisierten Folie aus Polyvinylidenfluorid ohne Oberflächenstruktur, die durch den aus Polyisobutylen bestehenden dielektrischen Haftvermittler 12 mit dem Halbleitersubstrat 10 verbunden und gekoppelt ist.

#### Ausführungsbeispiel 1

Auf einem Halbleitersubstrat mit integriertem Schaltkreis sind Feldeffekttransistoren als ein- oder zweidimensionales Array angeordnet. Zweckmäßig enthält der integrierte Schaltkreis zusätzlich Multiplexer, mit denen jeweils einer der Feldeffekttransistoren ausgewählt werden kann, sowie eine Verstärkerschaltung, die das Signal des selektierten Feldeffekttransistors verstärkt und einem Ausgang zuführt. Eine Folie aus Polyvinylidenfluorid mit einer Dicke von 25  $\mu\text{m}$  wird einseitig metallisiert. Auf die andere Seite wird in Benzin gelöstes Polyisobutylen aufgetropft und durch Schleudern gleichmäßig auf der Folienoberfläche verteilt. Die Menge an gelöstem Polyisobutylen und die Parameter des Schleudervorgangs werden dabei so gewählt, daß sich nach dem Verdunsten des Lösemittels eine Polyisobutylenschicht von etwa 1  $\mu\text{m}$  Dicke bildet. Danach wird die Folie etwa in Substratgröße zugeschnitten und mit der Schichtseite auf die Array-Seite des Substrats gelegt. Sodann wird die Anordnung unter leichtem Druck von ca. 1 N/cm<sup>2</sup> auf die Erweichungstemperatur des Polyisobutylens, die bei etwa 90 bis 100°C liegt, erwärmt und anschließend rasch wieder auf Zimmertemperatur abgekühlt. Im Anschluß daran wird die metallisierte Oberfläche der Folie z. B. durch Bonden 26 mit der elektrischen Masse des integrierten Schaltkreises auf dem Substrat verbunden. Dadurch erhält man ein integriertes Array von ferroelektrischen Sensoren. Durch Selektieren von jeweils einem der Feldeffekttransistoren mit Hilfe des Multiplexers und Digitalisieren des Ausgangssignals mit Hilfe eines A/D-Wandlers können die Sensorsignale in einen Rechner eingelesen und dort verarbeitet werden.

#### Ausführungsbeispiel 2

Zur Herstellung eines ferroelektrischen Speicher-Array

rays mit ferroelektrischen Speicherzellen entsprechend Fig. 4 wird ein integrierter Schaltkreis benutzt, bei dem in jeder Zelle des Arrays zusätzlich zu einem Feldeffekttransistor 30 (wie beim Ausführungsbeispiel 1) mindestens ein weiterer Feldeffekttransistor 32 angeordnet ist, der als Schalter dienen kann. Dadurch entsteht ein Festkörperbauelement, bei welchem über den Schaltertransistor 32 in einem kleinen Bereich des Ferroelektrikums 14 eine positive oder negative Spannung angelegt wird, wodurch dieser Bereich senkrecht zur Oberfläche gepolt wird. Das Vorzeichen der Spannung bestimmt dabei die Orientierung der Polarisation. Diese kann beispielsweise über eine Multiplexer-Schaltung ausgelesen werden. Der Vorteil eines solchen ferroelektrischen Speichers ist dabei, daß die Polarisation des Ferroelektrikums 14 und damit die gespeicherte Information auch nach dem Abschalten der Betriebsspannung erhalten bleibt. Als Ferroelektrikum kommt in diesem Fall vorzugsweise Blei-Zirkon-Titanat in Betracht, das erforderlichenfalls in eine Folie eingebettet werden kann.

Für ferroelektrische Festkörperbauelemente, die gemäß den Ausführungsbeispielen hergestellt wurden, gibt es vielfältige Anwendungsmöglichkeiten. Insbesondere bietet sich die Verwendung als Strahlungssensor an, wenn bei einem Bauelement nach Ausführungsbeispiel 1 zusätzlich auf die Metallisierung des Ferroelektrikums eine strahlungsabsorbierende Graphitschicht 18 aufgebracht wird. Je nach Ausführung der integrierten Schaltung können dann ein- oder zweidimensionale Wärmebilder aufgenommen werden. Ebenso ist es mit einem Sensor dieser Bauart möglich, Druckverteilungen zu messen. Bringt man auf das Piezoelektrikum noch eine weiche Substanz auf, die Kräfte auf das Piezoelektrikum übertragen kann, so eignet sich das Bauelement als taktile Sensor, mit dem beispielsweise bei Roboteranwendungen gemessen werden kann, welche Druckverteilung ein Greifer auf einen Gegenstand ausübt.

Ein gemäß Ausführungsbeispiel 2 hergestellter Datenspeicher hat den Vorteil, daß die gespeicherten Daten nicht flüchtig sind. Es bietet sich daher an, eine solche Baugruppe zusätzlich in Schreib-Lese-Speicher (RAM) zu integrieren, so daß vor dem Abschalten der Betriebsspannung der Speicherinhalt des flüchtigen RAM-Speichers in den nicht flüchtigen ferroelektrischen Speicher übertragen werden kann.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung ferroelektrischer Festkörperbauelemente, bei welchem ein Ferroelektrikum in Form einer vorgefertigten polarisierten oder polarisierbaren Schicht in festem Zustand mit Hilfe einer zugleich als Haftvermittler und als dielektrisches Koppelglied ausgebildeten dünnen isolierenden Zwischenschicht auf ein aus Halbleitermaterial bestehendes Substrat aufgebracht wird, und bei welchem die Zwischenschicht zuvor zwischen das Substrat und das Ferroelektrikum eingebracht wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Zwischenschicht ein thermoplastisches Material verwendet wird, daß das thermoplastische Material in einem organischen Lösemittel gelöst und als Lösung auf das Substrat oder die vorgefertigte ferroelektrische Schicht dünn aufgetragen wird und daß nach dem Verdampfen des Lösemittels die vorgefertigte ferroelektrische Schicht auf das Substrat aufgelegt und unter Einwirkung von Druck und/oder Wärme mit einer über dem Erweichungspunkt

des thermoplastischen Materials aber unter dem Erweichungs- und/oder Depolarisierungspunkt des Ferroelektrikums liegenden Temperatur mit dem Substrat verbunden wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Polyisobutylen als thermoplastisches Material in Benzin als Lösemittel gelöst wird.

3. Verfahren zur Herstellung ferroelektrischer Festkörperbauelemente, bei welchem ein Ferroelektrikum in Form einer vorgefertigten polarisierten oder polarisierbaren Schicht in festem Zustand mit Hilfe einer zugleich als Haftvermittler und als dielektrisches Koppelglied ausgebildeten dünnen isolierenden Zwischenschicht auf ein aus Halbleitermaterial bestehendes Substrat aufgebracht wird, und bei welchem die Zwischenschicht zuvor zwischen das Substrat und das Ferroelektrikum eingebracht wird, dadurch gekennzeichnet, daß als Zwischenschicht eine thermoplastische Folie verwendet wird, und daß nach dem Einbringen der Folie die vorgefertigte ferroelektrische Schicht auf das Substrat aufgelegt und unter Einwirkung von Druck und/oder Wärme mit einer über dem Erweichungspunkt der thermoplastischen Folie aber unter dem Erweichungs- und/oder Depolarisierungspunkt des Ferroelektrikums liegenden Temperatur mit dem Substrat verbunden wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Ferroelektrikum eine Folie aus Polyvinylidenfluorid vorzugsweise mit einer Dicke von 5 bis 50 µm verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgefertigte ferroelektrische Schicht vor dem Verbinden mit dem Substrat polarisiert und vorzugsweise auf der dem Substrat gegenüberliegenden Fläche zumindest teilweise metallisiert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Halbleitersubstrat ein einzelnes Bauelement, ein lineares Feldeffekttransistor-Array oder ein flächenhaftes Feldeffekttransistor-Array verwendet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß durch Aufbringen des Ferroelektrikums mittels Zwischenschicht auf das Halbleitersubstrat und durch Aufbringen einer GATE-Elektrode auf das Ferroelektrikum ein MIS-Feldeffekttransistor gebildet wird, bei dem durch die Reihenschaltung von Ferroelektrikum und dielektrischer Zwischenschicht der GATE-Isolator gebildet wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die ferroelektrische Schicht im wesentlichen auf Substratgröße zugeschnitten wird, bevor sie auf das Halbleitersubstrat aufgelegt und mittels Zwischenschicht mit diesem verbunden wird.

9. Festkörperbauelement mit einem Halbleitersubstrat und einem unter Zwischenschaltung einer isolierenden Zwischenschicht auf der Substratoberfläche angeordneten, als vorgefertigte polarisierte oder polarisierbare Schicht ausgebildeten Ferroelektrikum, wobei die Zwischenschicht aus einem das Substrat und das Ferroelektrikum mechanisch miteinander verbindenden und dielektrisch koppelnden Material besteht, dadurch gekennzeichnet, daß das Material der Zwischenschicht aus einem thermoplastischen Kunststoff besteht, dessen Er-

weichungspunkt niedriger als der Erweichungs- und/oder Depolarisierungspunkt des Ferroelektrikums ist.

10. Festkörperbauelement nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die isolierende Zwischenschicht (12) vorzugsweise um mindestens eine Größenordnung dünner als die ferroelektrische Schicht (14) ist. 5

11. Festkörperbauelement nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtdicken des Ferroelektrikums (14) 5 bis 50  $\mu\text{m}$  und der Zwischenschicht (12) 0,5 bis 5  $\mu\text{m}$  betragen. 10

12. Festkörperbauelement nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die ferroelektrische Schicht (14) als polarisierte Polyvinylidenfluoridfolie ausgebildet ist. 15

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1:

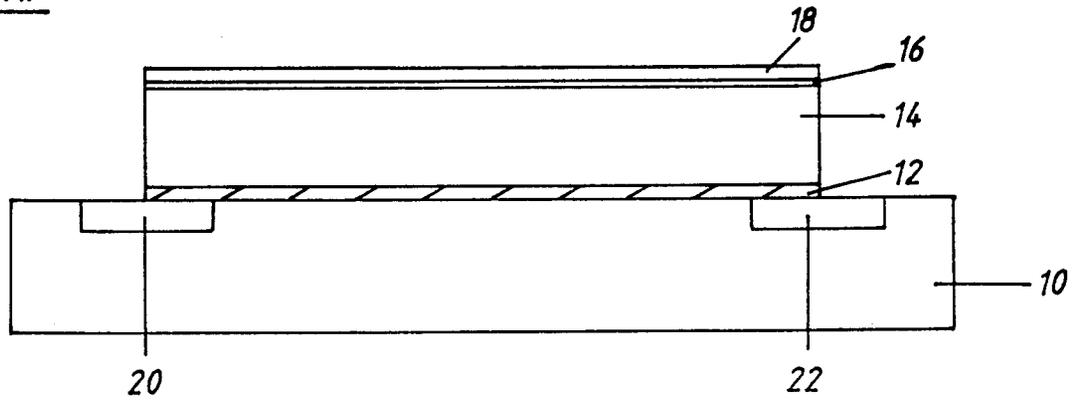


Fig. 2:

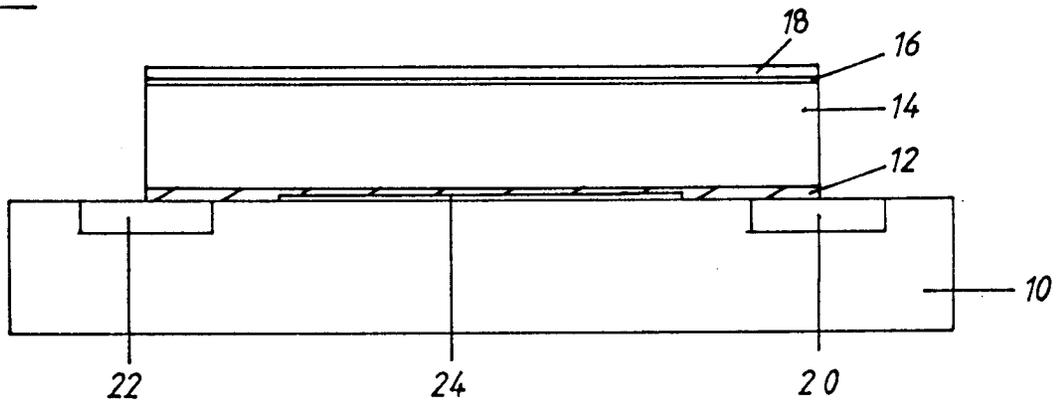


Fig. 3:

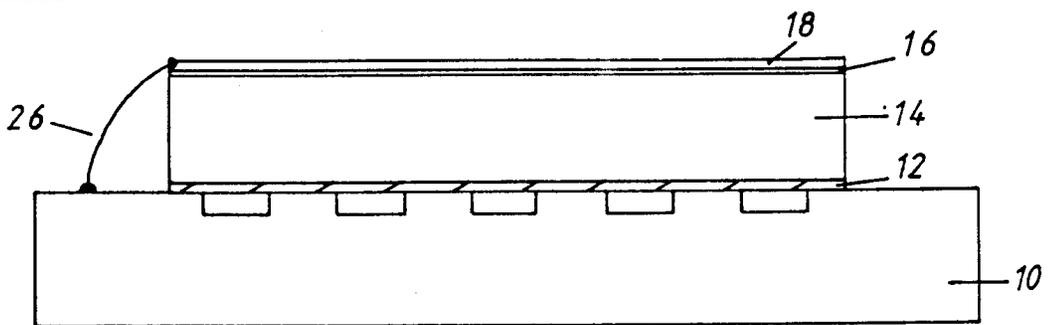


Fig. 4:

