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

(10) **DE 696 33 367 T2** 2005.09.22

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 753 887 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 33 367.8**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 111 080.6**
(96) Europäischer Anmeldetag: **10.07.1996**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **15.01.1997**
(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **15.09.2004**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **22.09.2005**

(51) Int Cl.[7]: **H01L 21/3205**
H01G 4/20, H01L 29/92

(30) Unionspriorität:
17852495 14.07.1995 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, NL

(73) Patentinhaber:
MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD., Kadoma, Osaka, JP

(74) Vertreter:
PRÜFER & PARTNER GbR, 81545 München

(72) Erfinder:
Matsuda, Akihiro, Suita-shi, Osaka 565, JP; Arita, Koji, Osaka-shi, Osaka 533, JP; Nagano, Yoshihisa, Suita-shi, Osaka 565, JP; Uemoto, Yasuhiro, Otsu-shi, Shiga 520, JP; Nasu, Toru, Kyoto-shi, Kyoto 604, JP

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines in einer Halbleitervorrichtung integrierten Kondensators**

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

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

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Kondensators, der in eine Halbleiteranordnung integriert ist, und insbesondere eines Kondensators, der als Kondensator-Isolierschicht eine ferroelektrische Schicht oder eine dielektrische Schicht mit hoher Permittivität verwendet.

[0002] Jüngste Tendenzen zeigen, dass Halbleiteranordnungen, die gemeinhin in der Unterhaltungselektronik verwendet werden, eine höhere Packungsdichte und Integration haben. Dadurch müssen die integrierten Schaltungsmuster dieser Halbleiteranordnungen miniaturisiert werden. Diese elektronischen Geräte, die Halbleiteranordnungen hoher Packungsdichte enthalten, erzeugen elektromagnetisches Rauschen, wodurch unerwünschte Strahlung entsteht, was ernste Probleme mit sich bringt. Als Mittel zur Verringerung dieser unerwünschten Strahlung werden Kondensatoren mit einer hohen Kapazität unter Verwendung einer ferroelektrischen Schicht oder einer dielektrischen Schicht mit hoher Permittivität in die integrierten Halbleiterschaltkreise integriert.

[0003] Was den Betrieb von elektronischen Niederspannungsgeräten und die Entwicklung von nichtflüchtigen RAMs, die Signale mit hoher Geschwindigkeit schreiben und lesen können, betrifft, so haben technologische Entwicklungen in der elektronischen Industrie Bedarf an der Herstellung eines Kondensators hervorgerufen, der eine ferroelektrische Schicht mit spontaner Polarisierung auf dem integrierten Halbleiterschaltkreis hat.

[0004] Nachstehend wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen, in denen die Fig. 2(a), Fig. 2(b) und Fig. 2(c) einen Kondensator zeigen, der nach dem herkömmlichen Verfahren der Kondensatorherstellung unter Verwendung einer ferroelektrischen Schicht als Kondensator-Isolierschicht hergestellt wurde, das herkömmliche Verfahren beschrieben. Zunächst wird, wie in Fig. 2(a) gezeigt, eine erste Elektrode **2**, die aus Pt besteht, durch selektives Sputtern auf einem Substrat **1** ausgebildet. Dann wird, wie in Fig. 2(b) gezeigt, eine ferroelektrische Schicht **3**, die aus $SrBi_2Ta_2O_9$ besteht, in einer Schichtdicke im Bereich von 100 bis 250 nm auf der ersten Elektrode **2** mittels Schleuderbeschichtung, CVD-Verfahren (CVD = chemical vapour deposition; Abscheidung von Schichten aus der Gasphase) oder Sputtern ausgebildet und in einem Temperaturbereich von 650 bis 800°C in Sauerstoff-Atmosphäre gesintert. Anschließend wird, wie in Fig. 2(c) gezeigt, eine zweite Elektrode **4** aus Pt in einem Dickenbereich von 100 bis 300 nm auf der ferroelektrischen Schicht **3** durch Sputtern ausgebildet, sodass ein Kondensator entsteht.

[0005] Damit bei dem herkömmlichen Herstellungsverfahren die Kondensator-Isolierschicht eine ausreichend hohe Permittivität und eine ausreichende spontane Polarisation haben kann, muss jedoch die Kondensator-Isolierschicht mit einer Kristallkorngröße von mindestens etwa 100 nm ausgebildet werden. Diese Korngröße ist jedoch für die für eine Kondensator-Isolierschicht benötigte Dicke von 200 nm zu groß. Dadurch wird die Oberfläche der Kondensator-Isolierschicht sehr rau. Wenn der Kondensator unter Verwendung einer solchen Kondensator-Isblieschicht hergestellt wird, ist die dielektrische Festigkeit gering, die elektrischen Eigenschaften wie Permittivität und spontane Polarisation zeigen starke Schwankungen, oder die auf der zweiten Elektrode ausgebildeten Verbindungen können brechen, und schließlich hat die Halbleiteranordnung, die diesen Kondensator enthält, eine geringere Zuverlässigkeit.

[0006] Keines der herkömmlichen Herstellungsverfahren für Kondensatoren und keiner der nach diesen Verfahren hergestellten Kondensatoren, die vorstehend beschrieben worden sind, bieten die wichtigen Vorzüge der Herstellung eines Kondensators mit hervorragenden elektrischen Eigenschaften und hoher Zuverlässigkeit durch Glätten der Oberfläche der Kondensator-Isolierschicht.

[0007] Verwiesen sei auf US-A-5.390.072, das ein Verfahren zur Ausbildung eines Dünnschichtkondensators hoher Kapazität beschreibt, das das Ausbilden einer amorphen Schicht eines dielektrischen Materials auf der Oberfläche einer polykristallinen Schicht aus dem dielektrischen Material und das Anordnen der resultierenden Doppelschicht zwischen einer oberen und unteren Elektrode umfasst.

[0008] Verwiesen sei auch auf Thin Solid Films, Jg. 29, Nr. 2, 1995, S. 264–269, wo ein Verfahren zur Herstellung von ferroelektrischen $BaTiO_3$(BTO)-Dünnschichtkondensatoren mit geringem Leckverlust beschrieben wird. BTO-Dünnschichten mit einer Dicke von 220 bis 265 nm wurden durch reaktives HF-Magnetron-Sputtern aufgebracht. Als untere Elektrode der Kondensatoren auf SiO_2-Substraten wurde ein hoch stabiles und hoch leitendes Metalloxid, RuO_2, verwendet. Die BTO-Schichten, die bei niedrigen Temperaturen aufgebracht wurden, waren amorph, und die BTO-Schichten, die bei hohen Temperaturen über 600°C aufgebracht wurden, waren polykristallin. Bei einer Wärmebehandlungstemperatur über 600°C erfolgte die Mikrokristallisation des amorphen BTO. Kondensatoren mit einer Zweischicht-Konfiguration aus polykristallinen Schichten auf mikrokristallinen Schichten sollen eine Kapazität je Flächeneinheit von etwa $2{,}4 \times 10^5$ pF/cm^2 und eine Leckstromdichte von $(8{,}5 \pm 0{,}5) \times 10^{-8}$ A/cm^2 bei einer Feldstärke von 2 ×

10^5 V/cm haben. Eine Kapazität je Flächeneinheit von etwa 1,4 × 10^5 pF/cm^2 und eine Leckstromdichte von etwa 10^{-10} A/cm^2 bei einer Feldstärke von 2 × 10^5 V/cm sollen bei Kondensatoren mit einer Nanoschicht-Konfiguration aus amorphen Schichten auf mehreren übereinander angeordneten polykristallinen Schichten auf mikrokristallinen Schichten erreicht werden können.

Kurze Darstellung der Erfindung

[0009] Wie vorstehend dargelegt, ist es ein Hauptziel der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines Kondensators mit hervorragenden elektrischen Eigenschaften und hoher Zuverlässigkeit, was durch Glätten der Oberfläche der Kondensator-Isolierschicht erreicht wird, zur Verfügung zu stellen.

[0010] Aspekte der Erfindung sind in den Ansprüchen definiert.

[0011] Erfindungsgemäß wird daher die erste dielektrische Schicht, die aus einem ferroelektrischen Material oder einem dielektrischen Material mit hoher Permittivität besteht, gesintert und die raue Oberfläche der ersten dielektrischen Schicht wird mit der zweiten dielektrischen Schicht bedeckt, deren mittlere Korngröße kleiner als die mittlere Korngröße der ersten dielektrischen Schicht ist oder die außer dem kristallinen Bereich auch einen amorphen Bereich enthält, sodass eine Kondensator-Isolierschicht mit einer glatten Oberfläche erhalten wird und dadurch die dielektrische Festigkeit stark verbessert wird, elektrische Eigenschaften wie Permittivität und spontane Polarisation stabilisiert werden und die Zuverlässigkeit der Halbleiteranordnung verbessert werden kann.

[0012] Die Erfindung selbst sowie weitere Ziele und damit verbundene Vorzüge dürften am besten anhand der nachstehenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen verständlich werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0013] Die Fig. 1(a), Fig. 1(b), Fig. 1(c) und Fig. 1(d) sind Schnittansichten, die einen Kondensator in einer Ausführungsform der Erfindung zeigen, der nach dem beanspruchten Herstellungsverfahren hergestellt wurde.

[0014] Die Fig. 2(a), Fig. 2(b) und Fig. 2(c) sind Schnittansichten, die einen bekannten herkömmlichen Kondensator zeigen, der nach dem herkömmlichen Herstellungsverfahren hergestellt wurde.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0015] Nachstehend wird eine erste Ausführungsform der Erfindung unter Bezugnahme auf die Fig. 1(a) bis Fig. 1(d) beschrieben. Die gleichen Komponenten wie bei dem in **Fig.** 2 gezeigten herkömmlichen Kondensator sind mit den gleichen Bezugssymbolen bezeichnet.

[0016] Wie in Fig. 1(a) gezeigt, wird eine erste Elektrode **2** aus Pt in einer Dicke von 50 bis 400 nm auf einem Substrat **1** ausgebildet. Dann wird, wie in Fig. 1(b) gezeigt, eine erste dielektrische Schicht **5**, die aus $SrBi_2Ta_2O_9$ besteht, in einer Dicke von 50 bis 250 nm auf der ersten Elektrode **2** durch Schleuderbeschichtung, CVD oder Sputtern ausgebildet und bei einer Temperatur von 650 bis 800°C in Sauerstoff-Atmosphäre gesintert. Anschließend wird, wie in Fig. 1(c) gezeigt, eine Ta_2O_5-Schicht als zweite dielektrische Schicht **6** auf der ersten dielektrischen Schicht **5** ausgebildet, deren Oberfläche durch Kristallisation geglättet ist. Schließlich wird, wie in Fig. 1(d) gezeigt, eine zweite Elektrode **4** aus Pt in einer Dicke von 50 bis 300 nm auf der zweiten dielektrischen Schicht **6** ausgebildet. Dadurch wird ein Kondensator erhalten.

[0017] Auf diese Weise wird die zweite dielektrische Schicht **6** aus Ta_2O_5 in den Vertiefungen der rauen Oberfläche der ersten dielektrischen Schicht **5** aus $SrBi_2Ta_2O_9$ vergraben, sodass die aus der ersten dielektrischen Schicht **5** und der zweiten dielektrischen Schicht **6** bestehende Kondensator-Isolierschicht eine glatte Oberfläche erhält. Dabei kann die zweite dielektrische Schicht **6** einen amorphen Bereich enthalten.

[0018] Bei dieser Ausführungsform wird Ta_2O_5 als zweite dielektrische Schicht verwendet, aber die gleichen Wirkungen werden auch bei Verwendung anderer dielektrischer Materialien, wie etwa Bi_2O_3, erzielt.

[0019] Nachstehend wird eine zweite Ausführungsform der Erfindung beschrieben. Das Herstellungsverfahren für den Kondensator bei dieser Ausführungsform ist fast das Gleiche wie bei der ersten Ausführungsform und unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform durch das Material der zweiten dielektrischen Schicht.

[0020] Eine erste Elektrode **2** aus Pt wird auf einem Substrat **1** ausgebildet, und eine erste dielektrische Schicht **5** aus $SrBi_2Ta_2O_9$ wird auf der ersten Elektrode **2** ausgebildet und bei einer Temperatur von 650 bis 800°C in Sauerstoff-Atmosphäre gesintert. Eine zweite dielektrische Schicht **7** aus $(Ba_xSr_{1-x})TiO_3$ wird auf der ersten dielektrischen Schicht **5** durch Schleuderbeschichtung ausgebildet, und darauf wird eine zweite Elektrode **4** ausgebildet. Dadurch wird ein Kondensator der zweiten Ausführungsform hergestellt.

[0021] Auf diese Weise wird das $(Ba_xSr_{1-x})TiO_3$ der

zweiten dielektrischen Schicht **7**, die kleinere Kristallkörner als die Kristallkörner des $SrBi_2Ta_2O_9$ hat, in den Vertiefungen der rauen Oberfläche der ersten dielektrischen Schicht **5** aus $SrBi_2Ta_2O_9$ vergraben, sodass die aus der ersten dielektrischen Schicht **5** und der zweiten dielektrischen Schicht **7** bestehende Kondensator-Isolierschicht eine glatte Oberfläche erhält.

[0022] Bei dieser Ausführungsform wird $(Ba_xSr_{1-x})TiO_3$ als zweite dielektrische Schicht **7** verwendet, aber die gleichen Wirkungen werden auch bei Verwendung anderer ferroelektrischer Materialien oder dielektrischer Materialien mit hoher Permittivität, deren Korngröße kleiner als die der ersten dielektrischen Schicht **5** ist, erzielt.

[0023] Bei einer dritten Ausführungsform der Erfindung ist das Herstellungsverfahren für den Kondensator bei dieser Ausführungsform fast das Gleiche wie bei der ersten Ausführungsform und unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform nur dadurch, dass das dielektrische Material für die zweite dielektrische Schicht das gleiche Material wie für die erste dielektrische Schicht ist, während das Wärmebehandlungsverfahren unterschiedlich ist.

[0024] Wie bei der ersten Ausführungsform wird eine erste Elektrode **2** aus Pt auf einem Substrat **1** ausgebildet, und eine erste dielektrische Schicht **5** aus $SrBi_2Ta_2O_9$ wird auf der ersten Elektrode **2** ausgebildet und gesintert. Dann wird eine zweite dielektrische Schicht **8** aus $(Ba_xSr_{1-x})TiO_3$ in einer Dicke von 20 bis 50 nm auf der ersten dielektrischen Schicht **5** durch Schleuderbeschichtung, CVD oder Sputtern ausgebildet. Nach Wärmebehandlung bei 600°C wird eine zweite Elektrode **4** auf der zweiten dielektrischen Schicht **8** ausgebildet, wodurch ein Kondensator der dritten Ausführungsform entsteht.

[0025] Die Kristallkorngröße der zweiten dielektrischen Schicht **8** ist kleiner als die der ersten dielektrischen Schicht **5**, da die Wärmebehandlungstemperatur niedriger als die Sintertemperatur ist. Daher werden die Vertiefungen der rauen Oberfläche der ersten dielektrischen Schicht **5** aus $SrBi_2Ta_2O_9$ mit dem $SrBi_2Ta_2O_9$ der zweiten dielektrischen Schicht **8**, deren Kristallkorngröße kleiner ist, aufgefüllt. Dadurch erhält die aus der ersten dielektrischen Schicht **5** und der zweiten dielektrischen Schicht **8** bestehende Kondensator-Isolierschicht eine glatte Oberfläche.

[0026] Bei dieser Ausführungsform weicht zwar die Wärmebehandlungstemperatur der zweiten dielektrischen Schicht **8** von der Sintertemperatur der ersten dielektrischen Schicht **5** ab, aber die erste und die zweite dielektrische Schicht bestehen aus dem gleichen Material. Daher wird keine andere Einrichtung zum Aufbringen der zweiten dielektrischen Schicht **8** benötigt, und dadurch kann das Herstellungsverfahren vereinfacht werden, sodass Kosten gespart werden können. Da, neben den anderen Vorteilen, das gleiche Material verwendet wird, kommt es zu keiner Trennung, die oft zwischen der ersten dielektrischen Schicht und der zweiten dielektrischen Schicht beispielsweise durch Wärmespannung auftritt.

[0027] Bei der ersten, zweiten und dritten Ausführungsform wird das ferroelektrische Material $SrBi_2Ta_2O_9$ als erste dielektrische Schicht **5** verwendet, aber es können auch andere ferroelektrische Materialien oder dielektrische Materialien mit hoher Permittivität verwendet werden. Insbesondere wenn die erste dielektrische Schicht **5** aus einem ferroelektrischen Material besteht, das Bi enthält, wie etwa $Bi_4Ti_3O_2$, $SrBi_2Ta_2O_9$ und $SrBi_2Nb_2O_9$, wird die dielektrische Festigkeit des erfindungsgemäß hergestellten Kondensators stark verbessert, da die Korngröße dieser Materialien größer als die von anderen dielektrischen Materialien ist. In den vorstehenden Ausführungsformen wird eine Pt-Dünnschicht als Material für die erste und zweite Elektrode des Kondensators verwendet, aber die gleichen Wirkungen können auch unter Verwendung von Pd oder einem anderen Metall oder RuO_2 oder einem anderen leitenden Oxid erzielt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Kondensators mit den Schritten:
Ausbilden einer ersten Elektrode (**2**) auf einem Substrat (**1**);
Ausbilden einer ersten dielektrischen Schicht (**5**), die ein ferroelektrisches Material oder ein dielektrisches Material mit hoher Permittivität aufweist, auf der ersten Elektrode (**2**);
Sintern der ersten dielektrischen Schicht (**5**);
nach dem Sintern der ersten dielektrischen Schicht
Ausbilden einer zweiten dielektrischen Schicht (**6**; **7**; **8**) auf der ersten dielektrischen Schicht (**5**) und
Ausbilden einer zweiten Elektrode (**4**) auf der zweiten dielektrischen Schicht (**6**; **7**; **8**), wobei die erste und zweite dielektrische Schicht zumindest teilweise kristallin sind und die mittlere Kristallkorngröße des Materials der zweiten dielektrischen Schicht (**6**; **7**; **8**) kleiner als die mittlere Kristallkorngröße des Materials der ersten dielektrischen Schicht (**5**) ist.

2. Verfahren zur Herstellung eines Kondensators nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Hauptkomponente des Materials der zweiten dielektrischen Schicht (**6**; **7**; **8**) die Gleiche wie eine Hauptkomponente des Materials der ersten dielektrischen Schicht (**5**) ist.

3. Verfahren zur Herstellung eines Kondensators nach Anspruch 1, das weiterhin einen Schritt des Erwärmens der zweiten dielektrischen Schicht (**6**; **7**; **8**) aufweist, wobei die Erwärmungstemperatur des Er-

wärmungsschritts niedriger als die Sintertemperatur des Sinterschritts ist.

4. Verfahren zur Herstellung eines Kondensators nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das in der ersten dielektrischen Schicht (**5**) enthaltene Material ein ferroelektrisches Material ist, das zumindest Bismut enthält.

5. Kondensator mit
einer ersten Elektrode (**2**), die auf einem Substrat (**1**) ausgebildet ist;
einer ersten zumindest teilweise kristallinen gesinterten dielektrischen Schicht (**5**) mit einem ferroelektrischen Material oder einem dielektrischen Material mit hoher Permittivität, die auf der ersten Elektrode (**2**) ausgebildet ist;
einer zweiten zumindest teilweise kristallinen Schicht (**6**; **7**; **8**), die auf der ersten dielektrischen Schicht (**5**) ausgebildet ist; und
einer zweiten Elektrode (**4**), die auf der zweiten dielektrischen Schicht (**6**; **7**; **8**) ausgebildet ist,
wobei die mittlere Kristallkorngröße des Materials der zweiten dielektrischen Schicht (**6**; **7**; **8**) kleiner als die mittlere Kristallkorngröße des Materials der ersten dielektrischen Schicht (**5**) ist und wobei die Oberfläche der Kondensator-Isolierschicht im Wesentlichen eben ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1(a)

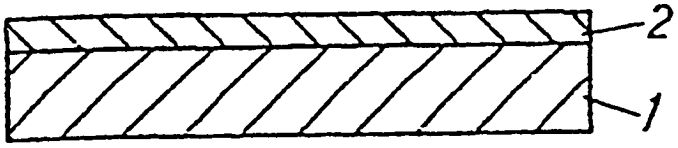

FIG. 1(b)

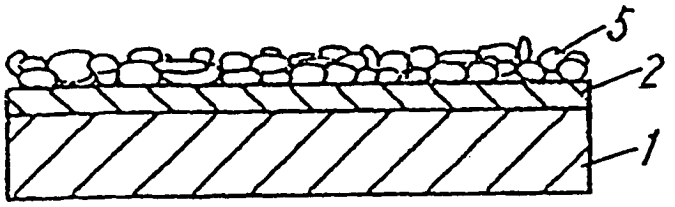

FIG. 1(c)

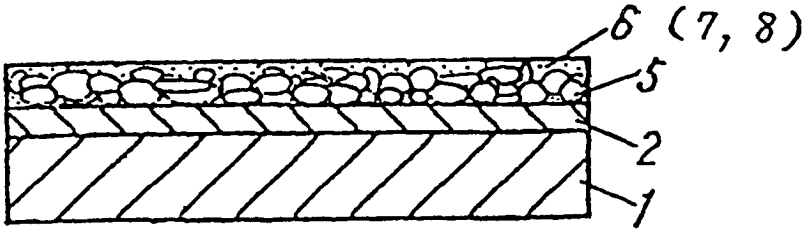

FIG. 1(d)

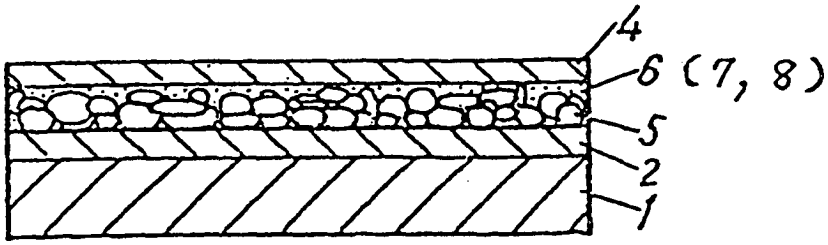

FIG. 2(a)

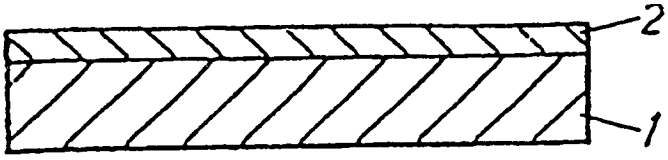

FIG. 2(b)

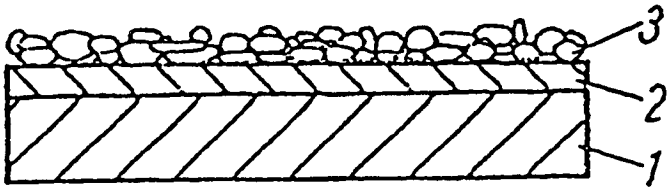

FIG. 2(c)

