(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 590 176 B1

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
09.12.1998 Patentblatt 1998/50

(51) Int Cl.[6]: **G10K 11/02**, B06B 1/06

(21) Anmeldenummer: **92116561.9**

(22) Anmeldetag: **28.09.1992**

(54) **Ultraschall-Wandleranordnung mit einer akustischen Anpassungsschicht**

Ultrasonic transducer arrangement with acoustic matching layer

Transducteur ultrasonore muni d'une couche d'adaptation acoustique

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR GB LI NL

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.04.1994 Patentblatt 1994/14

(73) Patentinhaber: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:
- **Fiebiger, Clemens, Dr.-Ing.**
  W-8520 Erlangen (DE)
- **Schmidt, Erhard,Ing.grad.**
  W-8520 Erlangen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 031 049
EP-A- 0 095 619
US-A- 3 968 055

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 8, no. 239 (E-276)(1676) 2. November 1984 & JP-A-59 119 998 (TOSHIBA K.K.) 11. Juli 1984**

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).

EP 0 590 176 B1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine medizinische Ultraschall-Wandleranordnung mit einem elektroakustischen Wandlerteil und mit mindestens einer akustischen Anpassungsschicht zugeordnet ist zur Anpassung einer akustischen Impedanz des elektro-akustischen Wandlerteils an eine akustische Impedanz eines Untersuchungsgebiets eines Patienten.

In der Ultraschalltechnik werden Anpassungsschichten verwendet, um außerhalb eines Untersuchungsobjekts Reflexionen an Grenzflächen zweier Materialien mit unterschiedlicher Impedanz zu vermindern bzw. möglichst verlustfrei die Ultraschallenergie vom Wandlerteil in das Untersuchungsobjekt und zurück zu übertragen. Dazu wird mindestens eine Anpassungsschicht zwischen den beiden Materialien angeordnet. In der Praxis werden z.B. Anpassungsschichten zur akustischen Anpassung eines elektroakustischen Wandlerteils an ein Untersuchungsobjekt verwendet. Zusätzlich kann auch ein akustischer Sumpf- oder Dämpfungskörper mit mindestens einer Anpassungsschicht an den Wandlerteil angepaßt werden.

Eine Ultraschall-Wandleranordnung der eingangs genannten Art ist in der US-PS 4 717 851 beschrieben. Zur akustischen Anpassung des elektroakustischen Wandlerteils an ein Untersuchungsobjekt oder ein akustisches Fortpflanzungsmedium werden Anpassungsschichten im Schallweg angeordnet, deren akustische Impedanz zwischen der des Wandlerteils und der des Untersuchungsobjekts oder Fortpflanzungsmediums liegt. Üblich sind Anpassungsschichten aus einem Kunstharz, wie z.B. Epoxidharz, worin kleinste Teilchen eines mineralischen oder metallischen Materials eingebettet sind. Die akustische Impedanz der Anpassungsschicht wird dabei im wesentlichen über die Menge und dem Material der hinzugefügten Teilchen eingestellt. Es kann jedoch nicht in jedem Fall über größere Volumenbereiche eine gleichmäßige Verteilung der Teilchen im Kunstharz erreicht werden. Dadurch ist die Reproduzierbarkeit der funktionsbestimmenden akustischen Eigenschaften begrenzt. Hinzu kommt, daß u. U. Inhomogenitäten und Störstellen in Kauf genommen werden müssen. Derartige Anpaßschichten sind elektrisch nicht leitend, daher muß der Wandlerteil zusätzlich elektrisch kontaktiert und/oder abgeschirmt werden.

In der US-PS 3,968,055 ist die Herstellung eines elektrisch leitfähigen RTV-Materials, d.h. eines Materials, das bei Raumtemperatur vulkanisiert, beschrieben. Damit können Gegenstände, wie z.B. Ultraschall-Wandler, in einer Umgebung mit hoher Temperatur und hoher Strahlenbelastung (z.B. in einem Kernreaktor) an Oberflächen befestigt oder geklebt werden. Das Material enthält leitfähige Teilchen, die mit Hilfe eines Dispersionsmittels in einer Matrix verteilt werden, danach wird das Dispersionsmittel verdampft.

Aus der EP-A 0 031 049 ist ein poröser Sintermetallkörper bekannt, der als Vorlaufstrecke ausgebildet ist, um einen elektro-akustischen Wandler an ein Werkstück akustisch anzukoppeln. Die Porösität verringert die Schallgeschwindigkeit, wobei das Gesamtporenvolumen maßgebend ist. Wenn die Porenabmessungen kleiner als die Ultraschall-Wellenlängen gewählt werden, wird die durch Streuung verursachte Schallschwächung klein gegenüber der materialbedingten Schallschwächung. Das Porenvolumen läßt sich praktisch durch die Korngröße des Metallpulvers einstellen.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine einfach aufgebaute Ultraschall-Wandleranordnung mit einer akustisch homogenen Anpassungsschicht anzugeben, deren funktionsbestimmende Eigenschaften in einem weiten Bereich eingestellt werden können.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die akustische Anpassungsschicht ein elektrisch leitfähiges Gerüst aus gesinterten Metallpulver-Teilchen mit untereinander verbundenen Zwischenraumen umfaßt, daß die Größe der Teilchen kleiner als die Wellenlänge einer akustischen Welle in der Anpassungsschicht ist und daß die Zwischenräume mit einem aushärtbaren Vergußmaterial gefüllt sind. Das elektrisch leitfähige Gerüst vereinfacht den Aufbau der Ultraschall-Wandleranordnung dahingehend, daß über die Anpassungsschicht der elektroakustische Wandlerteil kontaktiert oder abgeschirmt werden kann. Durch die Sinterung ist eine stabile und elektrisch gut leitfähige Verbindung der Teilchen im Gerüst gewährleistet. Über die Materialauswahl und die Größe der Teilchen kann die akustische Impedanz in weiten Bereichen eingestellt werden, so daß unterschiedlichste akustische Anpaßprobleme gelöst werden können. Die Größe der Teilchen ist abhängig von der verwendeten Ultraschallfrequenz. Je niedriger die Frequenz ist, desto größer dürfen die Teilchen sein, ohne eine störende Streuung der Ultraschallwelle zu bewirken. Die Kleinheit der Teilchen stellt auch eine homogene Verteilung der akustischen Impedanz sicher.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, daß der Volumenanteil der Teilchen in der Anpassungsschicht zwischen 5 % und 95 % liegt. Bei niedrigen Volumenanteilen garantiert das aushärtbare Vergußmaterial ausreichende mechanische Stabilität. Es hat sich zudem herausgestellt, daß auch bei einem Volumenanteil der Teilchen von 95 % die Zwischenraume untereinander verbunden bleiben, so daß auch Anpassungsschichten mit einem hohen Volumenanteil der Teilchen ohne Lufteinschlüsse hergestellt werden können.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung liegt der Volumenanteil der Teilchen zwischen 10 % und 60 %. Anpassungsschichten, bei denen der Volumenanteil der Teilchen in diesem Bereich liegt, lassen sich ohne aufwendige Fertigungsmaßnahmen herstellen.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind die Teilchen gleichartig, wodurch eine besonders hohe Homogenität erreicht wird.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind die Teilchen dendritisch geformt, wodurch Anpassungsschichten mit einem geringen Volumenanteil der Teilchen hergestellt werden können.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind die Teilchen sphärisch geformt, wodurch mittlere und hohe Volumenanteile realisiert werden können.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung enthalten die Teilchen Kupfer. Kupferteilchen sind unter Schutzgas gut sinterbar und in verschiedenen Teilchenformen, wie z. B. sphärische oder dendritische Formen, erhältlich.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist das Vergußmaterial ein aushärtbarer Kunstharz. Damit können die Zwischenräume bei normaler Umgebungstemperatur mit der vergußmasse gefüllt werden.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung grenzt die Anpassungsschicht unmittelbar an eine Oberfläche des Wandlerteils. Die Anpassungsschicht erfüllt somit zum einen die Funktion der akustischen Anpassung und zum anderen auch die Funktion der elektrischen Kontaktierung am elektroakustischen Wandlerteil.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden anhand von zwei Figuren näher erläutert. Es zeigen:

FIG 1 eine Ultraschall-Wandleranordnung für medizinische Anwendungen mit einer elektrisch leitfähigen Anpassungsschicht und

FIG 2 ein Schliffbild der Oberfläche einer elektrisch leitfähigen Anpassungsschicht.

FIG 1 zeigt in einer Schnittdarstellung eine Ultraschall-Wandleranordnung 2 für medizinische Anwendungen, mit der Schnittbilder eines Untersuchungsgebiets 3 erstellt werden können. Eine weitere medizinische Anwendung besteht darin, Ort, Richtung und Größe von Blutströmungen zu detektieren. Die Ultraschall-Wandleranordnung 2 umfaßt als elektroakustischen Wandlerteil 4 ein Wandlerarray zum Senden von Ultraschallwellen in das Untersuchungsgebiet 3 und zum Empfangen von Echosignalen daraus. Die elektroakustische Wandleranordnung oder das Wandlerarray 4 besteht aus einer Vielzahl von gleichartigen, nebeneinander angeordneten Elementarwandlern 6, z.B. besteht ein für Sektorabtastung vorgesehenes Phased-Array aus 64 und ein zur Erstellung von rechteckförmigen Schnittbildern vorgesehenes Linear-Array aus 192 Elementarwandlern 6. Jeder Elementarwandler 6 ist aus einem polarisierten piezoelektrischen Keramikquader aufgebaut, der an zwei gegenüberliegenden Seiten mit jeweils einer Elektrode 8 bzw. 10 versehen ist.

Die polarisierte Piezokeramik der Elementarwandler 6 besitzt eine relativ hohe akustische Impdanz in der Größenordnung von 35 MRayl, während das Untersuchungsgebiet aus Körpergewebe eine akustische Impedanz in der Größenordnung von 1,5 MRayl aufweist.

Ohne eine akustische Anpassung würden daher bei der direkten Ankopplung des Wandlerarrays 4 an das Untersuchungsgebiet 3 starke Reflexionen auftreten, die sich als Artefakte störend bemerkbar machen würden.

Durch eine zwischen dem Untersuchungsgebiet 3 und dem elektroakustischen Wandlerteil 4 angeordnete akustische Anpassungsschicht 12 werden Reflexionen und Signalverluste verringert. Die Anpassungsschicht 12 weist eine Dicke von ungefähr einem Viertel der Wellenlänge einer akustischen Welle in der Anpassungsschicht 12 auf. Zur akustischen Anpassung muß die Anpassungsschicht 12 dann eine akustische Impedanz in der Größenordnung von 5 bis 10 MRayl aufweisen.

Die Anpassungsschicht 12 grenzt als einzige Anpassungsschicht unmittelbar an eine Oberfläche des Wandlerarrays 4, sie ist leitfähig verklebt mit den Elektroden 8. Andererseits ist die Anpassungsschicht 16 mit einem gemeinsamen Potential 13 verbunden, so daß für die Elektroden 8 der Elemementarwandler 6 keine weitere elektrische Kontaktierung vorgesehen werden muß. Die Elektroden 10 sind jeweils elektrisch mit einem Signalkanal verbunden (in FIG 1 nicht dargestellt), der zur Steuerung und/oder Fokussierung vorgesehene Verzögerungsglieder umfaßt.

Eine dünne Schutzschicht 14 aus einem Kunststoff ist der Anpassungsschicht 12 vorgelagert. Die akustischen Eigenschaften der Schutzschicht 14 sind denen des Körpergewebes angepaßt, so daß die Schutzschicht 14 die akustischen Schallwellen nicht beeinträchtigt.

Anhand von FIG 2 wird nun näher der Aufbau der akustischen Anpassungsschicht 12 beschrieben. FIG 2 zeigt das Schliffbild der Oberfläche der akustischen Anpassungsschicht 12 in 200-facher Vergrößerung. Zur Veranschaulichung der Größenordnungen ist auch ein Maßstab 18 dargestellt. Die akustische Anpassungsschicht 12 besteht aus einem elektrisch leitfähigen Gerüst 20 mit untereinander verbundenen Zwischenräumen 22. Das die Oberfläche berührende leitfähige Gerüst 20 erscheint im Schliffbild hell, während die mit einem aushärtbaren Vergußmaterial, wie z.B. ein Expoxidharz, gefüllten Zwischenräume 22 dunkel erscheinen. Das Gerüst 20 besteht aus durch Sinterung unter Schutzgas untereinander verbundenen gleichartigen Kupferteilchen, wobei die Größe der Teilchen kleiner ist als die Wellenlänge einer akustischen Welle in der Anpassungsschicht 12. Die Teilchen sind hier kleiner als ein Zehntel der Wellenlänge, so daß praktisch keine Streuung mehr auftritt.

Die akustische Impdeanz läßt sich in weiten Grenzen über das verwendete Material der Teilchen und vor allem auch über den Volumenanteil einstellen. Der Volumenanteil der Teilchen läßt sich wiederum über die Form und Größe der Teilchen beeinflussen. Besonders hohe Volumenanteile der Teilchen lassen sich durch zusätzliches Pressen der ungesinterten Teilchen erzielen. Weiterhin läßt sich über die Sinterbedingungen der Volumenanteil der Teilchen ein-

stellen.

Die nachstehende Tabelle zeigt für Kupfer die Abhängigkeit der für Anpassungsschichten wichtigen Größen wie akustische Dämpfung und-akustische Impedanz von der Teilchenform, Teilchengröße, Sintertemperatur und Sinterzeit.

TF	TG µm	ST °C	SZ min	AD db/MHz mm	Al MRayl
dendritisch	32	710	30	1,6	4,7
dendritisch	50	950	20	0,76	7,3
sphärisch	32	720	20	0,12	15,2

Hierbei bedeuten die Abkürzungen
TF Teilchenform TG Teilchengröße
ST Sintertemperatur
SZ Sinterzeit
AD akustische Dämpfung
Al akustische Impedanz.

Wichtig ist, daß auch bei einem hohen Volumenanteil die Zwischenräume 22 untereinander verbunden sind, so daß sie ohne Lufteinschlüsse mit Vergußmaterial gefüllt werden können.

Bei der in FIG 2 im Schliffbild dargestellten Anpassungsschicht 12 sind die verwendeten Teilchen dendritisch geformt und weisen eine Größe von 30 bis 40 µm auf. Ohne Pressung und bei druckloser Sinterung beträgt der Volumenanteil ungefähr 18 bis 25 %.

Über eine Kombination von verschiedenen Metallteilchen, sei es verschiedenartiges Material und/oder verschiedene Teilchenformen, läßt sich die akustische Impedanz der Anpassungsschicht weiter variieren und an die akustischen Erfordernisse anpassen.

Es soll noch darauf hingewiesen werden, daß die oben beschriebenen Anpassungschichten 12 ebenso zur akustischen Anpassung von Einzelwandlern verwendet werden können. Des weiteren können diese Anpassungsschichten 12 auch bei therapeutischen Ultraschall-Wandleranordnungen eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Medizinische Ultraschall-Wandleranordnung (2) mit einem elektroakustischen Wandlerteil (4) und mit mindestens einer akustischen Anpassungsschicht (12), **dadurch gekennzeichnet**, daß die akustische Anpassungsschicht (12) ein elektrisch leitfähiges Gerüst (20) aus gesinterten Metallpulver-Teilchen mit untereinander verbundenen Zwischenräumen (22) umfaßt, daß die Größe der Teilchen kleiner als die Wellenlänge einer akustischen Welle in der Anpassungsschicht (12) ist und daß die Zwischenräume (22) mit einem aushärtbaren Vergußmaterial gefüllt sind.

2. Medizinische Ultraschall-Wandleranordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Volumenanteil der Teilchen in der Anpassungsschicht (12) zwischen 5 % und 95 % liegt.

3. Medizinische Ultraschall-Wandleranordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Volumenanteil der Teilchen zwischen 10 % und 60 % liegt.

4. Medizinische Ultraschall-Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Teilchen gleichartig sind.

5. Medizinische Ulltraschall-Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Teilchen dendritisch geformt sind.

6. Medizinische Ultraschall-Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Teilchen sphärisch geformt sind.

7. Medizinische Ultraschall-Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Teilchen Kupfer enthalten.

8. Medizinische Ultraschall-Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet,** daß

das Vergußmaterial ein aushärtbares Kunstharz ist.

9. Medizinische Ultraschall-Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Anpassungsschicht (12) unmittelbar an eine Oberfläche (8) des Wandlerteils (4) grenzt.

Claims

1. Medical ultrasound transducer arrangement (2) with an electro-acoustical transducer part (4) and with at least one acoustic matching layer (12),
characterized in that the acoustic matching layer (12) contains an electroconductive framework (20) of sintered metal powder particles with interspaces (22) connected to each other, in that the size of the particles is smaller than the wavelength of an acoustic wave in the matching layer (12) and in that the interspaces (22) are filled with a hardenable casting material.

2. Medical ultrasound transducer arrangement according to claim 1, characterized in that the volume portion of the particles in the matching layer (12) lies between 5% and 95%.

3. Medical ultrasound transducer arrangement according to claim 1, characterized in that the volume portion of the particles lies between 10% and 60%.

4. Medical ultrasound transducer arrangement according to one of claims 1 to 3, characterized in that the particles are of the same kind.

5. Medical ultrasound transducer arrangement according to one of claims 1 to 4, characterized in that the particles are dendritically shaped.

6. Medical ultrasound transducer arrangement according to one of claims 1 to 4, characterized in that the particles are spherically shaped.

7. Medical ultrasound transducer arrangement according to one of claims 1 to 6, characterized in that the particles contain copper.

8. Medical ultrasound transducer arrangement according to one of claims 1 to 7, characterized in that the casting material is a hardenable synthetic resin.

9. Medical ultrasound transducer arrangement according to one of claims 1 to 8, characterized in that the matching layer (12) directly adjoins a surface (8) of the transducer part (4).

Revendications

1. Agencement de transducteur ultrasonore (2) médical comprenant une pièce de transducteur électroacoustique (4) et au moins une couche dadaptation acoustique (12), **caractérisé** en ce que la couche dadaptation acoustique (12) comprend une structure de base (20) électriquement conductrice en particules de poudre métallique frittées présentant des espaces intermédiaires (22) reliés entre-eux, en ce que la grosseur des particules est inférieure à la longueur donde dune onde acoustique dans la couche dadaptation (12), et en ce que les espaces intermédiaires (22) sont remplis par un matériau de remplissage à couler, durcissable.

2. Agencement de transducteur ultrasonore médical selon la revendication 1, **caractérisé** en ce que la part en volume des particules dans la couche dadaptation (12), se situe entre 5% et 95%.

3. Agencement de transducteur ultrasonore médical selon la revendication 1, **caractérisé** en ce que la part en volume des particules se situe entre 10% et 60%.

4. Agencement de transducteur ultrasonore médical selon lune des revendications 1 à 3, **caractérisé** en ce que les particules sont de même type.

5. Agencement de transducteur ultrasonore médical selon lune des revendications 1 à 4, **caractérisé** en ce que les particules sont de forme dendritique.

6. Agencement de transducteur ultrasonore médical selon lune des revendications 1 à 4, **caractérisé** en ce que les particules sont de forme sphérique.

7. Agencement de transducteur ultrasonore médical selon lune des revendications 1 à 6, **caractérisé** en ce que les particules renferment du cuivre.

8. Agencement de transducteur ultrasonore médical selon lune des revendications 1 à 7, **caractérisé** en ce que le matériau de remplissage à couler est une résine synthétique durcissable.

9. Agencement de transducteur ultrasonore médical selon lune des revendications 1 à 8, **caractérisé** en ce que la couche dadaptation (12) est directement adjacente à une surface (8) de la pièce de transducteur (4).

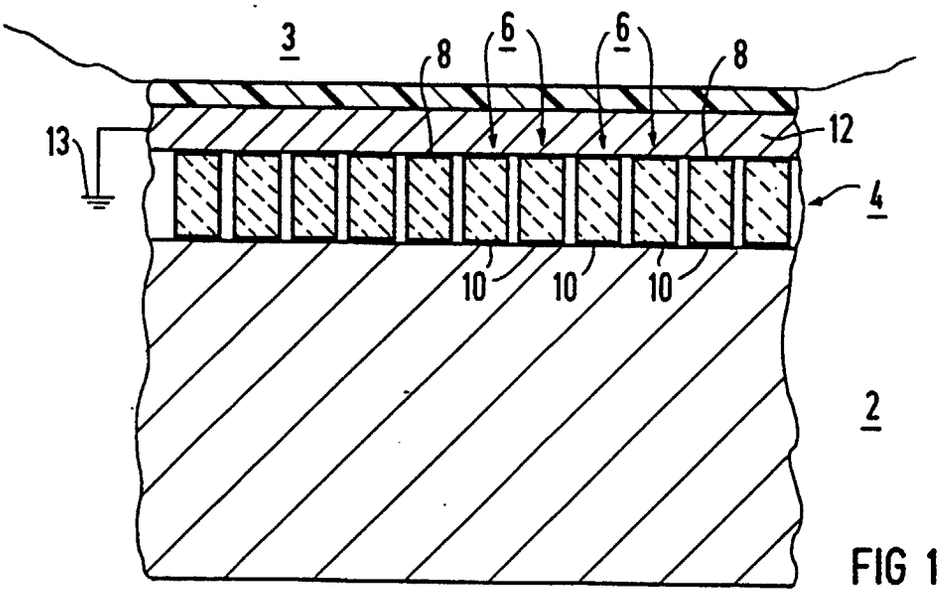


FIG 1

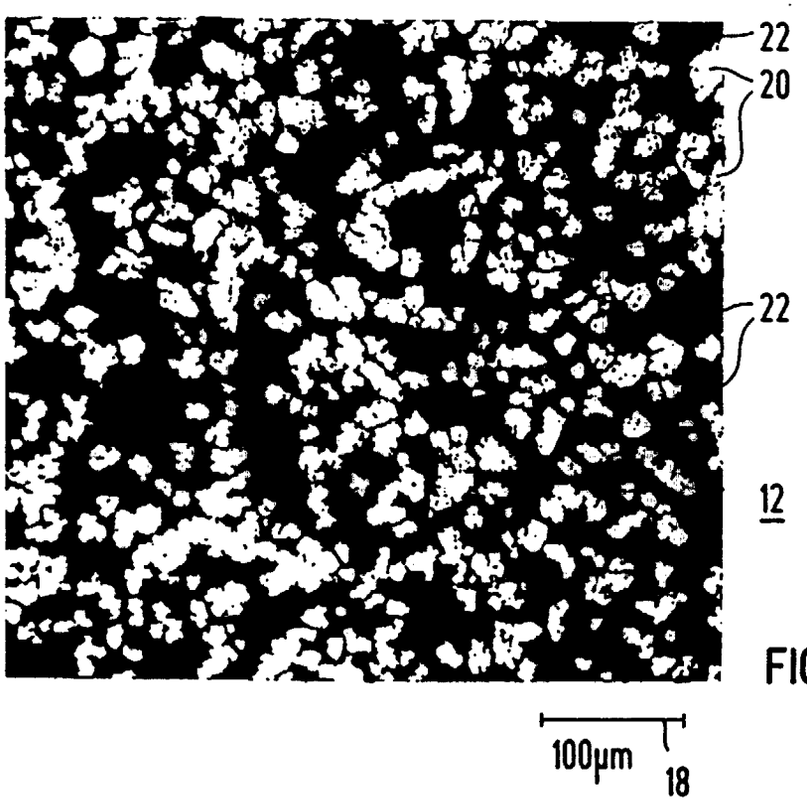


FIG 2