



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 28 577 T2 2005.04.28**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 058 837 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 28 577.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FR97/02467**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 953 984.8**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/035488**

(86) PCT-Anmeldetag: **31.12.1997**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **15.07.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **13.12.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **07.04.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **28.04.2005**

(51) Int Cl.7: **G01N 27/22**

(73) Patentinhaber:

**Société d'Applications Electroniques pour la
Physique, la Science et l'Industrie,
Champigny-sur-Marn, FR**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

BE, CH, DE, ES, FR, GB, IT, LI, NL

(74) Vertreter:

JUNG HML, 80799 München

(72) Erfinder:

Desarnaud, Jean, 92170 Vanves, FR

(54) Bezeichnung: **KAPAZITIVE SENSOREN ZUR MESSUNG DER FEUCHTIGKEIT UND DEREN VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG**

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

[0001] Die Erfindung betrifft eine neuartige Technik zur Verwirklichung von kapazitiven Sensoren, die insbesondere zur Realisierung von relativen Feuchtigkeitsmessungen bestimmt sind. Aus Folgendem ergibt sich, dass sich die im Umfang der vorliegenden Erfindung erläuterte Technik und die dabei erläuterten Ausführungsformen auf die Verwirklichung von Sensoren beziehen können, die zur Realisierung anderer Messungen verwendbar sind.

[0002] Es sind mehrere Verfahren zur Verwirklichung von kapazitiven Sensoren und der Verwendung derartiger Sensoren zur Verwirklichung von Feuchtigkeitsmessungen bekannt.

[0003] Die zum Einsatz kommende Technik besteht darin, zwei ebene Elektroden vorzusehen, wobei zwischen diesen Elektroden ein Material angeordnet wird, dessen dielektrische Eigenschaften durch das Vorhandensein (oder Nichtvorhandensein) von Feuchtigkeit in der Umgebungsluft modifiziert werden. Die Modifikation dieser Eigenschaften des Dielektrikums ruft eine Veränderung der Kapazität des hierdurch verwirklichten Kondensators hervor, und das Ausgangssignal gibt eine Information über den Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Die Verarbeitung dieses Ausgangssignals stellt kein spezielles Problem dar, und sie wird beispielsweise mit Hilfe eines RC- bzw. RLC-Kreises bewerkstelligt.

[0004] In Übereinstimmung mit einer Ausführungsform gemäß dem Stand der Technik wird eine der Elektroden durch Abscheidung einer Metallschicht auf einem isolierenden Substrat und die andere durch eine feine Metallschicht auf dem Dielektrikum verwirklicht. In einer aktuell zum Einsatz kommenden Ausführungsform erfolgt eine Metallisierung im Vakuum, was eine sehr geringe Metallstärke ergibt. Damit ein kapazitiver Sensor als Feuchtigkeitssensor arbeitet, ist es unerlässlich, dass die feuchte Luft, die charakterisiert werden soll, in das Innere des Kondensators eindringen kann, um das Dielektrikum zu beeinflussen. Es wird bemerkt, dass eine speziell feine poröse Elektrode bereitgestellt werden muss. Wenn diese Elektrode aus Metall hergestellt wird, wird auf Grund der Atomstruktur dieser Metalle die Grenze zwischen der elektrischen Kontinuität und der Dichtigkeit für eine Stärke in der Größenordnung von 1/100 µm erreicht, und dies ungeachtet des verwendeten Metalls (üblicherweise Chrom, Nickel oder Gold). Abgesehen von der relativen Zerbrechlichkeit des Sensors bringt diese Ausführungsform zahlreiche Nachteile mit sich; insbesondere ist die Verwirklichung einer zuverlässigen Verbindung zwischen dieser speziell feinen Elektrode und der Messschaltung extrem kritisch. Außerdem ist festzustellen, dass die aktuell verwirklichten kapazitiven Sensoren eine minutiöse und sorgfältige Herstellungsabfolge

erfordern; zu einem ersten Zeitpunkt wird Metall auf einem Substrat abgeschieden, und dies auf zwei unterschiedlichen Zonen, einer Zone, die als erste Elektrode dient, und einer weiteren, die als Schalter für die zweite Elektrode verwendet wird. Dieser Aufbau wird daraufhin durch einen dielektrischen Film abgedeckt, der auf dem Niveau der Kontaktzone unterbrochen wird, die für die zweite Elektrode gebildet ist. Daraufhin erfolgt die Anbindung der zweiten Elektrode, das heißt, durch Abscheidung eines Metallfilms mit einer Stärke in der Größenordnung von einem Hundertstel um. Das heißt, es ist unerlässlich, die Nutzfläche von zumindest einer Elektrode zu justieren, um die erwünschte Kapazität für einen gegebenen Feuchtigkeitsgrad zu erzielen. Unterschiedliche Verfahren sind vorgeschlagen worden, um diese Kalibrierung a posteriori zu verwirklichen; zu nennen ist das französische Patent FR-2687834 (Coreci), das mehrere geeignete Brücken vorsieht, die durchtrennt werden, und das englische Patent GB-2213323 (Vaisala), das die Justage der Nutzfläche einer Elektrode vorsieht, indem diese durch ein Laserverfahren quer über das Substrat ohne Modifizierung des Dielektrikums isoliert wird. In sämtlichen dieser Fälle ist der Verfahrensablauf derselbe; ein kapazitiver Sensor wird in Übereinstimmung mit dem vorstehend erläuterten Verfahren verwirklicht, indem maximal Vorsicht walten gelassen wird, woraufhin das Leistungsvermögen des Sensors gemessen wird, woraufhin unerlässliche Justagen vorgenommen werden, um ein praxisgerechtes Ansprechverhalten zu erzielen.

[0005] Aus welchem Grund auch immer zeigen die in Übereinstimmung mit den vorstehend erläuterten Verfahren verwirklichten kapazitiven Sensoren eine Neigung, sich wie "Schwämme" zu verhalten, das heißt, dass ihre Bestandteile mit feuchter Luft durchtränkt werden (insbesondere an der Grenzfläche Substrat/Metall und der ersten Elektrode), wobei sie außerdem eine bestimmte Hysterese zeigen, und wobei ihr Ansprechverhalten in den Minuten bzw. Stunden folgend auf ihre Anordnung in einer mit Feuchtigkeit gesättigten Atmosphäre bzw. bei Eintauchen in eine Flüssigkeit fehlerhaft sein kann.

[0006] Der nicht perfekte und nicht zufrieden stellende Charakter der kapazitiven Sensoren zur Feuchtigkeitsmessung ist deshalb besonders eindrücklich: Die Sensoren sind leicht zerbrechlich; ihre Präzision liegt in der Größenordnung von 10% des gemessenen Werts; sie sind nicht austauschbar; sie unterliegen der Sättigung, und ihr Herstellungsverfahren ist sowohl langwierig wie aufwendig und teuer.

[0007] Eine andere Art eines kapazitiven Sensors zur Feuchtigkeitsmessung ist in der Druckschrift US-5177662 erläutert. Dieser Sensor umfasst zwei poröse Elektroden, die in Form einer porösen Polymerschicht verwirklicht sind, die durch Einfluss von leitfähigen Partikeln leitfähig gemacht sind, wie etwa

Kohlenstoffpartikeln. Der wirksame Widerstand dieser Elektroden liegt dabei in der Größenordnung von 15.000 Ohm.

[0008] Bei dem zum Einsatz kommenden Dielektrikum handelt es sich um einen Polymerfilm mit einer Stärke von ungefähr 10 µm, wie etwa Polyimid oder Polyparabansäure.

[0009] Dieser Sensor besitzt deshalb eine vollständig poröse Struktur.

[0010] Die Druckschrift EP-A-0010771 offenbart schließlich einen Sensor der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art.

[0011] Die Erfindung schlägt vor, Sensoren bereitzustellen, die die vorstehend angesprochenen Nachteile nicht aufweisen.

[0012] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen kapazitiven Sensor zur Feuchtigkeitsmessung zu schaffen, dessen Herstellung vereinfacht ist, insbesondere auf dem Niveau der Montage der Elektroden und des Dielektrikums und der Befestigung der Kontakte zum Abgreifen von Information.

[0013] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, kapazitive Sensoren vorzuschlagen, die besonders robust und zuverlässig sind, und die bei Einfrier-/Auftauzyklen oder nach einem Eintauchen insbesondere keiner Beeinträchtigung oder Modifikation ihrer Eigenschaften unterliegen.

[0014] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, nachgiebige Erfassungselemente bereitzustellen, die an schräge bzw. gekrümmte Träger anpassbar sind.

[0015] Eine komplementäre Aufgabe der Erfindung besteht darin, unabhängige Erfassungselektroden bereitzustellen, die direkt mit passiven bzw. aktiven Messschaltungen verbindbar sind.

[0016] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, Sensoren bereitzustellen, die Herstellungstoleranzen in der Größenordnung von 0,25 aufweisen und einen gegenseitigen Austausch zulassen ohne erneute Eichung bei einer metrologischen Toleranz in der Größenordnung von 1%.

[0017] Eine komplementäre Aufgabe der Erfindung besteht darin, kapazitive Sensoren zu schaffen, die das ihnen innewohnende Leistungsvermögen beibehalten und eine sofortige Entsättigung zeigen nach einer Sättigungsphase (100% Hr), die über lange Zeit aufrecht erhalten bleibt.

[0018] Schließlich besteht eine Aufgabe der Erfindung

darin, Feuchtigkeitssensoren bereitzustellen, deren Leistungsvermögen (Präzision, Robustheit, Reproduzierbarkeit, Zuverlässigkeit/Preis) in Bezug auf die existierende Technik deutlich verbessert ist. Dies erlaubt Anwendungen im Großserienmaßstab, wie etwa in elektrischen Haushaltsgeräten, bei der Klimatisierung, in Kraftfahrzeugen und der Industrie der mittleren Datentechnik unter Beibehaltung metrologischer Leistungsfähigkeit und bei erhöhter Zuverlässigkeit.

[0019] Die Gesamtheit dieser Aufgaben sowie weitere Aufgaben, die aus Nachfolgendem hervorgehen, werden mit Hilfe eines kapazitiven Sensors zur Feuchtigkeitsmessung nach Anspruch 1 erzielt.

[0020] Wie aus Vorstehendem unter Bezug auf den Stand der Technik hervorgeht, müssen die Elektroden, wenn sie aus Metall erstellt sind, zwei in Bezug aufeinander nur schwer kompatible Kriterien erfüllen; einerseits müssen sie einen möglichst geringen Spannungsverlust (eine möglichst geringe Porosität) aufweisen, um das das Dielektrikum (Polymer) bildende Material ins Gleichgewicht mit dem umgebenden Gas zu bringen; andererseits müssen sie elektrische Kontinuität sicherstellen. Diese Ergebnisse werden nur dann erzielt, wenn ein Metall mit beträchtlicher Stärke bzw. Dicke abgeschieden wird, um die elektrische Kontinuität sicherzustellen und mit einer geringen Stärke bzw. Dicke, um zu vermeiden, dass sich die Elektrode nicht wie ein durchgehender Film bzw. eine durchgehende Dünnschicht verhält, der bzw. die jeglichen Gasaustausch unterbindet, wodurch sich die Verwendung des Kondensators als Feuchtigkeitssensor verbietet. Erfindungsgemäß wird dieser Gegensatz aufgelöst, indem eine der Elektroden aus einem nicht porösen Metallblech gebildet wird, das mit dicker Schichtstärke vorgesehen und leitend gemacht ist durch Einschluss von mehreren elektrisch leitenden Partikeln. Der Begriff porös wird vorliegende im Sinne einer nicht vollständigen Dichtigkeit gegenüber Wasserdampf verwendet.

[0021] Die Verwendung einer Elektrode in Form eines nicht porösen Metallblechs bietet mehrere Vorteile. Zunächst dient das Metallblech, bei dem es sich um ein massives Metall handelt, direkt als Substrat für die Abscheidung des Dielektrikums, während im Stand der Technik das Metall beispielsweise auf einem Glassubstrat im Vakuum abgeschieden wird, was Heterogenitäten bezüglich der Abscheidung mit sich bringt sowie bezüglich deren Natur und deren Höhe. Wenn das Metall abgeschieden wird, deckt es tatsächlich die Oberfläche des Substrats weder gleichmäßig noch insgesamt ab: Dadurch entstehen Orte metallischer Leerstellen und andere mit Welligkeiten auf Grund einer zu großen Dicke bzw. Stärke der Abscheidung. Sämtliche dieser Nachteile entfallen bei der Erfindung durch Verwendung eines perfekt laminierten Blechs mit Spiegelglanzaussehen

und einem einheitlichen und durchgehenden Material ohne jegliche Niveauverlagerung. Dieses massive Blech stellt außerdem eine Barriere derart dar, dass der Wasserdampf in dem Dielektrikum und nicht in der Elektrode eingesperrt bleibt.

[0022] Bevorzugt wird das die poröse Elektrode bildende Material ausgewählt aus Polymeren, wodurch erreicht wird, dass keine Dichtigkeit vorliegt und mit relativ großer Dicke bzw. Stärke (bevorzugt in der Größenordnung von 25 bis 100 μm). Dieses Material wird durch Dotierung leitend gemacht, das heißt, durch einen Einschluss von elektrisch leitfähigen Partikeln in der Masse, beispielsweise von Metallpartikeln. Ein Widerstand von ungefähr 10 bis 50 Ohm ist beispielsweise ein geeigneter Widerstand. Ein identisches Ergebnis kann erzielt werden, indem ein bestimmtes Kunststoffmaterial gewählt wird in einer Dicke bzw. Stärke derart, dass dieses nicht vollständig dicht ist, wobei das Material durch ein beliebiges geeignetes Mittel elektrisch leitfähig gemacht werden kann.

[0023] Ein weiteres vorteilhaftes Merkmal der erfindungsgemäßen Sensoren besteht darin, dass diese ein Dielektrikum umfassen, das durch einen Polymerfilm gebildet ist, der in Form mehrerer ungleichmäßig starker bzw. dicker Schichten vorgesehen ist; dieses Verfahren erlaubt es, die endgültige Stärke bzw. Dicke und die Regularität des Dielektrikums zu beherrschen, was günstige Konsequenzen auf die Präzision der derart realisierten Kondensatoren hat. Diese Anordnung trägt zur Verwirklichung von Kondensatoren bei, die eine konstante Empfindlichkeit bzw. ein konstantes Ansprechvermögen (ΔC auf C) aufweisen und damit gegenseitig problemlos austauschbar sind. Es wird bemerkt, dass ein derartiger dielektrischer Polymerfilm bewerkstelligt und verwendet werden kann mit beliebigen Elektrodenarten, einschließlich denjenigen, die im Stand der Technik durch metallische Abscheidung verwirklicht sind.

[0024] Ungeachtet dieser Vorsichtsmaßnahmen ist festzustellen, dass in Bezug auf den Kapazitätswert für einen gegebenen Feuchtigkeitsgrad nicht stets optimale Präzision erzielt wird. Abhängig vom Herstellungsverfahren kann die Justierung des Kondensators sehr einfach und sehr rasch verwirklicht werden: Es reicht tatsächlich aus, die Nutzfläche der porösen Elektrode bis zur Erzielung des gesuchten Werts zu reduzieren. Dieser Vorgang kann durch einfaches Abkratzen oder Erosion des Materials erfolgen, das die poröse Elektrode bildet.

[0025] Es wird bemerkt, dass gemäß dieser Herstellungsart Sensoren mit besonders günstigen industriellen Herstellungskosten gewonnen werden können. Abgesehen von ihrer hohen Präzision und Reproduzierbarkeit erweisen sich diese Kondensatoren als besonders solide und beständig gegenüber starken

und unterschiedlichen mechanischen und/oder thermischen Beanspruchungen. Sie sind weitgehend nachgiebig, was es erlaubt, sie auf anderen als ebenen Flächen einzusetzen. Der Informationsabgriff erfolgt in sehr einfacher Weise, bevorzugt durch direkten Kontakt auf der einen und der anderen der beiden Elektroden. Dies erlaubt es, nachgiebige Kondensatoren bereitzustellen, die dazu bestimmt sind, auf Schaltungen oder in existierenden Aufbauten durch einfaches Festklemmen angeordnet zu werden. Es wird bemerkt, dass diese Art des Informationsabgriffes mit den Kondensatoren gemäß dem Stand der Technik nicht realisierbar ist, wobei die geringe Dicke bzw. Stärke und Zerbrechlichkeit der porösen Metallelektrode jegliches Vorsehen einer Drahtverbindung auf der Elektrode unmöglich macht.

[0026] Abgesehen von Kondensatoren zur Verwendung als Feuchtigkeitssensoren betrifft die vorliegende Erfindung das Verfahren zur Herstellung dieser Sensoren. Dieses Verfahren sieht gemäß der bevorzugten Ausführungsform die Übereinanderschichtung von einem Metallblech ausgehend vom Basissubstrat, eines porösen dielektrischen Polymerfilms und einer dotierten porösen Polymerschicht vor. Die Elementarkondensatoren werden dann gewonnen durch Zuschneiden der vorstehend angesprochenen Stapel. Der Kapazitätswert kann dadurch eingestellt bzw. justiert werden, indem die Nutzfläche von zumindest einer der Elektroden zugeschnitten wird. Der Informationsabgriff kann durch einfache Kontakte auf den Außenseiten der Elektroden verwirklicht werden, wobei die erfindungsgemäße Kondensatoren nicht mit Verbindungskabeln versehen werden müssen.

[0027] Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung erschließen sich aus dem Studium der nachfolgenden bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform und einer Variante, die lediglich beispielhaft in den anliegenden Zeichnungen gezeigt sind: in diesen zeigen

- eine **Fig. 1** Schnittansicht eines erfindungsgemäßen kapazitiven Sensors gemäß der bevorzugten Ausführungsform, und
- eine **Fig. 2** Schnittansicht eines kapazitiven Sensors gemäß einer Variante mit zwei porösen Elektroden zeigt.

[0028] Aus **Fig. 1** geht hervor, dass die erfindungsgemäßen Kondensatoren durch Übereinanderschichten eines Metallblechs, das als erste Elektrode **3a** verwendet wird, eines Polymerfilms **2** geringer Stärke (ungefähr 2 μm), wobei der Film bevorzugt durch Übereinanderschichten von Filmen ungleicher Dicke verwirklicht wird, und einer zweiten Elektrode **1** verwirklicht werden, die aus einem dotierten, von Metall abweichenden Material (beispielsweise einem Polymer) gebildet ist, wobei diese zweite Elektrode eine Dicke von ungefähr 100 μm und einen wirksamen Widerstand in der Größenordnung von 10 bis 50

Ohm aufweist. Die Kontakte **4** und **5** für den Informationsabgriff sind jeweils direkt auf den Elektroden **1** und **3a** gebildet.

[0029] In dem Herstellungsverfahren dient das Metallblech direkt als Basissubstrat für die Abscheidung des Dielektrikums **2** und der porösen Elektrode **1**. Im Maßstab industrieller Serienfertigung wird diese Blech mit großen Abmessungen gewählt, und der derart verwirklichte Komplex wird auf die exakten Abmessungen der Kondensatoren zugeschnitten.

[0030] In einer nicht zur Erfindung gehörenden, in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsform kann vorgesehen werden, Kondensatoren auszubilden, die beispielsweise mit zwei porösen Elektroden versehen sind, die durch einen mehrschichtigen dielektrischen Polymerfilm getrennt sind, der durch Abscheidung von Schichten unterschiedlicher Stärken verwirklicht ist. Dadurch wird folgende Schichtung bzw. Stapelanordnung verwirklicht:

- Eine Polymerschicht, die durch Dotierung elektrisch leitend gemacht ist,
- ein mehrschichtiger Polymerfilm,
- eine Polymerschicht, die durch Dotierung elektrisch leitend gemacht ist.

[0031] Der Informationsabgriff erfolgt über direkte Kontakte auf den beiden porösen Elektroden dieser Kondensatoren, die besonders leistungsfähige Feuchtigkeitssensoren bilden; insbesondere stehen sie in praktisch vollständiger Osmose mit dem Medium bei zusätzlich verbesserter Empfindlichkeit und mit besonders kurzen Reaktionszeiten.

[0032] Es wird bemerkt, dass die vorstehende Erläuterung lediglich beispielhaft erfolgt ist, und dass andere Ausführungsformen für die Kondensatoren, insbesondere mit unterschiedlichen Abmessungen gewählt werden können, ohne vom Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

Patentansprüche

1. Kapazitiver Sensor zur Feuchtigkeitsmessung, aufweisend zwei Elektroden (**1**, **3a**), die durch ein dielektrisches Material (**2**) getrennt sind, wobei eine der Elektroden (**3a**) mittels eines nicht-porösen Metallblechs verwirklicht ist, und wobei die andere Elektrode (**1**) sich in direktem Kontakt mit dem dielektrischen Material (**2**) befindet, **dadurch gekennzeichnet**, dass die andere Elektrode (**1**) durch ein anderes poröses Material als Metallmaterial gebildet ist, das als dicke Schicht angeordnet und durch Einschluss von mehreren elektrisch-leitenden Partikeln elektrisch-leitend gemacht ist.

2. Kapazitiver Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das die Elektrode (**1**) bildende poröse Material aus Polymeren ausgewählt ist.

3. Kapazitiver Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das die Elektrode bildende poröse Material ein Kunststoffmaterial ist, das eine Dicke derart aufweist, dass es nicht vollständig dicht ist.

4. Kapazitiver Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die poröse Elektrode (**1**) eine Dicke in der Größenordnung von 25 bis 100 μm aufweist.

5. Kapazitiver Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die poröse Elektrode (**1**) einen wirksamen Widerstand in der Größenordnung von 10 bis 50 Ω aufweist.

6. Kapazitiver Sensor nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das dielektrische Material (**2**) die Form eines Polymerfilms aufweist, der mehrere übereinander liegende Schichten ungleicher Dicken aufweist.

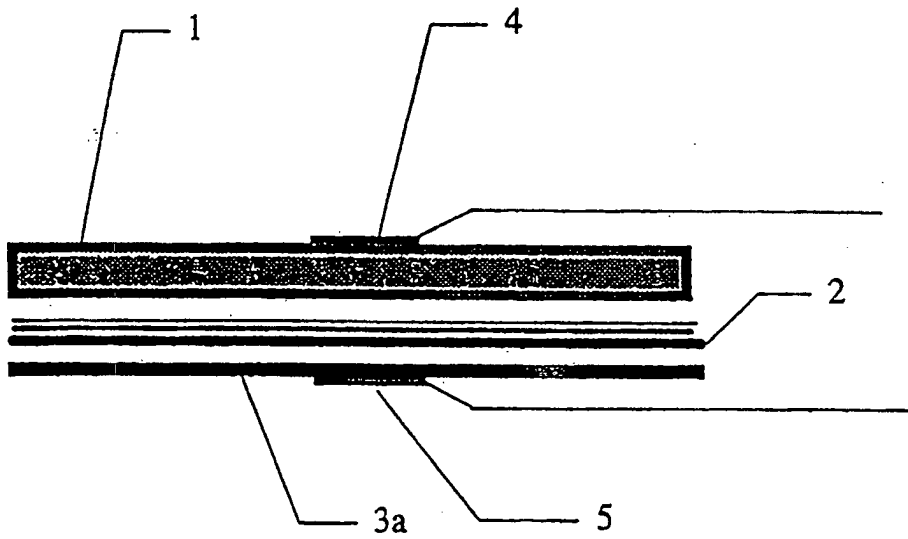
7. Kapazitiver Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Informationsabgriff durch direkte Kontakte (**4** und **5**) auf der einen und der anderen der beiden Elektroden (**1** und **3a**) gebildet ist.

8. Verfahren zur Herstellung eines kapazitiven Sensors nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren eine Übereinanderschichtung aus einem Metallblech (**3a**), einem isolierenden mehrschichtigen Polymerfilm (**2**) und einer dotierten Polymerschicht (**1**) vorsieht.

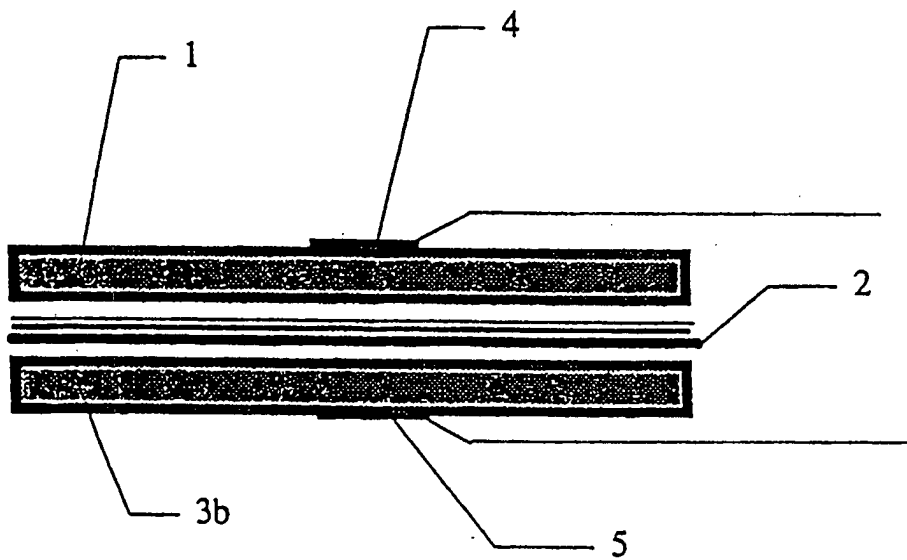
9. Verfahren zur Herstellung eines kapazitiven Sensors nach Anspruch 8, wobei der Sensor durch Reduzieren der Nutzfläche der porösen Elektrode (**1**) auf einen Sollwert für einen speziellen Kondensator eingestellt wird, wobei das Reduktionsverfahren vorteilhafterweise durch einfaches Schaben oder Erodieren eines die poröse Elektrode (**1**) bildenden Materials verwirklicht wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



FIGUR 1



FIGUR 2