



(10) **DE 10 2017 126 496 A1** 2019.05.16

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 126 496.5**

(22) Anmeldetag: **10.11.2017**

(43) Offenlegungstag: **16.05.2019**

(51) Int Cl.: **A61C 19/04 (2006.01)**
G01N 27/02 (2006.01)

(71) Anmelder:

Philipps-Universität Marburg, 35037 Marburg, DE

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Olbricht, Buchhold, Keulertz
Partnerschaft mbB, 60325 Frankfurt, DE**

(72) Erfinder:

**Gente, Michael, 35091 Cölbe, DE; Willamowski,
Matthias, 35415 Pohlheim, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

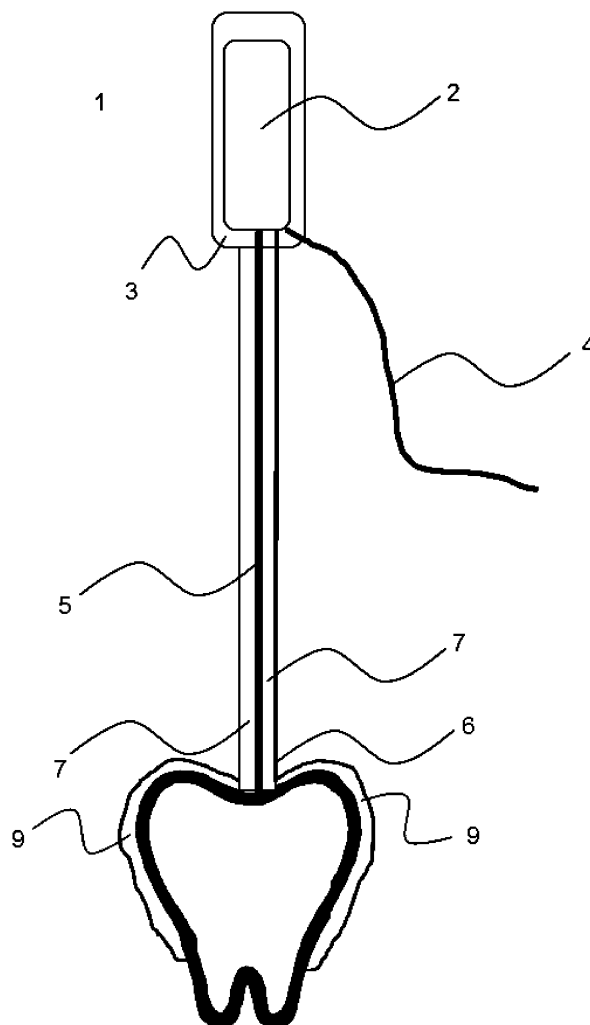
DE	697 28 065	T2
US	4 215 698	A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung der Impedanz an einem Zahn**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung der Impedanz (Wechselstromwiderstand) an einem Zahn. Die Impedanz wird bestimmt durch die Messung der Spannung bei gegebener Stromstärke oder durch die Messung der Stromstärke bei gegebener Spannung. Die Bestimmung der Impedanz an einem Zahn wird zur Diagnostik von Zahnkaries genutzt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung der Impedanz an einem Zahn. Die Impedanz an einem Zahn kann zur Diagnostik von Zahnkaries (Karies, kariöse Läsion, kariöse Veränderung; Plural: Karies) genutzt werden.

[0002] Die Karies ist eine Zahnerkrankung, bei der das Zahnhartgewebe, also der Zahnschmelz (Enamelum) und/oder das Zahnbein (Dentin) geschädigt sind. Das Zahnhartgewebe wird auch als Hartsubstanz oder Zahnhartsubstanz bezeichnet. Entkalkungen, Verfärbungen, Kavitationen (Einbrüche des Zahnhartgewebes) und Läsionen bis in das Zahnmark (Pulpa) sind Symptome einer Karies.

[0003] Betrifft die Karies nur den Zahnschmelz, dann wird von einer Schmelzkaries gesprochen, betrifft die Karies auch das Zahnbein, dann wird von einer Dentinkaries gesprochen. Betrifft die Karies die Kaufläche eines Zahnes, wird von einer Okklusalkaries gesprochen, betrifft die Karies die Flächen eines Zahnes, die zu den Nachbarzähnen hin grenzen, dann wird von einer Approximalkaries gesprochen.

[0004] Da eine unbehandelte Karies zum Verlust des betroffenen Zahnes führt, ist es essentiell, eine Karies bereits in einem möglichst frühen Stadium zu diagnostizieren. Gleichzeitig sollen bei der Kariesdiagnostik falsch positive Ergebnisse möglichst vermieden werden, um eine Überbehandlung auszuschließen. Es wird also bei der Kariesdiagnostik eine möglichst hohe Spezifität und Sensitivität angestrebt, um den Patienten angemessen versorgen zu können.

[0005] Die Diagnostik der Karies am Zahn kann schwierig sein, da bei kleinen kariösen Veränderungen diese visuell in der klinischen Untersuchung nicht von Verfärbungen des Zahnschmelzes unterschieden werden können. Es bestehen daher folgende zwei Gefahren: Einerseits die Gefahr der Überbehandlung, wenn eine nur verfärbte Stelle fälschlicherweise als Karies diagnostiziert wird und deshalb aufgebohrt und gefüllt wird, andererseits die Gefahr der Unterbehandlung, wenn eine Karies nicht erkannt wird und deshalb unbehandelt bleibt.

[0006] Besonders schwierig ist die sichere Diagnostik bzw. der sichere Ausschluss einer Karies an den Approximalflächen der Zähne, also jene Zahnflächen, die an die benachbarten Zähne grenzen. Zwischen den Approximalflächen zweier benachbarter Zähne befindet sich der Zahnzwischenraum, der individuell unterschiedlich sehr schmal sein kann. Je schmaler der Zahnzwischenraum ist, desto schlechter sind die betreffenden Approximalflächen einer visuellen Untersuchung zugänglich. Gerade bei sehr

schmalen Zahnzwischenräumen werden Approximalkaries sehr leicht übersehen.

Stand der Technik

[0007] Für die Diagnostik einer Karies werden folgende Vorrichtungen oder Verfahren eingesetzt:

[0008] Visuelle Diagnose: Der gereinigte und getrocknete Zahn wird durch Betrachtung mit Hilfe eines zahnärztlichen Spiegels bei guter Ausleuchtung auf Verfärbungen und Kavitationen (Einbrüche des Zahnhartgewebes) untersucht.

[0009] Taktile Sondierung: Der gereinigte und getrocknete Zahn wird mit einer zahnärztlichen Sonde abgetastet.

[0010] Faseroptische Transillumination (FOTI, Diaphanoskopie, fiber optic transillumination): Das Zahnhartgewebe wird mit einer Kaltlichtsonde durchleuchtet. Dabei wird das unterschiedliche Lichtbrechungsverhalten von gesundem und kariös erkranktem Zahnhartgewebe ausgenutzt. Kariöse Substanz wird, bedingt durch einen Lichtintensitätsverlust, als dunkler Schatten erkennbar. Damit lässt sich vor allem eine Dentinkaries gut diagnostizieren.

[0011] Röntgenuntersuchung: Die Röntgenuntersuchung mit konventioneller oder digitaler Technik wird mittels Bissflügelaufnahmen (BF, bite wings) durchgeführt. Damit lässt sich vor allem eine Schmelzkaries an Approximalflächen, das sind die Zahnflächen, an denen sich die Zähne einer Zahnreihe berühren, gut diagnostizieren.

[0012] Lasergestützte Kariesdiagnostik (Laserfluoreszenzmessung): Das Licht eines Laserfluoreszenzgerätes mit einer Wellenlänge von 650 nm wird sowohl von organischer als auch von anorganischer Substanz resorbiert. Die Laserfluoreszenzgeräte bestehen aus mindestens einer Lichtquelle und einer Optik, die eine bauarttypische Größe aufweisen. Da eine kariöse Läsion in der Zahnhartsubstanz mit dem eingesetzten Laser zu einer Fluoreszenz angeregt wird, kann vom Vorhandensein einer Fluoreszenz auf eine Karies geschlossen werden. Dieses Verfahren ist besonders zur Diagnostik einer Okklusalkaries geeignet.

[0013] Bestimmung des Wechselstromwiderstandes am Zahn (Impedanzmessung): Bei diesem Verfahren wird mit einem geeigneten Messgerät die Impedanz der Zahnhartsubstanz bestimmt. Bei einer Karies ist die elektrische Leitfähigkeit im Vergleich zu einer gesunden Zahnhartsubstanz signifikant erhöht und damit die Impedanz signifikant erniedrigt. Da der Zahnschmelz eine wesentlich höhere Impedanz aufweist als das Dentin, können mit diesem Verfahren vor allem kariöse Läsionen des Zahnschmelzes diagnosti-

ziert werden. Wenn eine Karies noch nicht zu einer Kavitation geführt hat und somit weder visuell noch mittels taktile Sondierung zu erkennen ist, dann ist die Impedanzmessung ein sehr gut geeignetes Verfahren.

[0014] Für die Bestimmung der Impedanz werden Geräte verwendet, die mit Wechselstrom arbeiten. Diese Messgeräte umfassen mindestens eine Bezugsselektrode, eine Messelektrode und eine Messeinheit. Die Bezugsselektrode wird an einer beliebigen Stelle in der Mundhöhle platziert. Mit der Messelektrode wird der zu untersuchende Zahn abgetastet. Sobald mit der Messelektrode eine kariöse Veränderung berührt wird, sinkt die Impedanz. Diese Veränderung der Impedanz wird durch die Messeinheit registriert und dem Untersucher angezeigt, beispielsweise durch ein akustisches Warnsignal oder eine optische Anzeige. Als optische Anzeige kann der Zeiger eines elektrischen Wechselstromwiderstandsmessgerätes verwendet werden oder eine Leuchtanzeige, die bei der Änderung des elektrischen Widerstandes die Farbe ändert, beispielsweise von Grün auf Rot. Die Leuchtanzeige kann beispielsweise eine LED-Skala mit verschiedenfarbigen Dioden sein.

[0015] Beim Abtasten der Oberfläche des zu untersuchenden Zahnes mit der Messelektrode werden vor allem die Okklusalfächen mit ihren Fissuren und kleinen Gruben untersucht. Berührt die Messelektrode eine kariöse Stelle, dann ist die Impedanz erniedrigt, weil die Schmelzschicht des Zahnes an kariösen Stellen porös ist.

[0016] Die Nachteile im Stand der Technik sind folgende:

[0017] Visuelle Diagnose: Die Zahnzwischenräume und damit die approximalen Flächen eines Zahnes sind der visuellen Diagnose nicht oder nur sehr schlecht zugänglich. Eine Approximalkaries wird also bei der visuellen Diagnostik häufig übersehen. Die Aussagekraft dieser klinischen Untersuchungsmethode ist sehr stark von der Erfahrung und der Farbwahrnehmung der Zahnärztin oder des Zahnarztes abhängig. Physiologische Verfärbungen des Zahnes können als Karies fehldiagnostiziert werden.

[0018] Taktile Sondierung: Bei ungeschicktem Vorgehen kann die taktile Sondierung zum Einbruch des schlecht mineralisierten Zahnschmelzes oder zu anderen Schäden am Zahn führen. Außerdem liefert sie im Vergleich zur visuellen Diagnose nur unwesentlich mehr Erkenntnisse. Aus diesen Gründen gilt die taktile Sondierung inzwischen als obsolet.

[0019] Faseroptische Transillumination: Physiologische Zahnverfärbungen, die unabhängig von einer Karies auftreten können, verfälschen die Ergebnisse

der faseroptischen Transillumination, sodass falsch positive Diagnosen gestellt werden.

[0020] Röntgenuntersuchung: Jede Röntgenuntersuchung stellt eine Strahlenbelastung dar, welche grundsätzlich so gering wie möglich gehalten werden soll. Für eine Röntgenuntersuchung muss daher eine rechtfertigende Indikation vorhanden sein, insbesondere bei Kindern und Schwangeren. Da während der Anfertigung einer Röntgenaufnahme die Patientin oder der Patient sich nicht im Geringsten bewegen dürfen, sind Röntgenaufnahmen bei kleineren Kindern oder Personen mit eingeschränkten kognitiven Funktionen oftmals undurchführbar. Eine Dentinkaries kann bei der Röntgenuntersuchung leicht übersehen werden, da Veränderungen erst dann als kariös diagnostiziert werden können, wenn die Entmineralisierung bereits deutlich in das Dentin fortgeschritten ist. Eine Okklusalkaries ist auf einem Röntgenbild erst dann erkennbar, wenn die kariösen Läsionen bereits so tief sind, dass sie bis zum Dentin reichen. Da die Röntgenstrahlen durch bereits vorhandene Füllungen absorbiert und gestreut werden, können Karies direkt unter oder neben einer bereits vorhandenen Füllung bei der Röntgenuntersuchung nicht immer erkannt werden.

[0021] Lasergestützte Kariesdiagnostik: Mit diesem Verfahren können Approximalkaries kaum diagnostiziert werden, da die verwendeten Laserfluoreszenzgeräte auf Grund ihrer bauarttypischen Größe nicht zwischen zwei Zähne (also zu den approximalen Flächen hin) platziert werden können. Physiologische Zahnverfärbungen, die unabhängig von einer Karies auftreten können, verfälschen die Ergebnisse der lasergestützten Kariesdiagnostik. Die Laserfluoreszenzgeräte sind in der Anschaffung und im Betrieb teuer.

[0022] Bestimmung des Wechselstromwiderstandes am Zahn (Impedanzmessung): Die Zusammensetzung und die Menge des Speichels am zu untersuchenden Zahn und in der Mundhöhle beeinflussen die elektrische Leitfähigkeit und somit die Impedanz. Wenn sich viel Speichel am zu untersuchenden Zahn befindet, dann sinkt die Impedanz, auch wenn keine Karies vorliegt. Es werden also falsch positive Befunde erhoben, da in diesem Fall der elektrische Strom nicht nur durch den Zahn, sondern auch durch den Speichelfilm auf der Zahnoberfläche zur Mundhöhle fließt, es liegt also häufig ein nicht erkannter elektrischer Nebenschluss vor. Ebenso kann der von Patient zu Patient unterschiedliche Elektrolytgehalt des individuellen Speichels die Impedanz beeinflussen.

[0023] Dieser Nachteil besteht insbesondere bei den derzeit zur Impedanzmessung verwendeten Messgeräten. Die derzeit zur Impedanzmessung verwendeten Messgeräte weisen eine mangelhafte Reproduzierbarkeit der Messergebnisse auf, wodurch der

Zahnarzt verwirrt werden kann. Das Problem besteht besonders bei wiederholten Messungen bei Verlaufskontrollen.

[0024] Da Karies bevorzugt in Fissuren und kleine Gruben der Zahnoberfläche entstehen, können mit zu groß dimensionierten Messelektroden beginnende kariöse Veränderungen nicht zuverlässig detektiert werden.

[0025] Die derzeit zur Impedanzmessung verwendeten Messgeräte weisen stabförmige, zylindrische oder drahtförmige Messelektroden auf. Auf Grund dieser Elektrodenform sind die Messelektroden aus dem Stand der Technik nicht dafür geeignet, die Approximalkflächen von Zähnen abzutasten. Somit können mit den derzeit bekannten Messgeräten Approximalkaries nicht diagnostiziert werden.

Aufgabe

[0026] Mit der vorliegenden Erfindung soll eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Verfügung gestellt werden, mit denen die Bestimmung der Impedanz an einem Zahn zur Diagnostik einer Karies verbessert wird. Insbesondere soll der Einfluss des in der Mundhöhle vorhandenen Speichels reduziert werden. Außerdem soll die Reproduzierbarkeit der Messungen bei Verlaufskontrollen verbessert werden, um Verwirrungen des Zahnarztes und damit Fehldiagnosen zu reduzieren. Des Weiteren soll die Diagnostik einer Karies in Fissuren und kleinen Gruben der Zahnoberfläche verbessert werden, um auch Frühstadien einer Karies sicher zu erkennen. Zusätzlich soll die Diagnostik einer Approximalkaries mit geeigneten Messelektroden ermöglicht werden.

Lösung der Aufgabe

[0027] Die erfindungsgemäße Aufgabe wird gelöst durch den Anspruch 1 (Vorrichtung) und den Anspruch 14 (Verfahren). Insbesondere wird die erfindungsgemäße Aufgabe gelöst durch folgende Weiterentwicklungen im Hinblick auf den Stand der Technik:

- Einsatz eines Isoliergels **9** mit einem spezifischen elektrischen Widerstand von $\rho > 500 \Omega \cdot m$ zur Vermeidung des störenden Einflusses des Speichels.
- Verbesserung der Messelektrode **5** durch Kopplung mit einer Ausgleichselektrode **6**: Dadurch wird der Strom, der seitlich von der Messelektrode **5** über die Zahnoberfläche abfließen würde, über die Ausgleichselektrode **6** geleitet. Die Ausgleichselektrode **6** fungiert als Abschirmung für die Messelektrode **5**.
- Anpassung der Messelektronik in der Messeinheit **2**: Durch die Ausführung der Wechselstrommessung mit der Lock-in-Technik werden stabile

Messwerte auch bei kleinsten Strömen erreicht. Damit können stabile Messwerte bei Strömen in der Größe zwischen 10 nA und 2 μ A erreicht werden.

- Durchführung der Messung nach dem Prinzip der Trägerfrequenz-Messtechnik.
- Die Messeinheit **2** stellt mittels eines Funktionsgenerators eine definierte Sinusspannung zur Verfügung. Vorzugsweise hat diese Sinusspannung eine Frequenz von 600 Hz und eine mittlere Spannung von etwa 70 mV U_{rms} . Diese Spannung wird über jeweils einen Trennverstärker sowohl an die Messelektrode **5** als auch an die Ausgleichselektrode **6** angelegt.

[0028] Die erfindungsgemäße Vorrichtung **1** und das erfindungsgemäße Verfahren bestimmen also die Impedanz der zu untersuchenden Zahnhartsubstanz auf eine verbesserte Weise. Bei einer Karies verringert sich die Impedanz an der betroffenen Stelle der Zahnhartsubstanz. Zur Bestimmung der Impedanz wird das Ohmsche Gesetz angewendet. Die Bestimmung der Impedanz erfolgt durch eine Berechnung aus den gemessenen Werten des Stromflusses zwischen der Messelektrode **5** und der Bezugselektrode **4** bei vorgegebener Spannung. Alternativ dazu kann die Impedanz auch bestimmt werden durch eine Berechnung aus den gemessenen Werten der Spannung bei vorgegebenem Stromfluss zwischen der Messelektrode **5** und der Bezugselektrode **4**.

[0029] Um den Einfluss des in der Mundhöhle vorhandenen Speichels zu reduzieren, wird erfindungsgemäß bei der Bestimmung der Impedanz am zu untersuchenden Zahn erst der vorhandene Speichel beseitigt und dann ein Isoliergel **9** aufgetragen. Dieses Isoliergel **9** darf nur eine geringe elektrische Leitfähigkeit aufweisen und muss ungiftig und günstig in der Herstellung sein. Vorzugsweise hat das Isoliergel **9** einen spezifischen elektrischen Widerstand von $\rho > 500 \Omega \cdot m$. Die Viskosität des Isoliergels **9** soll so hoch sein, dass es an dem zu untersuchenden Zahn haften bleibt. Von Vorteil ist, wenn es zur besseren Erkennbarkeit eine Färbung aufweist, die sich von allen anderen Strukturen in der Mundhöhle unterscheidet. Damit kann durch visuelle Kontrolle einfach festgestellt werden, ob das Isoliergel **9** in ausreichender Menge und an den vorgesehenen Stellen appliziert wurde. Als besonders vorteilhaft für das Isoliergel **9** hat sich eine gelartige Zubereitung aus 0,9 g des Galaktose-Polymers Agar (bzw. Agar-Agar) auf 100 ml destilliertem Wasser (Aqua dest.) + 1 ml Farbstoff erwiesen. Als Farbstoff wird vorteilhaft eine blaue Lebensmittelfarbe wie beispielsweise Anthocyane (E 163), Brillantblau FCF (E 133), Indigotin (E 132) oder Patentblau V (E 131) verwendet.

[0030] Alternativ kann das Isoliergel **9** auch aus Gelatine oder Stärke zubereitet werden.

[0031] In einer Ausführungsform ist das Isoliergel **9** in Form von flexiblen Beuteln oder Pads ausgebildet, welche auf den zu untersuchenden Zahn gedrückt werden können und sich der Zahnoberfläche anpassen. Diese Beutel oder Pads haben den Vorteil, dass sie besser gelagert werden können und bei Bedarf aus einer Einzelverpackung entnommen werden können.

[0032] Die erfindungsgemäße Vorrichtung **1** weist mindestens folgende weitere Bauteile auf:

[0033] Eine Messeinheit **2**: Die Messeinheit **2** umfasst mindestens einen Funktionsgenerator, einen Trennverstärker, einen Lock-in-Verstärker, einen Spannungsanzeiger, eine Auswerteeinheit und ein Ausgabemittel für ein akustisches, optisches und/oder haptisches Signal. Die Messeinheit **2** ist mit der Bezugselektrode **4**, der Messelektrode **5** und der Ausgleichselektrode **6** verbindbar. Vorteilhaft ist diese Verbindung eine Steckverbindung, damit die Elektroden **4**, **5** und **6** nach dem Gebrauch bei einem Patienten gereinigt und wieder verwendet werden können.

[0034] Die Messeinheit **2** stellt über den Funktionsgenerator die Wechsellspannungen zur Verfügung, welche an die Elektroden **4**, **5** und **6** angelegt werden, mit denen die Messeinheit verbunden ist. Die Messeinheit **2** misst die Stromstärke, die von der Messelektrode **5** durch den Zahn zu der Bezugselektrode **4** fließt. Aus der resultierenden Stromstärke bestimmt die Auswerteeinheit der Messeinheit **2** bei gegebener Spannung die Höhe der Impedanz. In einer alternativen Ausführungsform misst die Messeinheit **2** die Spannung bei gegebener Stromstärke. In jedem Fall erfasst die Auswerteeinheit der Messeinheit **2** die Höhe und die Veränderung der Impedanz an mindestens zwei verschiedenen Positionen des zu untersuchenden Zahnes.

[0035] Die Auswerteeinheit der Messeinheit **2** registriert also auf eine Änderung der Impedanz, verarbeitet und wertet die Messergebnisse aus und gibt über das Ausgabemittel dem Untersucher eine geeignete Rückmeldung, beispielsweise ein akustisches Warnsignal und/oder eine optische Anzeige und/oder eine haptische Anzeige. Das Ausgabemittel der Messeinheit **2** ist mit der Messeinheit **2** verbindbar.

[0036] Die für die Bestimmung der Impedanz eines Zahnes gemessenen Ströme sind sehr klein. Um diese besser auswerten zu können, wird ein Lock-in-Verstärker eingesetzt. Damit werden bei kleinen Messströmen Störungen vermieden. Durch den Lock-in-Verstärker und die damit mögliche Lock-in-Technik werden auch bei kleinsten Strömen im Bereich von 10 nA bis 2 μ A stabile Messwerte erreicht.

[0037] Ein Griff **3**: Der Griff **3** ist so ausgebildet, dass die Vorrichtung **1** mit der Messeinheit **2** während der Untersuchung gehalten werden kann und die Elektroden **4**, **5** und **6** der Vorrichtung **1** in der Mundhöhle bzw. am zu untersuchenden Zahn platziert werden können. Der Griff **3** weist eine Oberfläche aus einem elektrisch isolierenden Material auf, zum Beispiel Kunststoff wie Polycarbonat oder Polyethylen.

[0038] In den Griff **3** kann die Messeinheit **2** integriert werden, so dass der Griff **3** und die Messeinheit **2** nur ein gemeinsames Gehäuse benötigen. Bei dieser vorteilhaften Ausführungsform ist der Griff **3** so gestaltet, dass die vorteilhaften Steckverbindungen der Elektroden **4**, **5** und **6** mit der Messeinheit **2** ermöglicht werden.

[0039] Eine Bezugselektrode **4**: Sie besteht aus einem elektrisch leitenden Material und wird an einer beliebigen Stelle in der Mundhöhle platziert. Sie ist über einen elektrischen Leiter mit der Messeinheit **2** verbunden. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Bezugselektrode **4** mit der Messeinheit **2** über einen Stecker verbindbar ausgebildet. Dadurch kann die Bezugselektrode **4** nach der Verwendung bei einem Patienten einfach gewechselt werden. Die Bezugselektrode **4** ist so ausgebildet, dass sie einfach gereinigt und sterilisiert werden kann.

[0040] Eine Messelektrode **5**: Sie besteht aus einem elektrisch leitenden Material. Sie ist über einen elektrischen Leiter mit der Messeinheit **2** verbunden. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Messelektrode **5** mit der Messeinheit **2** über einen Stecker verbindbar ausgebildet. Dadurch kann die Messelektrode **5** nach der Verwendung bei einem Patienten einfach gewechselt werden. Die Messelektrode **5** ist so ausgebildet, dass sie einfach gereinigt und sterilisiert werden kann.

[0041] Die Messelektrode **5** ist so zur Bezugselektrode **4** angeordnet, dass zwischen der Messelektrode **5** in einer ersten Position an einem zu untersuchenden Zahn und der Bezugselektrode **4** ein Wechselstrom fließen kann.

[0042] Mit der Messelektrode **5** wird die Oberfläche des zu untersuchenden Zahnes abgetastet. Somit wird die Messelektrode **5** in mindestens eine weitere Position an einem zu untersuchenden Zahn gebracht. An der Stelle, an der die Messelektrode **5** den Zahn berührt, verdrängt sie zusammen mit der Ausgleichselektrode **6** das Isoliergel **9** von der Zahnoberfläche und der Stromkreis wird über die Bezugselektrode **4** geschlossen. Wenn diese Stelle des Zahnes nicht kariös verändert ist, dann ist die Impedanz sehr hoch, da der intakte Zahnschmelz und das intakte Zahnbein einen hohen elektrischen Widerstand von über 600 k Ω aufweisen. Sobald die Messelektrode **5** den Bereich der kariösen Veränderung berührt, sinkt

die Impedanz auf unter 480 k Ω . Diese Änderung der Impedanz wird durch die Messeinheit **2** über die Messung des Stromflusses bestimmt, verarbeitet, ausgewertet und an den Untersucher ausgegeben.

[0043] Eine Ausgleichselektrode **6**: Sie besteht aus einem elektrisch leitenden Material. Sie ist über einen elektrischen Leiter mit der Messeinheit **2** verbunden. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Ausgleichselektrode **6** mit der Messeinheit **2** über einen Stecker verbindbar ausgebildet. Dadurch kann die Ausgleichselektrode **6** nach der Verwendung bei einem Patienten einfach gewechselt werden. Die Ausgleichselektrode **6** ist so ausgebildet, dass sie einfach gereinigt und sterilisiert werden kann.

[0044] Die Ausgleichselektrode **6** liegt auf dem gleichen elektrischen Potenzial wie die Messelektrode **5**. Somit weist sie das gleiche elektrische Potential auf wie die Messelektrode **5**. Die Ausgleichselektrode **6** ist baulich an die Messelektrode **5** gekoppelt. Sie dient der Abschirmung der Messelektrode **5**.

[0045] Die Messelektrode **5** und die Ausgleichselektrode **6** sind nicht elektrisch miteinander verbunden, sondern durch eine Isolationsschicht **7** (isolierende Schicht, Isolator) voneinander getrennt. Zwischen der Messelektrode **5** und der Ausgleichselektrode **6** ist also eine Isolationsschicht **7** angebracht.

[0046] Durch diese bauliche Anordnung der mechanischen Koppelung bei gleichzeitiger elektrischer Isolierung wird gewährleistet, dass im Isoliergel **9**, welches die Messelektrode **5** und die Ausgleichselektrode **6** umgibt, das gleiche elektrische Potenzial vorliegt wie an der Messelektrode **5**. Dadurch wird gewährleistet, dass Ströme, die über die Zahnoberfläche fließen, ausschließlich aus der Ausgleichselektrode **6** stammen und nicht aus der Messelektrode **5**. Die Ausgleichselektrode **6** bewirkt also, dass der Zahnschmelz an der zu untersuchenden Stelle am Zahn und das aufgebrachte Isoliergel **9** dasselbe elektrische Potenzial wie die Messelektrode **5** aufweisen. Dadurch wird die Entstehung eines elektrischen Feldes verhindert, welches einen Stromfluss von der Messelektrode **5** über die Zahnoberfläche hin zur Mundhöhle und damit zur Bezugselektrode **4** erzeugt. Da dieser unerwünschte Stromfluss die Reproduzierbarkeit und die Genauigkeit der Impedanzbestimmungen verringert, ist es essentiell, diesen zu unterbinden.

[0047] Eine Isolationsschicht **7**: Die Isolationsschicht **7** ist zwischen der Messelektrode **5** und der Ausgleichselektrode **6** in der Form angebracht, dass diese beiden Elektroden elektrisch voneinander isoliert sind und kein Strom zwischen diesen beiden Elektroden fließen kann. Die Isolationsschicht **7** besteht aus einem geeigneten isolierenden Material wie zum Beispiel Kunststoff, beispielsweise Polycarbonat oder

Polyethylen. Die Isolationsschicht **7** verhindert also zusammen mit dem Isoliergel **9**, dass Ströme, die über die Zahnoberfläche fließen, von der Messelektrode **5** stammen. Dadurch wird die Reproduzierbarkeit und Genauigkeit der Messungen deutlich verbessert.

[0048] Eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeigen die **Fig. 1** und **Fig. 2**.

[0049] Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst folgende Schritte:

- Der zu untersuchende Zahn wird mit aus dem Stand der Technik bekannten Methoden so weit wie möglich trocken gelegt, um die individuell unterschiedlichen Einflüsse des Speichels zu verhindern. Zum Trockenlegen kann der Speichelfilm von dem Zahn beispielsweise mit einem Luftbläser abgepustet werden. Nach der Trocknung halten beispielsweise Watterollen oder ein Kofferdam neuen Speichel fern.

- Der zu untersuchende Zahn wird mit dem erfindungsgemäßen Isoliergel **9** benetzt. Dieser Zahn wird also beispielsweise mit einer gelartigen Zubereitung aus 0,9 g Agar-Agar auf 100 ml destilliertem Wasser (Aqua dest.) + 1 ml Farbstoff benetzt. Die Benetzung erfolgt über die gesamte sichtbare Oberfläche des Zahnes oder auch nur an den zu untersuchenden Stellen.

- Dadurch werden standardisierte und vergleichbare Messbedingungen geschaffen. Insbesondere wird der Zutritt des natürlichen, elektrisch gut leitenden Speichels verhindert, welcher als Nebenschluss zur Mundhöhle und damit zur Bezugselektrode **4** die Messung des Stromflusses und damit die Bestimmung der Impedanz stört.

- Die Bezugselektrode **4** wird an einer beliebigen Stelle in der Mundhöhle platziert, ohne dass sie in direkten Kontakt mit der Messelektrode **5** und der Ausgleichselektrode **6** kommt. Diese Stelle darf keine pathologischen Veränderungen (z.B. Entzündungen, Ulzera oder tumoröse Veränderungen) aufweisen. Diese Stelle wird vor dem Anlegen der Bezugselektrode **4** nicht behandelt und ist somit speichelfeucht. Da der elektrische Widerstand des Gewebes zwischen dem zu untersuchenden Zahn und der Bezugselektrode **4** im Vergleich zum elektrischen Widerstand der Zahnhartsubstanz vernachlässigbar klein ist, ist der räumliche Abstand der Bezugselektrode **4** zum untersuchten Zahn vernachlässigbar. Daher ist es unwesentlich, an welcher Stelle der Mundhöhle die Bezugselektrode **4** platziert wird.

- Die Messelektrode **5** wird an der zu untersuchenden Stelle des Zahnes angelegt und mit diesem in Kontakt gebracht. Mit der Messelektrode **5** wird also die Oberfläche des zu unter-

suchenden Zahnes abgetastet. Dabei verdrängt die Messelektrode **5** an der Kontaktstelle zum Zahn das Isoliergel **9**, dieses bildet somit eine wallartige, isolierende Schicht rund um die Messelektrode **5** herum.

- Durch die mechanische Koppelung der Ausgleichselektrode **6** an die Messelektrode **5** wird gleichzeitig auch die Ausgleichselektrode **6** an der zu untersuchenden Stelle des Zahnes angelegt und das Isoliergel **9** bildet eine wallartige, isolierende Schicht rund um die Ausgleichselektrode **6** herum. Die Messelektrode **5** und die Ausgleichselektrode **6** tauchen sozusagen in das Isoliergel **9** ein und treten somit mit der Zahnoberfläche in Kontakt. Damit wird der Stromkreis zwischen der Messelektrode **5** und der Bezugselektrode **4** geschlossen.

- Zwischen der Messelektrode **5** und der Bezugselektrode **4** wird eine elektrische Wechselspannung U angelegt. Diese Wechselspannung U weist beispielsweise eine Frequenz von 600 bis 2000 Hz auf. Vorzugsweise beträgt ihre maximale Amplitude etwa 200 mV. Vorzugsweise beträgt ihre mittlere Amplitude U_{rms} etwa 70 mV.

- An die Ausgleichselektrode **6** wird ebenfalls eine Wechselspannung angelegt, welche in ihrer Amplitude, ihrer Frequenz und ihrer Phasenlage der Spannung an der Messelektrode **5** entspricht.

- Die Messeinheit **2** misst nun den Strom, der durch die Messelektrode **5** bei konstanter Spannung fließt durch den Zahn zu der Bezugselektrode **4** fließt. Dieser Stromfluss wird als Messwert verwendet, aus dem die Messeinheit **2** die Impedanz bestimmt. Kleine Ströme entsprechen einer großen Impedanz, große Ströme entsprechen einer kleinen Impedanz.

- Alternativ misst die Messeinheit **2** bei konstanter Stromstärke die Spannung, die an der Messelektrode **5** anliegt. Diese Spannung wird als Messwert verwendet, aus dem die Messeinheit **2** die Impedanz bestimmt.

- Die Bestimmung der Impedanz Z beruht auf dem Ohmschen Gesetz $Z=U/I$.

[0050] Durch die erfindungsgemäße Anordnung der Ausgleichselektrode **6** und die Verwendung des erfindungsgemäßen Isoliergels **9** wird bewirkt, dass der Stromfluss aus der Messelektrode **5** nur über die Spitze der Messelektrode **5** in den zu untersuchenden Zahn hinein führen kann und nicht seitlich über die Zahnoberfläche zur Gingiva (Zahnfleisch) und damit in die Mundhöhle zur Bezugselektrode **4**. Es werden also störende elektrische Felder und unerwünschte Stromflüsse verhindert. Damit wird eine wesentlich bessere Reproduzierbarkeit und Genauigkeit erreicht, wodurch präzise Verlaufsuntersuchungen er-

möglicht werden. Ebenso wird damit eine im Vergleich zur Impedanzbestimmung im Stand der Technik wesentlich verbesserte Spezifität und Sensitivität erreicht.

Weitere Ausführungsformen

[0051] In einer Ausführungsform ist die Bezugselektrode **4** als ein gebogener, rostfreier Draht ausgeführt.

[0052] In einer Ausführungsform besteht die Bezugselektrode **4** aus einem Metall wie Titan, Silber oder Eisen, oder aus einer Metalllegierung, oder vorzugsweise aus Edelstahl, in einer anderen Ausführungsform besteht die Bezugselektrode **4** aus Kohlenstoff.

[0053] In einer Ausführungsform besteht die Messelektrode **5** aus einem Metall wie Titan, Silber oder Eisen, oder aus einer Metalllegierung, oder vorzugsweise aus Edelstahl, in einer anderen Ausführungsform besteht die Messelektrode **5** aus Kohlenstoff.

[0054] Vorteilhaft wird an die Messelektrode **5** eine Wechselspannung mit einer Frequenz von etwa 600 Hz und einer maximalen Amplitude von etwa 200 mV angelegt. Damit beträgt die mittlere Amplitude U_{rms} etwa 70 mV.

[0055] In einer Ausführungsform besteht die Ausgleichselektrode **6** aus einem Metall wie Titan, Silber oder Eisen, oder aus einer Metalllegierung, oder vorzugsweise aus Edelstahl, in einer anderen Ausführungsform besteht die Ausgleichselektrode **6** aus Kohlenstoff.

[0056] In einer Ausführungsform ist die Messelektrode **5** federnd gelagert, um die Unregelmäßigkeiten der Zahnoberfläche (Fissuren, kleine Gruben) auszugleichen.

[0057] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Messelektrode **5** als längliche Elektrode mit einem spitz zulaufenden sich verjüngenden Ende ausgebildet. Damit können Messungen auch in den kleinsten Vertiefungen der Zahnoberfläche durchgeführt werden. Ebenso können damit Messungen an sehr kleinen kariesverdächtigen Veränderungen in Fissuren oder kleinen Gruben der Zahnoberfläche durchgeführt werden. Als besonders geeignet haben sich dafür Messelektroden **5** erwiesen, deren Durchmesser kleiner als 1,5 mm sind.

[0058] In einer Ausführungsform sind die Messelektrode **5** und die mechanisch an sie gekoppelte Ausgleichselektrode **6** als flächige Folie ausgebildet. Damit können Messungen auch in den Zahnzwischenräumen an den Approximalflächen des zu untersuchenden Zahnes durchgeführt werden. Als Trägermaterial für die Folie kann ein Kunststoff oder ein anderer Stoff verwendet werden, der eine sehr gerin-

ge elektrische Leitfähigkeit aufweist, beispielsweise Polycarbonat oder Polyethylen. Dieses Trägermaterial fungiert also in dieser Ausführungsform als Isolationsschicht 7. Das Trägermaterial für die Folie ist vorzugsweise durchsichtig, damit das zahnärztliche Personal durch die Folie hindurch die Zahnoberfläche erkennen kann.

[0059] In dieses Trägermaterial (also der Isolationsschicht 7) sind die Messelektrode 5 und die Ausgleichselektrode 6 eingearbeitet. In diesem Fall bestehen die Messelektrode 5 und die Ausgleichselektrode 6 aus einem abrasionsstabilen Material, beispielsweise aus einem Metall wie Titan, Silber oder Eisen, oder aus einer Metalllegierung oder vorzugsweise aus Edelstahl, oder aus Kohlenstoff.

[0060] In einer Ausführungsform weisen die als flächige Folie ausgebildete Messelektrode 5 und die mechanisch an sie gekoppelte Ausgleichselektrode 6 einen verstärkten Rand auf. Dadurch wird das Platzieren der als flächige Folie ausgebildeten Messelektrode 5 und Ausgleichselektrode 6 zwischen zwei Zähnen (also im Zwischenzahnbereich) erleichtert. Ebenso wird dadurch das Zerknittern der als flächige Folie ausgebildeten Messelektrode 5 und Ausgleichselektrode 6 verhindert.

[0061] In einer Ausführungsform ist der verstärkte Rand der flächigen Folie als Ausgleichselektrode 6 ausgebildet. In einer anderen Ausführungsform ist der verstärkte Rand der flächigen Folie als Messelektrode 5 ausgebildet.

[0062] In einer Ausführungsform weist die flächige Folie zwei Messelektroden 5 und zwei Ausgleichselektroden 6 auf, die getrennt voneinander durch die Messeinheit 2 ansteuerbar sind. Dadurch kann nach dem Platzieren der flächigen Folie in den Zwischenzahnraum zwischen zwei benachbarten Zähnen erst der eine Zahn mit der ersten Messelektrode 5 und der ersten Ausgleichselektrode 6 untersucht werden und dann der andere Zahn mit der zweiten Messelektrode 5 und der zweiten Ausgleichselektrode 6. Das hat den Vorteil, dass bei der Untersuchung der Approximalfächen zweier benachbarter Zähne die Folie nur einmal in den Zwischenzahnbereich platziert werden muss. Das ist vor allem bei schmalen Zwischenzahnbereichen für den Patienten und die Zahnärztin bzw. den Zahnarzt vorteilhaft.

[0063] In einer Ausführungsform ist die Ausgleichselektrode 6 als zylindrische Röhre ausgebildet, in einer anderen Ausführungsform als zylindrisch gewickelter Draht. In beiden Ausführungsformen umschließt die Ausgleichselektrode 6 die zentral angeordnete Messelektrode 5 und beide sind elektrisch voneinander durch eine Isolationsschicht 7 isoliert.

[0064] In einer weiteren Ausführungsform ist die Ausgleichselektrode 6 gegenüber der Messelektrode 5 so angeordnet, dass sie axial gegeneinander verschiebbar sind. Dies wird beispielsweise durch den Einbau eines federnden Elementes 8 in die Messelektrode 5 oder die Ausgleichselektrode 6 erreicht. Vorteilhaft wird die außen angeordnete Ausgleichselektrode 6 über eine Feder 8 mit der zentral angeordneten Messelektrode 5 gekoppelt. Dabei ist es essentiell, dass diese beiden Elektroden elektrisch voneinander durch eine Isolationsschicht 7 isoliert sind. Durch diese Anordnung wird folgender Vorteil erreicht: Drückt man die Messelektrode 5 in eine Fissur oder eine kleine Grube des zu untersuchenden Zahnes (also dort, wo eine Karies bevorzugt entsteht), so folgt die Spitze der Ausgleichselektrode 6 der Spitze der Messelektrode 5 und beide Elektroden legen sich dicht der Zahnoberfläche an. Dadurch werden Fehlmessungen und Messschwankungen verringert.

[0065] In einer Ausführungsform sind die Elektroden 4, 5 und 6 als Einmalelektroden ausgeführt. In diesem Fall werden die Elektroden 4, 5 und 6 vorteilhaft über eine Steckverbindung mit der Messeinheit 2 verbunden.

[0066] In einer bevorzugten Ausführungsform ist in den Griff 3 die Messeinheit 2 integriert, so dass der Griff 3 und die Messeinheit 2 nur ein gemeinsames Gehäuse benötigen.

Figurenliste

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 in einem Längsschnitt: Die Messeinheit 2 und der Griff 3 sind unabhängig voneinander angeordnet. Die Messelektrode 5 und die Ausgleichselektrode 6 sind aneinander gekoppelt und am zu untersuchenden Zahn (schematisch dargestellt) platziert. Die Ausgleichselektrode 6 ist an der Kontaktstelle zum Zahn röhrenförmig (zylindrisch) ausgebildet und schirmt damit die Messelektrode 5 ab. Die Bezugselektrode 4 ist an einer beliebigen Stelle in der Mundhöhle platziert. Das Isoliergel 9 ist noch nicht auf die Oberfläche des Zahnes aufgetragen.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 in einem Längsschnitt: Die Messeinheit 2 ist in den Griff 3 integriert, sodass nur ein gemeinsames Gehäuse benötigt wird. Die Messelektrode 5 und die Ausgleichselektrode 6 sind aneinander gekoppelt und am zu untersuchenden Zahn (schematisch dargestellt) platziert. Die Ausgleichselektrode 6 ist an der Kontaktstelle zum Zahn röhrenförmig (zylindrisch) ausgebildet und schirmt damit die Messelektrode 5 ab. Die Bezugselektrode 4 ist an einer beliebigen Stelle in der Mundhöhle platziert. Das Isoliergel 9 ist über die ge-

samte zu untersuchende Oberfläche des Zahnes aufgetragen. An der Kontaktstelle der Mess- und der Ausgleichselektrode **5** und **6** mit dem Zahn verdrängen diese das Isoliergel **9**. Dadurch bildet das Isoliergel **9** eine wallartige Umrandung um die Mess- und um die Ausgleichselektrode **5** und **6** herum.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** in einem Längsschnitt: Die Messeinheit **2** ist in den Griff **3** integriert, sodass nur ein gemeinsames Gehäuse benötigt wird. Die Messelektrode **5** und die Ausgleichselektrode **6** sind aneinander gekoppelt und am zu untersuchenden Zahn (schematisch dargestellt) platziert. Die Ausgleichselektrode **6** ist an der Kontaktstelle zum Zahn als zylindrisch gewickelter Draht ausgebildet und schirmt damit die Messelektrode **5** ab. Die Bezugselektrode **4** ist an einer beliebigen Stelle in der Mundhöhle platziert. Das Isoliergel **9** ist noch nicht auf die Oberfläche des Zahnes aufgetragen.

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** in einem Längsschnitt: Die Messeinheit **2** ist in den Griff **3** integriert, sodass nur ein gemeinsames Gehäuse benötigt wird. Die Messelektrode **5** und die Ausgleichselektrode **6** sind aneinander gekoppelt und am zu untersuchenden Zahn (schematisch dargestellt) platziert. Die Messelektrode **5** ist mit einem federnden Element **8** federnd gelagert. Dadurch ist die Messelektrode **5** gegenüber der Ausgleichselektrode **6** axial verschiebbar angeordnet. Als federndes Element **8** ist eine Feder vorgesehen. Drückt man die Messelektrode **5** in eine Fissur oder eine kleine Grube des zu untersuchenden Zahnes (also dort, wo eine Karies bevorzugt entsteht), so folgt die Spitze der Ausgleichselektrode **6** der Spitze der Messelektrode **5** und beide Elektroden legen sich dicht der Zahnoberfläche an. Die Ausgleichselektrode **6** ist an der Kontaktstelle zum Zahn als zylindrisch gewickelter Draht ausgebildet und schirmt damit die Messelektrode **5** ab. Die Bezugselektrode **4** ist an einer beliebigen Stelle in der Mundhöhle platziert. Das Isoliergel **9** ist noch nicht auf die Oberfläche des Zahnes aufgetragen.

Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** in einem Längsschnitt: Die Messeinheit **2** ist in den Griff **3** integriert, sodass nur ein gemeinsames Gehäuse benötigt wird. Die Messelektrode **5** und die Ausgleichselektrode **6** sind aneinander gekoppelt und am zu untersuchenden Zahn (schematisch dargestellt der rechte Zahn) platziert. Die Messelektrode **5** und die Ausgleichselektrode **6** sind als flächige Folie ausgebildet und können somit in den Zwischenzahnraum platziert werden, um die Approximalflächen des rechten Zah-

nes zu untersuchen. Die Bezugselektrode **4** ist an einer beliebigen Stelle in der Mundhöhle platziert. Das Isoliergel **9** ist noch nicht auf die Oberfläche des Zahnes aufgetragen.

Fig. 6 zeigt als Ausführungsbeispiel eine schematische Darstellung der Messelektrode **5** und der Ausgleichselektrode **6**, welche als flächige Folie ausgebildet sind. Die flächige Folie stellt gleichzeitig die Isolationsschicht **7** dar. Die Messelektrode **5** ist als flächige, in diesem Ausführungsbeispiel rechteckige Elektrode ausgeführt. Die Ausgleichselektrode **6** ist als drahtförmige Elektrode in die flächige Folie eingelassen. Die Ausgleichselektrode **6** ist um die rechteckige Messelektrode **5** herum angeordnet, so dass sie die Messelektrode **5** abschirmt.

Fig. 7 zeigt als Ausführungsbeispiel eine schematische Darstellung der Messelektrode **5** und der Ausgleichselektrode **6**, welche als flächige Folie ausgebildet sind. Sowohl die Messelektrode **5** als auch die Ausgleichselektrode **6** sind als gerade verlaufende, drahtförmige Elektroden in die flächige Folie eingelassen. Die flächige Folie stellt gleichzeitig die Isolationsschicht **7** dar.

Fig. 8 zeigt als Ausführungsbeispiel eine schematische Darstellung der Messelektrode **5** und der Ausgleichselektrode **6**, welche als flächige Folie ausgebildet sind. Die flächige Folie stellt gleichzeitig die Isolationsschicht **7** dar. Die Messelektrode **5** ist als flächige, in diesem Ausführungsbeispiel runde Elektrode ausgeführt. Die Ausgleichselektrode **6** ist als drahtförmige Elektrode in die flächige Folie eingelassen. Die Ausgleichselektrode **6** ist um die runde Messelektrode **5** herum angeordnet, so dass sie die Messelektrode **5** abschirmt.

Fig. 9 zeigt als Ausführungsbeispiel einen Querschnitt durch eine schematische Darstellung der Messelektrode **5** und der Ausgleichselektrode **6**, welche als flächige Folie ausgebildet sind. Die flächige Folie stellt gleichzeitig die Isolationsschicht **7** dar. Auf den zwei gegenüberliegenden Flächen der Folie sind jeweils eine Messelektrode **5** als auch eine Ausgleichselektrode **6** als gerade verlaufende, drahtförmige Elektroden in die flächige Folie eingelassen. Durch eine geeignete Programmierung der Messeinheit **2** werden entweder die Messelektrode **5** und die Ausgleichselektrode **6** der einen Seite aktiviert und für eine Messung benutzt, oder die Messelektrode **5** und die Ausgleichselektrode **6** der anderen Seite. Dadurch können mit einer flächigen Folie zwei benachbarte Zähne untersucht werden, ohne die Folie wechseln zu müssen.

Bezugszeichenliste

- 1 erfindungsgemäße Vorrichtung
- 2 Messeinheit
- 3 Griff
- 4 Bezugselektrode
- 5 Messelektrode
- 6 Ausgleichselektrode
- 7 Isolationsschicht
- 8 federndes Element zur mechanischen Kopplung der Ausgleichselektrode 6 an die Messelektrode 5, beispielsweise eine Feder
- 9 Isoliergel

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zur Bestimmung der Impedanz an einem Zahn, umfassend

- eine Messeinheit (2) zur Erzeugung einer Wechselspannung,
- eine mit der Messeinheit (2) verbundene Bezugselektrode (4),
- eine mit der Messeinheit (2) verbundene Messelektrode (5),
- eine mit der Messeinheit (2) verbundene Ausgleichselektrode (6),

wobei die Messelektrode (5) und die Bezugselektrode (4) so zueinander angeordnet sind, dass zwischen der Messelektrode (5) und der Bezugselektrode (4) in einer ersten Position an einem zu untersuchenden Zahn ein Wechselstrom fließen kann;

und wobei die Messeinheit (2) aus der resultierenden Stromstärke die Impedanz bestimmen kann;

und wobei die Messelektrode (5) und die Ausgleichselektrode (6) auf dem gleichen elektrischen Potenzial liegen;

und wobei zwischen der Messelektrode (5) und der Ausgleichselektrode (6) eine Isolationsschicht (7) angebracht ist, um die beiden Elektroden voneinander zu isolieren;

und wobei die Messeinheit (2) eine Auswerteeinheit umfasst, die die Veränderung der Impedanz bei einer Bestimmung an mindestens zwei Positionen des zu untersuchenden Zahns erfasst;

und wobei die Messeinheit (2) mit einem Ausgabemittel zur Ausgabe der Impedanz und/oder der Impedanzveränderung verbindbar ist;

und wobei die Vorrichtung (1) einen Griff (3) umfasst zur Halterung der Messeinheit (2) während der Bestimmung, so dass die Vorrichtung (1) während der Bestimmung am zu untersuchenden Zahn platziert werden kann,

dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (1) ein Isoliergel (9) umfasst, das so angeordnet ist, dass die Messelektrode (5) vom Speichel im Mundraum isoliert wird.

2. Vorrichtung (1) zur Bestimmung der Impedanz an einem Zahn nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Isoliergel (9) einen spezifischen elektrischen Widerstand von $\rho > 500 \Omega \cdot m$ aufweist.

3. Vorrichtung (1) zur Bestimmung der Impedanz an einem Zahn nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Isoliergel (9) Agar und destilliertes Wasser umfasst.

4. Vorrichtung (1) zur Bestimmung der Impedanz an einem Zahn nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Isoliergel (9) einen Farbstoff enthält, vorzugsweise einen blauen Farbstoff.

5. Vorrichtung (1) zur Bestimmung der Impedanz an einem Zahn nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ausgabemittel der Messeinheit (2) eine optische und/oder akustische und/oder haptische Anzeige umfasst.

6. Vorrichtung (1) zur Bestimmung der Impedanz an einem Zahn nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bezugselektrode (4), die Messelektrode (5) und/oder die Ausgleichselektrode (6) aus einem Metall wie Titan, Silber oder Eisen, oder aus einer Metalllegierung bestehen, oder vorzugsweise aus Edelstahl oder aus Kohlenstoff.

7. Vorrichtung (1) zur Bestimmung der Impedanz an einem Zahn nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messelektrode (5) und die Ausgleichselektrode (6) als flächige Folie ausgebildet sind.

8. Vorrichtung (1) zur Bestimmung der Impedanz an einem Zahn nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Isolationsschicht (7) aus Kunststoff wie beispielsweise Polycarbonat oder Polyethylen besteht.

9. Vorrichtung (1) zur Bestimmung der Impedanz an einem Zahn nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Griff (3) eine Oberfläche aus einem elektrisch isolierenden Material aufweist, zum Beispiel Kunststoff wie Polycarbonat oder Polyethylen.

10. Vorrichtung (1) zur Bestimmung der Impedanz an einem Zahn nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messelektrode (5) mit einem federnden Element (8) federnd gelagert ist und dadurch gegenüber der Ausgleichselektrode (6) axial verschiebbar angeordnet ist.

11. Vorrichtung (1) zur Bestimmung der Impedanz an einem Zahn nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messelektrode (5) ein sich verjüngendes Ende aufweist.

12. Vorrichtung (1) zur Bestimmung der Impedanz an einem Zahn nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bezugselektrode (4) als ein gebogener, rostfreier Draht ausgeführt ist.

13. Vorrichtung (1) zur Bestimmung der Impedanz an einem Zahn nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messeinheit (2) in den Griff (3) integriert ist, sodass nur ein gemeinsames Gehäuse benötigt wird.

14. Verfahren zur Bestimmung der Impedanz an einem Zahn mit einer Vorrichtung (1) gemäß einer der vorhergehenden Ansprüche, umfassend die Schritte:

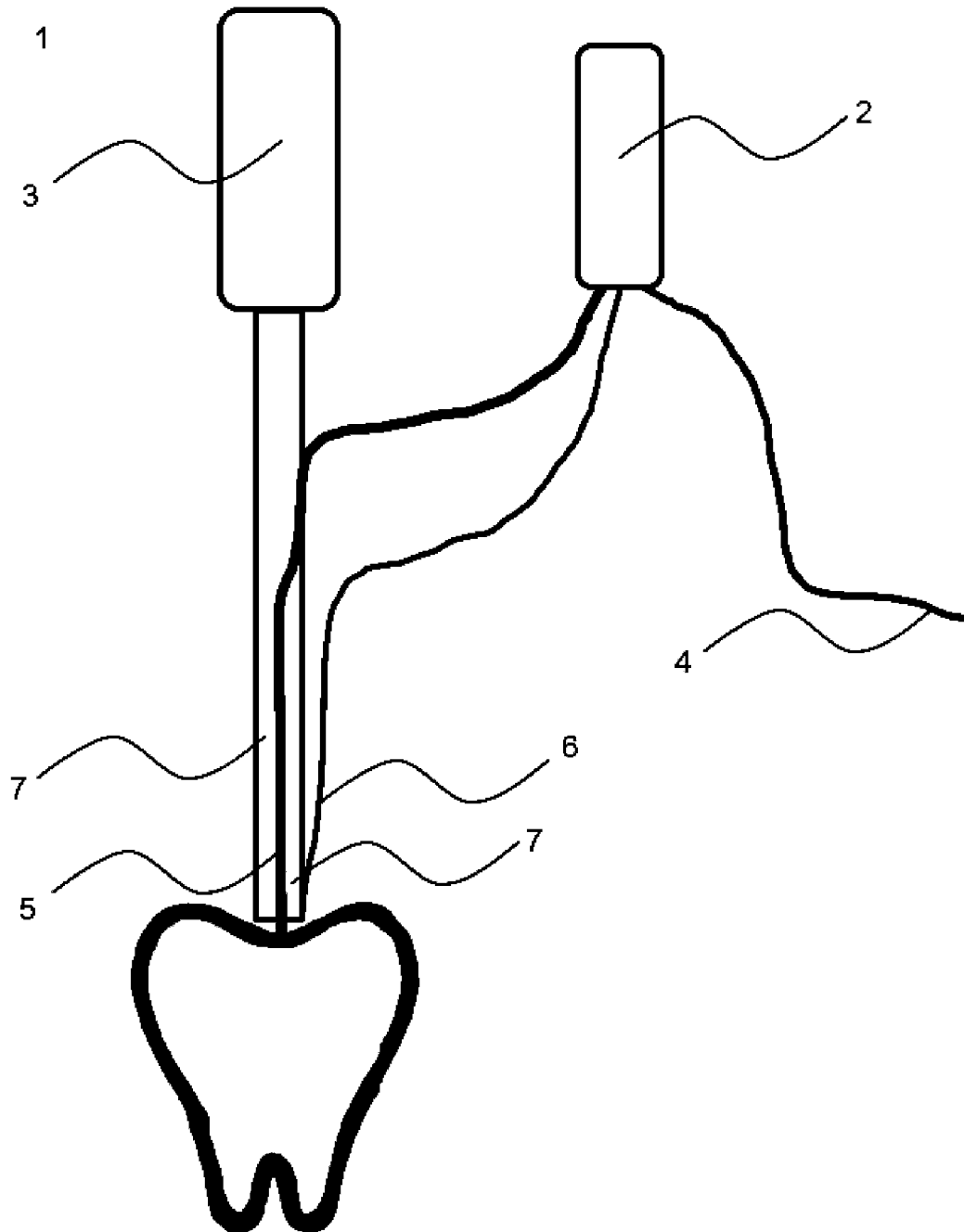
1. Beseitigen des Speichels am zu untersuchenden Zahn
2. Anbringen des Isoliergels (9) am zu untersuchenden Zahn
3. Positionieren der Messelektrode (5) in einer ersten Position am zu untersuchenden Zahn, wobei die Messelektrode (5) direkt auf den Zahn trifft
4. Positionieren der Bezugselektrode (4) an einer beliebigen Stelle im Mundraum
5. Anlegen einer Wechselspannung zwischen der Messelektrode (5) und der Bezugselektrode (4) mit der Messeinheit (2)
6. Messen des resultierenden Stromes
7. Bestimmung der Impedanz aus der Wechselspannung und dem resultierenden Strom
8. Wiederholen der Schritte 3 bis 7 an mindestens einer weiteren Position des zu untersuchenden Zahnes
9. Vergleich der mindestens zwei Impedanzen, wobei erfasst wird, ob sich die Impedanz verändert.

15. Verwendung einer Vorrichtung (1) gemäß einer der Ansprüche 1 bis 13 zur Bestimmung der Impedanz an einem Zahn.

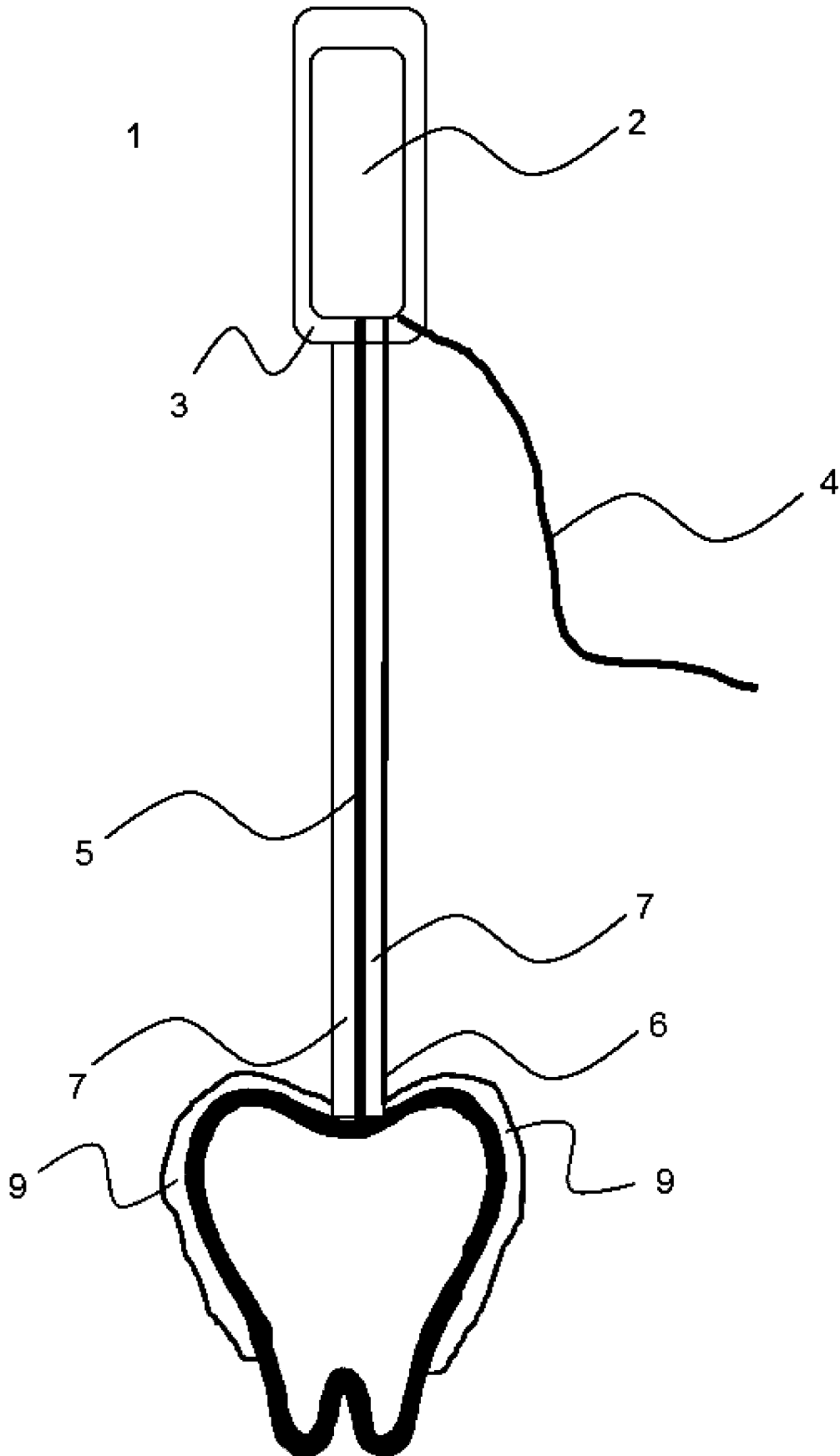
Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

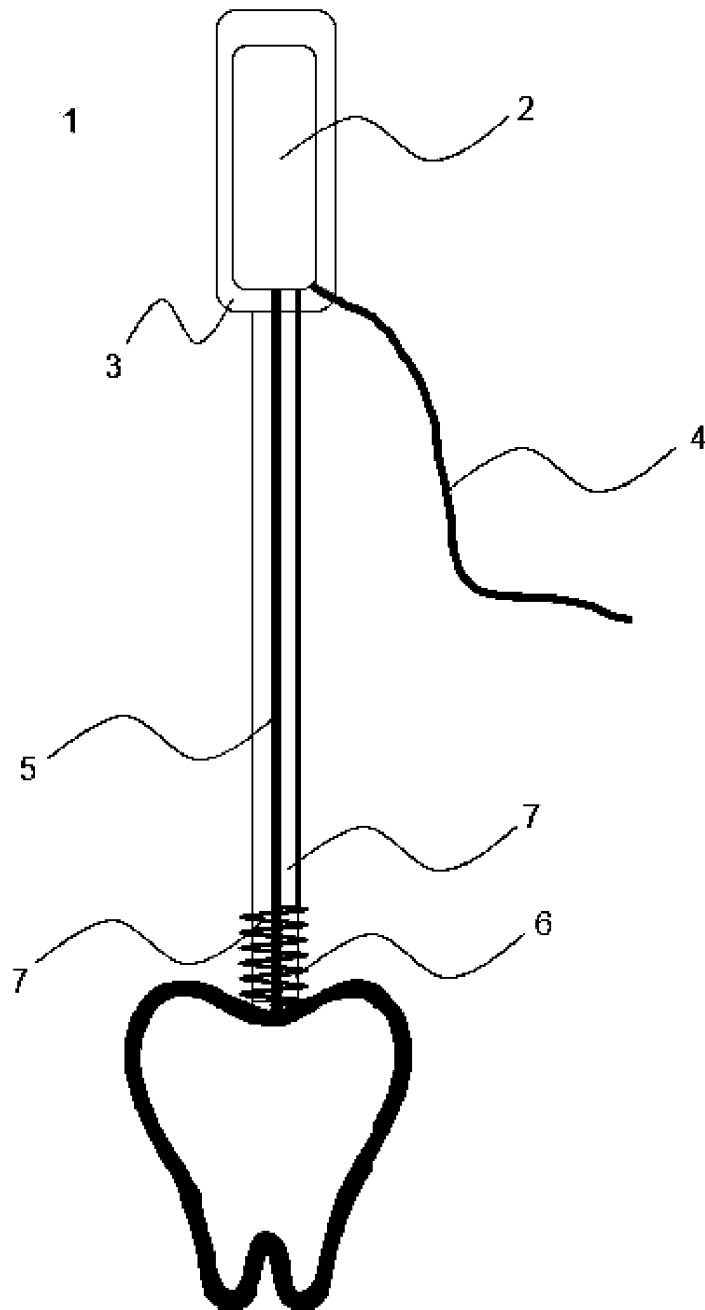
Figur 1



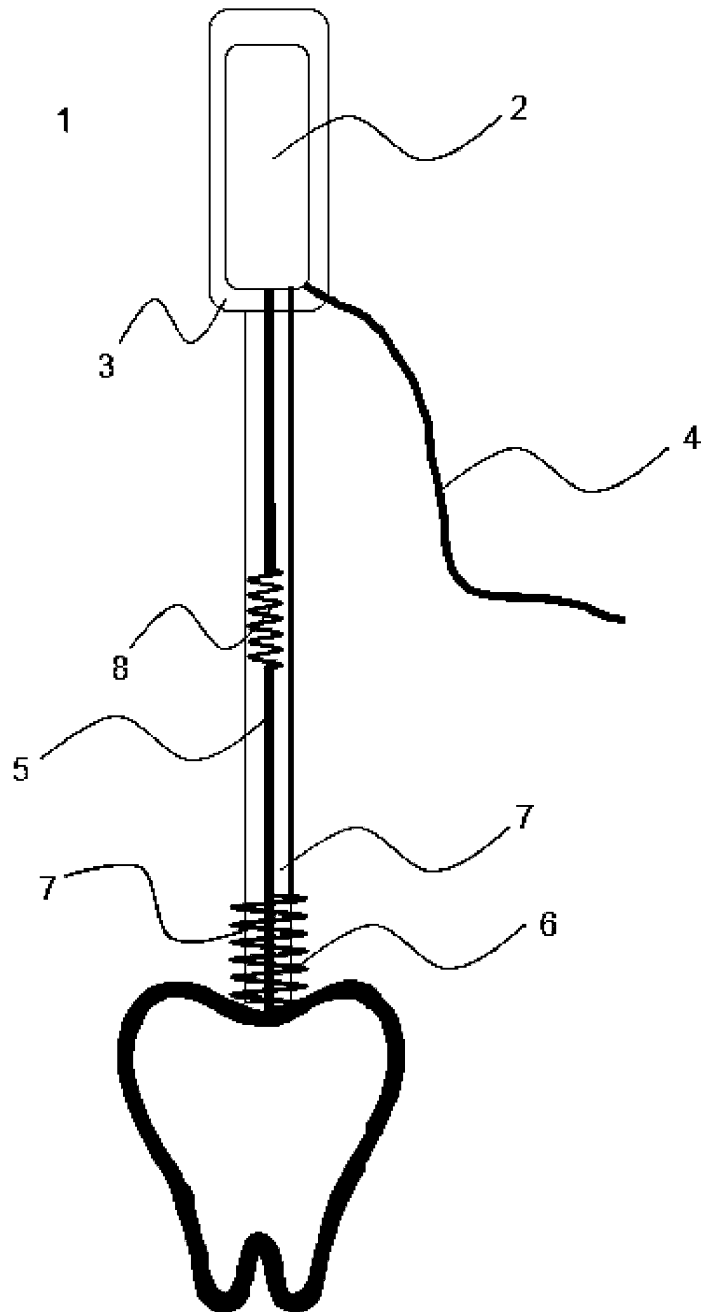
Figur 2



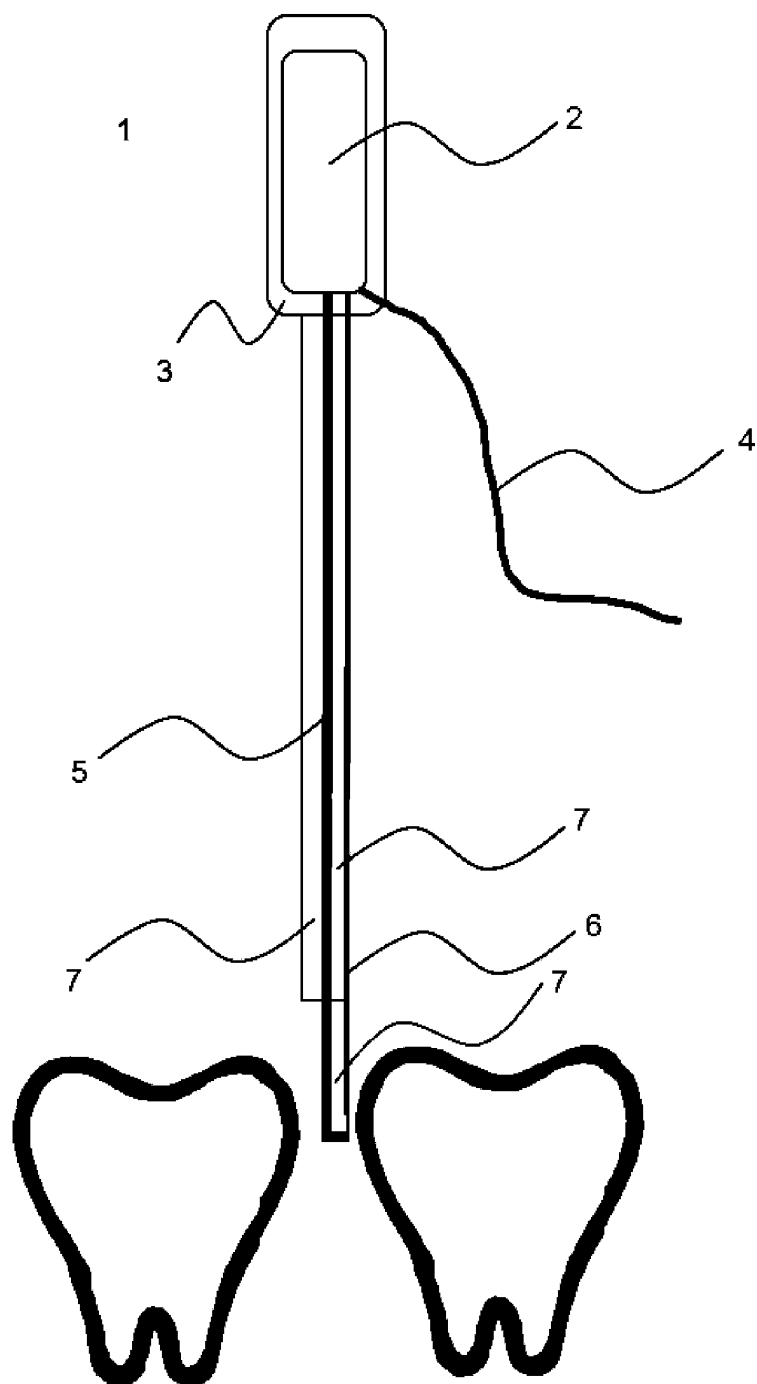
Figur 3



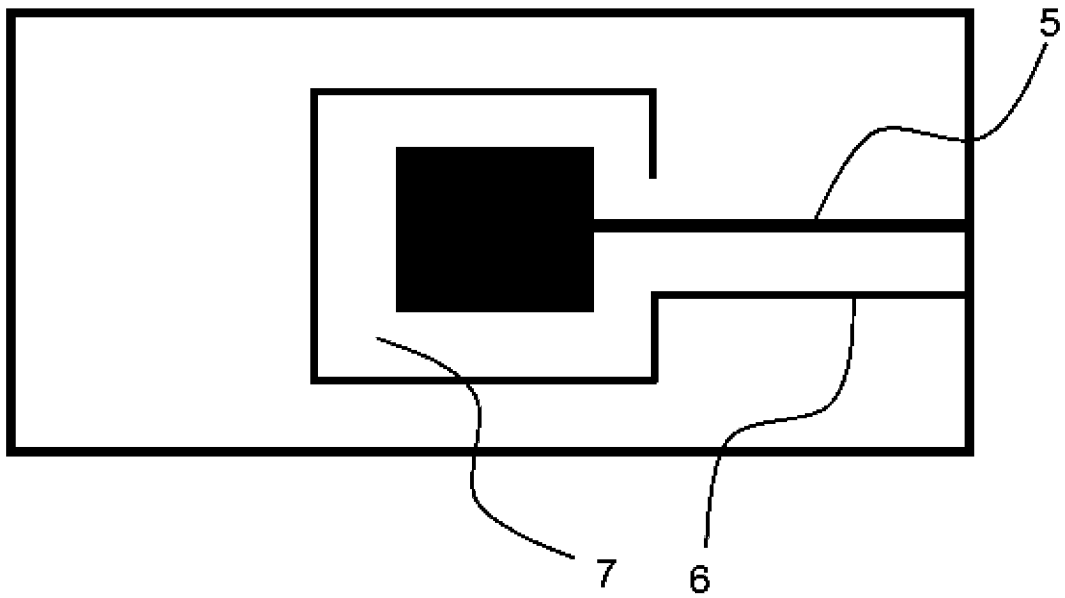
Figur 4



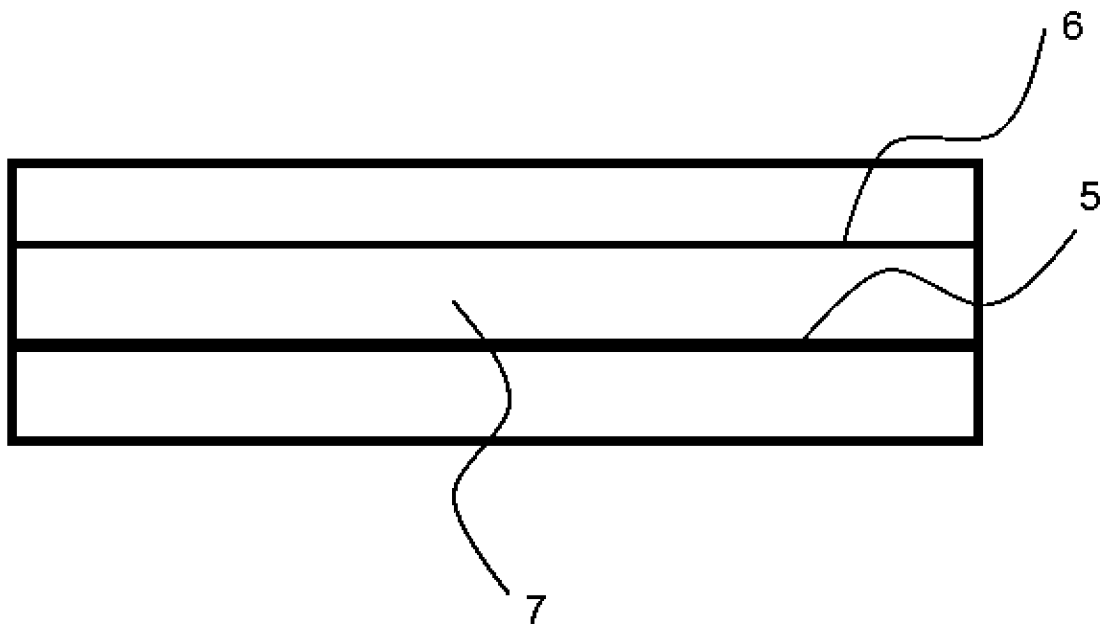
Figur 5



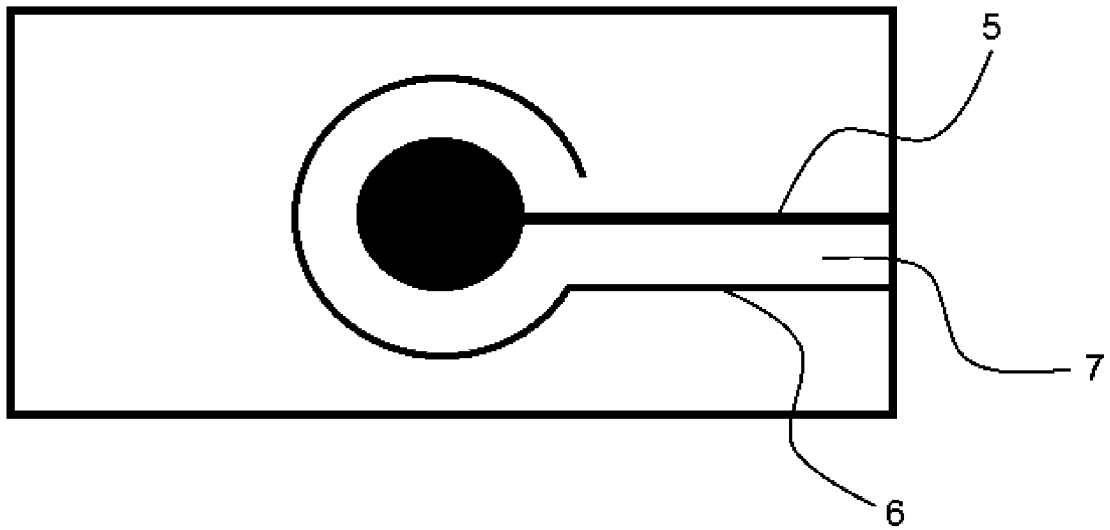
Figur 6



Figur 7



Figur 8



Figur 9

