



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 122 416.3**
(22) Anmeldetag: **05.09.2022**
(43) Offenlegungstag: **07.03.2024**

(51) Int Cl.: **B32B 37/00 (2006.01)**
A61N 1/04 (2006.01)

(71) Anmelder:
Heraeus Medevio GmbH & Co. KG, 63450 Hanau, DE

(72) Erfinder:
Stoica, Leonard, Dr., 63450 Hanau, DE

(74) Vertreter:
Brand, Normen, Dr. rer. nat., 63450 Hanau, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

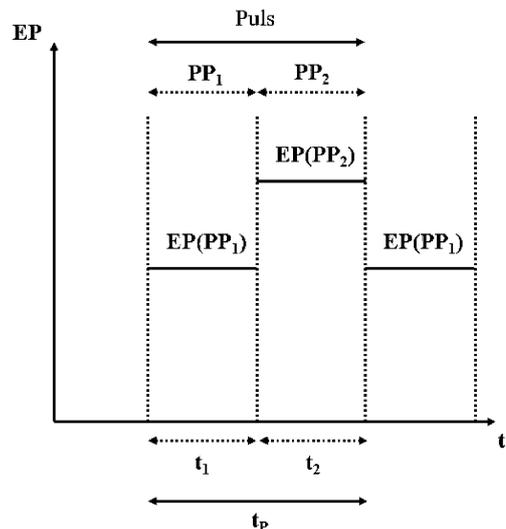
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **PULSVERFAHREN ZUR ELEKTRODEPOSITION LEITFÄHIGER POLYMERE**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Schichtkörpers (1), wobei der Schichtkörper (1) ein elektrisch leitfähiges Substrat (2) umfasst, dessen Oberfläche mindestens teilweise mit einer Schicht (3) beinhalten ein elektrisch leitfähiges Polymer beschichtet ist, wobei das Verfahren folgende Verfahrensschritte umfasst:

- a) Bereitstellen des elektrisch leitfähigen Substrates (2);
- b) in Kontakt bringen mindestens eines Teiles der Oberfläche des elektrisch leitfähigen Substrates (2) mit einer Zusammensetzung beinhalten i) mindestens ein zur Herstellung eines elektrisch leitfähigen Polymers geeignetes Monomer, ii) mindestens ein Lösungsmittel, iii) gegebenenfalls mindestens einen Vernetzer;
- c) Anlegen eines elektrischen Potentials zwischen dem elektrisch leitfähigen Substrat (2) und der Zusammensetzung, so dass das mindestens eine Monomer i) unter Bildung eines elektrisch leitfähigen Polymers polymerisiert und das gebildete elektrisch leitfähige Polymer in Form einer dieses Polymer beinhaltenen Schicht (3) auf mindestens einem Teil der Oberfläche des elektrisch leitfähigen Substrates (2) abgeschieden wird;
 - wobei das Anlegen des elektrischen Potentials eine aufeinanderfolgende Pulse aufweisende Pulsphase PP umfasst, wobei jeder Puls der Pulsphase PP eine Pulsteilphase PP₁ mit einer Phasendauer t₁ und eine Pulsteilphase PP₂ mit einer Phasendauer t₂ umfasst,
 - wobei die Pulsteilphase PP₁ durch ein elektrisches Potential EP(PP₁) und durch eine durch das elektrisch leitfähige Substrat (2) geführte Stromdichte SD(PP₁) gekennzeichnet ist;
 - wobei die Pulsteilphase PP₂ durch ein elektrisches Potential EP(PP₂) und durch eine durch das elektrisch leitfähige Substrat (2) geführte Stromdichte SD(PP₂) gekennzeichnet ist;
 - wobei EP(PP₁) < EP(PP₂) und/oder SD(PP₁) < SD(PP₂) ist;
- d) gegebenenfalls in Kontakt bringen der in Verfahrensschritt c) erhaltenen Schicht (3) beinhalten ein elektrisch leitfähiges Polymer mit mindestens einem Vernetzer, bevorzugt einem photoreaktiven Vernetzer iii);
- e) gegebenenfalls Applizieren elektromagnetischer Strahlung auf die Schicht (3) beinhalten das leitfähige Polymer, um eine Photoreaktion der mindestens einen photoreaktiven Vernetzer iii) zu bewirken.

Die Erfindung betrifft auch ein durch dieses Verfahren erhaltlicher Schichtkörper (1), einen Schichtkörper (1) umfassend ein elektrisch leitfähiges Substrat (2) und eine Schicht (3) beinhalten ein elektrisch leitfähiges Polymer, die auf mindestens einem Teil der Oberfläche des elektrisch leitfähigen Substrates (2) abgeschieden ist, eine medizinische Vorrichtung und die Verwendung eines Schichtkörpers (1).



(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	2013 / 0 189 586	A1
US	2016 / 0 208 114	A1
WO	2022/ 020 894	A1
CN	1 02 677 086	A

CN 000102677086 A mit Übersetzung

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Schichtkörpers durch Elektrodeposition, einen durch dieses Verfahren erhältlichen Schichtkörper, einen Schichtkörper umfassend ein elektrisch leitfähiges Substrat und eine Schicht beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer, die auf mindestens einem Teil der Oberfläche des elektrisch leitfähigen Substrates abgeschieden ist, eine medizinische Vorrichtung und die Verwendung eines Schichtkörpers darin.

[0002] Elektrisch leitfähige Polymere finden heutzutage Anwendung in der Elektronik, der Medizintechnik und der allgemeinen Industrie. In der Medizintechnik werden sie beispielsweise als elektrisch leitfähige Beschichtung auf Elektroden aufgebracht, die insbesondere auch dafür vorgesehen sein können, in den menschlichen Körper implantiert zu werden, um elektrophysiologische Signale in einem Gewebe zu detektieren oder um ein Gewebe elektrisch zu stimulieren.

[0003] Es hat sich jedoch herausgestellt, dass elektrisch leitfähige Polymere, wenn sie als Beschichtungen auf Substrate aufgebracht werden, eine für einige Anwendungen unzureichende Anhaftung an das Substrat aufweisen. So wurde zum Beispiel festgestellt, dass Beschichtungen aus elektrochemisch abgeschiedenem Poly(3,4-ethylendioxythiophene) (PEDOT) mit Polystyrolsulfonat (PSS) als Gegenion mechanisch steif und spröde sein können und bei Belastung zu Rissen und Ablösungen neigen.

[0004] Um diesem Problem zu begegnen, schlägt WO 2015/031265 A1 vor, der bei der Elektrodeposition eingesetzten Monomer-Zusammensetzung photoreaktive, anionische Polymerverbindungen und weitere photoreaktive Verbindungen, wie etwa photoreaktive Vernetzter, zuzusetzen und die im Anschluss an die Elektrodeposition erhaltene Schicht beinhaltend PEDOT einer UV-Strahlung auszusetzen, um eine Reaktion der photoreaktiven Komponenten zu bewirken.

[0005] Eine in diesem Zusammenhang geeignete Monomer-Zusammensetzung ist unter der Bezeichnung „Ampliccoat®“ von der Heraeus Medical Components, Deutschland, erhältlich.

[0006] Es hat sich jedoch gezeigt, dass bei der Verwendung von Monomer-Zusammensetzung wie beispielsweise „Ampliccoat®“ in herkömmlichen Elektrodepositionsverfahren elektrisch leitfähige Beschichtungen erhalten werden, die insbesondere hinsichtlich der Homogenität der Schichtdicke und der Morphologie der Oberfläche noch verbesserungswürdig sind.

[0007] Der vorliegenden Erfindung lag daher die Aufgabe zu Grunde, die sich aus dem Stand der Technik ergebenden Nachteile bei der Elektrodeposition elektrisch leitfähiger Polymere auf elektrisch leitfähige Substrate, insbesondere im Zusammenhang mit dem Einsatz von Monomer-Zusammensetzungen wie beispielsweise „Ampliccoat®“ bei solchen Elektrodepositionsverfahren, zu überwinden oder zumindest in ihrem Ausmaß zu mindern.

[0008] Insbesondere lag der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Elektrodepositionsverfahren anzugeben, mit dem sich elektrisch leitfähige Polymere auf Substratoberflächen unter Erhalt elektrisch leitfähiger Schichten abscheiden lassen, die durch eine besonders hohe Homogenität der Schichtdicke und durch eine besonders geringe Rauigkeit an der Oberfläche der elektrisch leitfähigen Schicht gekennzeichnet sind. Weiterhin sollten sich diese abgeschiedenen elektrisch leitfähigen Schichten durch eine besonders gute Haftung an der Substratoberfläche auszeichnen bei zugleich möglichst guten elektrischen Eigenschaften, wie etwa der Impedanz und der Ladungsspeicherkapazität.

[0009] Einen Beitrag zur Lösung mindestens einer dieser Aufgaben leistet der Gegenstand der kategoriebildenden Ansprüche, wobei Neben- und Unteransprüche bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung darstellen.

[0010] |1a| Einen Beitrag zur Lösung mindestens einer der vorstehend genannten Aufgaben leistet eine 1. Ausführungsform eines Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers, vorzugsweise eines Schichtkörpers in Form einer Elektrode oder eines Teiles einer Elektrode, besonders bevorzugt in Form einer Elektrode oder eines Teils einer Elektrode zur Detektion elektrophysiologischer Signale in einem Gewebe oder in einem Teil eines Gewebes oder zur elektrischen Stimulation eines Gewebes oder eines Teils eines Gewebes, noch mehr bevorzugt in Form einer implantierbaren Elektrode oder eines Teils einer implantierbaren Elektrode, wobei der Schichtkörper ein elektrisch leitfähiges Substrat umfasst, dessen Oberfläche mindestens teilweise

mit einer Schicht beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer beschichtet ist, wobei das Verfahren folgende Verfahrensschritte umfasst:

- a) Bereitstellen des elektrisch leitfähigen Substrates;
- b) in Kontakt bringen mindestens eines Teiles der Oberfläche des elektrisch leitfähigen Substrates mit einer Zusammensetzung beinhaltend
 - i) mindestens ein zur Herstellung eines elektrisch leitfähigen Polymers geeignetes Monomer,
 - ii) mindestens ein Lösungsmittel,
 - iii) gegebenenfalls mindestens ein Vernetzer, bevorzugt ein photoreaktiver Vernetzer;
- c) Anlegen eines elektrischen Potentials zwischen dem elektrisch leitfähigen Substrat und der Zusammensetzung, so dass das mindestens eine Monomer i) unter Bildung eines elektrisch leitfähigen Polymers polymerisiert und das gebildete elektrisch leitfähige Polymer in Form einer dieses Polymer beinhaltenden Schicht auf mindestens einem Teil der Oberfläche des elektrisch leitfähigen Substrates abgeschieden wird;
 - wobei das Anlegen des elektrischen Potentials eine aufeinanderfolgende Pulse aufweisende Pulsphase PP umfasst, wobei jeder Puls der Pulsphase PP eine Pulsteilphase PP_1 mit einer Phasendauer t_1 und eine Pulsteilphase PP_2 mit einer Phasendauer t_2 umfasst,
 - wobei die Pulsteilphase PP_1 durch ein elektrisches Potential $EP(PP_1)$ und durch eine durch das elektrisch leitfähige Substrat geführte Stromdichte $SD(PP_1)$ gekennzeichnet ist;
 - wobei die Pulsteilphase PP_2 durch ein elektrisches Potential $EP(PP_2)$ und durch eine durch das elektrisch leitfähige Substrat geführte Stromdichte $SD(PP_2)$ gekennzeichnet ist;
 - wobei $EP(PP_1) < EP(PP_2)$ und/oder $SD(PP_1) < SD(PP_2)$ ist;
- d) gegebenenfalls in Kontakt bringen der in Verfahrensschritt c) erhaltenen Schicht beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer mit mindestens einem Vernetzer, bevorzugt einem photoreaktiven Vernetzer;
- e) gegebenenfalls Applizieren elektromagnetischer Strahlung auf die Schicht beinhaltend das elektrisch leitfähige Polymer, um eine Photoreaktion des mindestens einen der photoreaktive Vernetzer iii) zu bewirken.

[0011] Vorzugsweise ist die Beschichtung mit dem elektrisch leitfähigen Polymer in dem durch das erfindungsgemäße Verfahren erhaltenen Schichtkörper (und ebenso auch in dem nachfolgend beschriebenen erfindungsgemäßen Schichtkörper 1 und 2) so angeordnet, dass, wenn sie bei einer Verwendung dieses Schichtkörpers als Elektrode oder als Teil einer Elektrode zur Detektion elektrophysiologischer Signale in einem Gewebe oder in einem Teil eines Gewebes oder zur elektrischen Stimulation eines Gewebes oder eines Teils eines Gewebes eingesetzt wird, in Kontakt, vorzugsweise in direkten und unmittelbaren Kontakt, mit dem Gewebe bzw. mit dem Teil des Gewebes kommt.

[0012] Wenn die in Verfahrensschritt b) eingesetzte Zusammensetzung bereits einen photoreaktiven Vernetzer iii) enthält, so ist es erfindungsgemäß bevorzugt, dass kein Verfahrensschritt d), wohl aber ein Verfahrensschritt e) erfolgt. Umgekehrt ist es ebenfalls bevorzugt, dass der Verfahrensschritt d) nur dann erfolgt, wenn die in Verfahrensschritt b) eingesetzte Zusammensetzung keinen photoreaktiven Vernetzer, enthält.

[0013] Weiterhin umfasst das Verfahren sowohl Ausgestaltungen, bei denen jeder Puls mit der Pulsteilphase PP_1 beginnt, gefolgt von der Pulsteilphase PP_2 , als auch Ausgestaltungen, in denen jeder Puls mit der Pulsteilphase PP_2 beginnt, gefolgt von der Pulsteilphase PP_1 .

[0014] Weiterhin umfasst das Verfahren auch Ausgestaltungen, in denen die Pulsphase PP sowohl Pulse umfasst, für die $EP(PP_1) < EP(PP_2)$ ist als auch Pulse, für die $SD(PP_1) < SD(PP_2)$ ist. Erfindungsgemäß besonders bevorzugt sind hingegen Ausgestaltungen des Verfahrens, in denen für alle Pulse der Pulsphase PP entweder $EP(PP_1) < EP(PP_2)$ oder in denen für alle Pulse $SD(PP_1) < SD(PP_2)$ ist.

[0015] [2a] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers ist $EP(PP_1) < EP(PP_2)$, wobei während der Pulsteilphase PP_1 und der Pulsteilphase PP_2 das elektrische Potential innerhalb der jeweiligen Pulsteilphase im Wesentlichen konstant ist, besonders bevorzugt konstant ist. Ein „im Wesentlichen konstantes elektrisches Potential“ innerhalb der Pulsteilphase PP_1 bzw. innerhalb der Pulsteilphase PP_2 liegt vor, wenn das elektrische Potential zu jedem Zeitpunkt innerhalb der Pulsteil-

phase PP_1 bzw. innerhalb der Pulsteilphase PP_2 um nicht mehr als 1 %, bevorzugt um nicht mehr als 0,5 % und am meisten bevorzugt um nicht mehr als 0,1 % von einem durch eine Referenzelektrode bestimmten elektrischen Potential EP_{Referenz} in der Pulsteilphase PP_1 bzw. in der Pulsteilphase PP_2 abweicht. Ein solches Verfahren wird auch „Pulspotentiostatisches Verfahren“ genannt.

[0016] Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 2. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von der 1. Ausführungsform.

[0017] |3a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers liegt das elektrische Potential $EP(PP_1)$ während der Pulsteilphase PP_1 in einem Bereich von 0,2 bis 0,8 V, bevorzugt in einem Bereich von 0,3 bis 0,7 V, mehr bevorzugt in einem Bereich von 0,4 bis 0,6 V und am meisten bevorzugt in einem Bereich von 0,45 bis 0,55 V und das elektrische Potential $EP(PP_2)$ während der Pulsteilphase PP_2 in einem Bereich von 0,8 bis 1,4 V, bevorzugt in einem Bereich von 0,9 bis 1,3 V, mehr bevorzugt in einem Bereich von 1,0 bis 1,2 V und am meisten bevorzugt in einem Bereich von 1,05 bis 1,15 V. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 3. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von der 2. Ausführungsform.

[0018] |4a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers liegt t_1 in einem Bereich von 1 bis 15 sec, bevorzugt in einem Bereich von 4 bis 13 sec, mehr bevorzugt in einem Bereich von 8 bis 12 sec und am meisten bevorzugt in einem Bereich von 9 bis 11 sec und t_2 in einem Bereich von 1 bis 10 sec, bevorzugt in einem Bereich von 2 bis 8 sec, mehr bevorzugt in einem Bereich von 3 bis 7 sec und am meisten bevorzugt in einem Bereich von 4 bis 6 sec. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 4. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von der 2. oder der 3. Ausführungsform.

[0019] |5a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers ist $SD(PP_1) < SD(PP_2)$, wobei während der Pulsteilphase PP_1 und der Pulsteilphase PP_2 die durch das elektrisch leitfähige Substrat geführte Stromdichte innerhalb der jeweiligen Pulsteilphase im Wesentlichen konstant ist, besonders bevorzugt konstant ist. Eine „im Wesentlichen konstante durch das Substrat geführte Stromdichte“ innerhalb der Pulsteilphase PP_1 bzw. innerhalb der Pulsteilphase PP_2 liegt vor, wenn die durch das Substrat geführte Stromdichte zu jedem Zeitpunkt innerhalb der Pulsteilphase PP_1 bzw. innerhalb der Pulsteilphase PP_2 um nicht mehr als 5 %, bevorzugt um nicht mehr als 1 % und am meisten bevorzugt um nicht mehr als 0,1 % vom Mittelwert der durch das Substrat geführten Stromdichte in der Pulsteilphase PP_1 bzw. in der Pulsteilphase PP_2 abweicht. Ein solches Verfahren wird auch „Pulsgalvanostatisches Verfahren“ genannt. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 5. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von der 1. Ausführungsform.

[0020] |6a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers ist der Betrag der durch das elektrisch leitfähige Substrat geführten Stromdichte $|SD(PP_1)|$ während der Pulsteilphase PP_1 kleiner als 0,4 mA/cm², bevorzugt kleiner als 0,3 mA/cm², mehr bevorzugt kleiner als 0,2 mA/cm² und am meisten bevorzugt kleiner als 0,1 mA/cm² (wobei $|SD(PP_1)|$ in der Pulsteilphase PP_1 insbesondere auch den Wert Null annehmen kann) und der Betrag der durch das elektrisch leitfähige Substrat geführten Stromdichte $|SD(PP_2)|$ liegt während der Pulsteilphase PP_2 in einem Bereich von 0,9 bis 1,7 mA/cm², bevorzugt in einem Bereich von 1 bis 1,6 mA/cm², mehr bevorzugt in einem Bereich von 1,1 bis 1,5 mA/cm² und am meisten bevorzugt in einem Bereich von 1,2 bis 1,4 mA/cm². Weiterhin ist es in diesem Zusammenhang bevorzugt, dass, wenn die in der Pulsteilphase PP_1 und der Pulsteilphase PP_2 durch das elektrisch leitfähige Substrat geführte Stromdichte ungleich Null ist, die durch das elektrisch leitfähige Substrat geführte Stromdichte einen positiven Wert aufweist (dass also ein Oxidationsprozess erfolgt, bei dem das zur Herstellung eines elektrisch leitfähigen Polymers geeignete Monomer i) in ein Radikal überführt wird). Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 6. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von der 5. Ausführungsform.

[0021] |7a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers liegt t_1 in einem Bereich von 1 bis 15 sec, bevorzugt in einem Bereich von 5 bis 13 sec, mehr bevorzugt in einem Bereich von 8 bis 12 sec und am meisten bevorzugt in einem Bereich von 9 bis 11 sec und t_2 in einem Bereich von 1 bis 10 sec, bevorzugt in einem Bereich von 2 bis 8 sec, mehr bevorzugt in einem Bereich von 3 bis 7 sec und am meisten bevorzugt in einem Bereich von 4 bis 6 sec. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 7. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von der 5. oder der 6. Ausführungsform.

[0022] |8a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers umfasst das Verfahren einen Verfahrensschritt c_0), in dem vor dem Beginn der Pulsphase PP für die Dauer t_0 das elektrische Potential EP_0 oder die durch das elektrisch leitfähige Substrat geführte Stromdichte SD_0 im Wesentlichen konstant, vorzugsweise konstant sind (Substrat-Elektrolyt-Äquilibrierungsphase). Dabei kann im Falle des „Pulspotentiostatischen Verfahrens“ das elektrische Potential EP_0 in diesem Verfahrensschritt c_0) ebenfalls konstant sein. Es ist aber auch möglich, in diesem Verfahrensschritt c_0) eine konstante durch das elektrisch leitfähige Substrat geführte Stromdichte SD_0 einzustellen. Umgekehrt kann im Falle des „Pulsgalvanostatischen Verfahrens“ die durch das elektrisch leitfähige Substrat geführte Stromdichte SD_0 ebenfalls konstant sein. Auch hier ist es jedoch analog möglich, in diesem Verfahrensschritt c_0) ein konstantes elektrisches Potential EP_0 einzustellen. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 8. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 7. Ausführungsform.

[0023] |9a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers ist der Betrag der durch das elektrisch leitfähige Substrat geführten Stromdichte $|SD_0|$ kleiner als $0,4 \text{ mA/cm}^2$, bevorzugt kleiner als $0,3 \text{ mA/cm}^2$, mehr bevorzugt kleiner als $0,2 \text{ mA/cm}^2$ und am meisten bevorzugt kleiner als $0,1 \text{ mA/cm}^2$ (wobei auch hier $|SD_0|$ den Wert Null annehmen kann). Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 9. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von der 8. Ausführungsform.

[0024] |10a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers liegt das elektrische Potential EP_0 in einem Bereich von $0,2$ bis $0,8 \text{ V}$, bevorzugt in einem Bereich von $0,3$ bis $0,7 \text{ V}$, mehr bevorzugt in einem Bereich von $0,4$ bis $0,6 \text{ V}$ und am meisten bevorzugt in einem Bereich vom $0,45$ bis $0,55 \text{ V}$. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 10. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von der 8. Ausführungsform.

[0025] |11a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers liegt t_0 in einem Bereich von 1 bis 15 sec , bevorzugt in einem Bereich von 4 bis 13 sec , mehr bevorzugt in einem Bereich von 8 bis 12 sec und am meisten bevorzugt in einem Bereich von 9 bis 11 sec . Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 11. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 8. bis 10. Ausführungsform.

[0026] |12a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers umfasst die Pulsphase PP mindestens 2, vorzugsweise mindestens 4, noch mehr bevorzugt mindestens 6, noch mehr bevorzugt mindestens 8 und am meisten bevorzugt mindestens 10 Pulse umfasst. Dabei kann die die Pulsphase PP während einer ersten besonderen Ausgestaltung dieser Ausführungsform 8 bis 16 Pulse, bevorzugt 10 bis 14 Pulse und besonders bevorzugt 13 bis 15 Pulse umfassen. Gemäß einer zweiten besonderen Ausgestaltung dieser Ausführungsform kann sie 20 bis 28 Pulse, bevorzugt 22 bis 26 Pulse und besonders bevorzugt 23 bis 25 Pulse umfassen. Gemäß einer dritten besonderen Ausgestaltung dieser Ausführungsform kann sie 32 bis 40 Pulse, bevorzugt 34 bis 38 Pulse und besonders bevorzugt 35 bis 37 Pulse umfassen. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 12. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 11. Ausführungsform.

[0027] |13a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers folgen die einzelnen Pulse der Pulsphase PP derart aufeinander, dass auf die Pulsteilphase PP_1 eine Pulsteilphase PP_2 und auf die Pulsteilphase PP_2 eine Pulsteilphase PP_1 folgt, vorzugsweise jeweils unmittelbar. Für die Gesamtdauer eines einzelnen Pulses t_p während der Pulsphase PP gilt dann: $t_p = t_1 + t_2$. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 13. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 12. Ausführungsform.

[0028] |14a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers weist die Pulsphase PP eine Gesamtdauer von 30 sec bis 20 min , bevorzugt von 1 min bis 10 min und am meisten bevorzugt von 2 min bis 6 min auf. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 14. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 13. Ausführungsform.

[0029] |15a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers ist das elektrisch leitfähige Substrat ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Gold, Nickel, Cobalt, Iridium, Titan, Niob, Wolfram, Stahl, Platin, Silizium und Legierungen aus mindestens zwei

dieser Metalle. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 15. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 14. Ausführungsform.

[0030] |16a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers ist das elektrisch leitfähige Substrat ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Gold, Platin und einer PtI_r Legierung. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 16. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von der 15. Ausführungsform.

[0031] |17a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers ist das zur Herstellung eines elektrisch leitfähigen Polymers geeignete Monomer i) ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einem Thiophen oder einem Derivat davon, Pyrrol oder einem Derivat davon, Anilin oder einem Derivat davon und einer Kombination aus mindestens zwei dieser Monomere. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 17. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 16. Ausführungsform.

[0032] |18a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers ist das zur Herstellung eines elektrisch leitfähigen Polymers geeignete Monomer i) ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus 3,4-Ethylendioxythiophen (EDOT), Hydroxymethyl-EDOT, EDOT-Vinyl, EDOT-Allylether, EDOT-COOH, EDOT-MeOH, EDOT-Silan, EDOT-Acrylat, EDOT-Sulfonat, EDOT-Amin, EDOT-Amid, Natrium-4-[(2,3-dihydrothieno[3,4-b][1,4]dioxin-2-yl)methoxy]butan-1-sulfonat (EDOT-S), Natrium-4-[(2,3-dihydrothieno[3,4-b][1,4]dioxin-2-yl)methoxy]butan-2-sulfonat (EDOT-S), Dimeren oder Trimeren dieser Thiophen-Monomere und Kombinationen aus mindestens zwei dieser EDOT-Monomere. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 18. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 17. Ausführungsform.

[0033] |19a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers ist das zur Herstellung eines elektrisch leitfähigen Polymers geeignete Monomer i) 3,4-Ethylendioxythiophen oder ein Derivat davon, besonders bevorzugt 3,4-Ethylendioxythiophen. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 19. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von der 18. Ausführungsform.

[0034] |20a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers beinhaltet die Zusammenfassung neben den in der 18. und 19. Ausführungsform genannten EDOT-Monomere auch die entsprechenden ProDOT-Monomere (ProDOT = 3,4-Propylendioxythiophen), vorzugsweise ProDOT-Monomere ausgewählt aus der Gruppe bestehend ProDOT, Hydroxymethyl-ProDOT, ProDOT-Vinyl, ProDOT-Allylether, ProDOT-COOH, ProDOT-MeOH, ProDOT-Silan, ProDOT-Silanol, ProDOT-Acrylat, ProDOT-Sulfonat, ProDOT-Amin, ProDOT-Amid, ProDOT-S, Dimeren oder Trimeren dieser ProDOT-Monomere und Kombinationen aus mindestens zwei dieser ProDOT-Monomere. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 20. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von der 18. oder 19. Ausführungsform.

[0035] |21a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers ist das zur Herstellung eines elektrisch leitfähigen Polymers geeignete Monomer i) eine Mischung aus 3,4-Ethylendioxythiophen (EDOT) und 3,4-Propylendioxythiophen (ProDOT), wobei das Gewichtsverhältnis von EDOT : ProDOT vorzugsweise mindestens 4 : 1, besonders bevorzugt mindestens 7 : 1, noch mehr bevorzugt mindestens 9 : 1 und am meisten bevorzugt mindestens 20 : 1 beträgt. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 21. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 20. Ausführungsform.

[0036] |22a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers beinhaltet die in Verfahrensschritt b) eingesetzte Zusammensetzung das zur Herstellung eines elektrisch leitfähigen Polymers geeignete Monomer i) in einer Konzentration in einem Bereich von 0,001 M bis 1 M, vorzugsweise in einem Bereich von 0,01 M bis 0,2 M. Im Falle einer Mischung aus zwei oder mehr Monomeren i) beziehen sich die vorstehend genannten Bereiche auf die Gesamtkonzentration der Monomere i). Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 22. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 21. Ausführungsform.

[0037] [23a] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers beinhaltet die in Verfahrensschritt b) eingesetzte Zusammensetzung einen photoreaktiven Vernetzer iii). In diesem Fall kann auf den Verfahrensschritt d) verzichtet werden. Es ist aber auch möglich, der in Verfahrensschritt b) eingesetzten Zusammensetzung einen photoreaktiven Vernetzer iii) zuzusetzen und zusätzlich in Verfahrensschritt d) die in Verfahrensschritt c) erhaltene Schicht beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer mit mindestens einem photoreaktiven Vernetzer iii) in Kontakt zu bringen. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 23. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 22. Ausführungsform.

[0038] [24a] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers umfasst ein photoreaktiven Vernetzer iii), vorzugsweise der photoreaktive Vernetzer iii), welcher in der in Verfahrensschritt b) eingesetzten Zusammensetzung enthalten ist, mindestens ein anionisches photoreaktives hydrophiles Polymer beinhaltend Polyacrylamid und photoreaktive Gruppen (= photoreaktives Polyacrylamid; „Photo-PA“). Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 24. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 23. Ausführungsform.

[0039] [25a] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers umfasst der photoreaktive Vernetzer iii), vorzugsweise der photoreaktive Vernetzer iii), welcher in der in Verfahrensschritt b) eingesetzten Zusammensetzung enthalten ist, mindestens ein anionisches photoreaktives hydrophiles Polymer, welches Sulfonat-Gruppen aufweist, vorzugsweise Acrylamido-2-methylpropansulfonat-Gruppen (AMPS-Gruppen). Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 25. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 24. Ausführungsform.

[0040] [26a] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers umfasst der photoreaktive Vernetzer iii), vorzugsweise der photoreaktive Vernetzer iii), welcher in der in Verfahrensschritt b) eingesetzten Zusammensetzung enthalten ist, mindestens ein photoreaktives Polyacrylamid ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus N-acetylierten Poly[acrylamid-co-Natrium-2-Acrylamido-2-Methylpropansulfonat-co-N-(3-(4-Benzoylbenzamido)propyl)meth-acrylamid]-co-methoxypoly(ethylenglykol) und Poly[acrylamid-co-Natrium-2-acrylamido-2-methylpropansulfonat-co-N-(3-(4-benzoylbenzamido)-propyl)methacrylamid]. Weiterhin geeignete photoreaktive Polyacrylamide sind in der US 4,979,959, der US 5,263,992 und der US 5,512,329 beschrieben. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 26. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von der 24. oder der 25. Ausführungsform.

[0041] [27a] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers umfasst die in Verfahrensschritt b) eingesetzte Zusammensetzung mindestens ein anionisches photoreaktives hydrophiles Polymer beinhaltend Polyacrylamid und photoreaktive Gruppen als einen photoreaktiven Vernetzer iii) in einer Konzentration in einem Bereich von 2,5 bis 50 mg/ml, vorzugsweise in einem Bereich von 5 bis 25 mg/ml. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 27. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 24. bis 26. Ausführungsform.

[0042] [28a] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers umfasst der photoreaktive Vernetzer iii), vorzugsweise der photoreaktive Vernetzer iii), welche in der in Verfahrensschritt b) eingesetzten Zusammensetzung enthalten ist, ein anionisches photoreaktives Vernetzungsmittel, welches Sulfonat-Gruppen, Carboxylat-Gruppen, Phosphonat-Gruppen, Phosphat-Gruppen oder Kombinationen dieser Gruppen aufweist. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 28. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 27. Ausführungsform.

[0043] [29a] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers umfasst der photoreaktive Vernetzer iii), vorzugsweise der photoreaktive Vernetzer iii), welcher in der in Verfahrensschritt b) eingesetzten Zusammensetzung enthalten ist, als ein anionisches photoreaktives Vernetzungsmittel eine Verbindung, welche die Struktur X_1-Y-X_2 aufweist, in der X_1 und X_2 unabhängig voneinander einen Rest darstellen, der eine latente photoreaktive Gruppe umfasst. Bei diesen photoreaktiven Gruppen kann es sich beispielsweise um ein Arylketon oder um ein Chinon handeln. Der Rest Y sorgt für die gewünschte Wasserlöslichkeit des anionischen photoaktivierbaren Vernetzungsmittels. Die Wasserlöslichkeit (bei Raumtemperatur und optimalem pH) des anionischen photoreaktiven Vernet-

zungsmittels beträgt vorzugsweise mindestens etwa 0,05 mg/ml. In der Struktur X_1-Y-X_2 kann Y ein Rest sein, der mindestens eine saure Gruppe oder ein Salz davon aufweist. Ein solches photoaktivierbares Vernetzungsmittel kann anionisch sein, je nach pH-Wert der Zusammensetzung. Geeignete saure Gruppen sind zum Beispiel Sulfonsäuren, Carbonsäuren, Phosphonsäuren und dergleichen. Geeignete Salze solcher Gruppen sind z. B. Sulfonat-, Carboxylat- und Phosphatsalze. Als Beispiel kann das Vernetzungsmittel eine Sulfonsäure- oder Sulfonat-Gruppe enthalten. Geeignete Gegenionen sind Alkali- und Erdalkalimetalle, Ammonium, protonierte Amine und dergleichen. Geeignete anionische photoreaktive Vernetzungsmittel sind beispielsweise in der US 6,278,018, oder der US 2012/0046384 A1 beschrieben. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 30. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von der 29. Ausführungsform.

[0044] |31a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers umfasst der photoreaktive Vernetzer iii), vorzugsweise der photoreaktive Vernetzer iii), welcher in der in Verfahrensschritt b) eingesetzten Zusammensetzung enthalten ist, als ein anionisches photoreaktives Vernetzungsmittel eine Verbindung ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Dinatrium-4,5-bis [(4-benzoylbenzyl)oxy]-1,3-benzoldisulfonat und Natrium-bis-(4-benzoylphenyl)phosphat. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 31. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von der 29. Oder 30. Ausführungsform.

[0045] |32a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers beinhaltet der photoreaktive Vernetzer iii), vorzugsweise der photoreaktive Vernetzer iii), welche in der in Verfahrensschritt b) eingesetzten Zusammensetzung enthalten ist, ein photoreaktives und nicht-geladenes hydrophiles Polymer. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 32. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 31. Ausführungsform.

[0046] |33a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform eines Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers beinhaltet der photoreaktive Vernetzer iii), vorzugsweise der photoreaktive Vernetzer iii), welche in der in Verfahrensschritt b) eingesetzten Zusammensetzung enthalten ist, als ein photoreaktives und nicht-geladenes hydrophiles Polymer ein photoreaktives 1-Vinyl-2-pyrrolidon-Derivat. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 33. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von der 32. Ausführungsform.

[0047] |34a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers beinhaltet der photoreaktive Vernetzer iii), vorzugsweise der photoreaktive Vernetzer iii), welche in der in Verfahrensschritt b) eingesetzten Zusammensetzung enthalten ist, mindestens ein anionisches photoreaktives hydrophiles Polymer und mindestens ein photoreaktives und nicht-geladenes hydrophiles Polymer in einem Gewichtsverhältnis in einem Bereich von 1 : 10 bis 10 : 1, vorzugsweise in einem Bereich von 1 : 2 bis 2 : 1, noch mehr bevorzugt in einem Bereich von 1 : 1,5 bis 1,5 : 1. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 34. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 33. Ausführungsform.

[0048] |35a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers ist das mindestens eine Lösungsmittel ii) ein aprotisches organisches Lösungsmittel, ein polares organisches Lösungsmittel oder eine Mischung hieraus. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 35. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 34. Ausführungsform.

[0049] |36a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers ist das mindestens eine Lösungsmittel ii) ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Acetonitril, Dichlormethan, Dimethylsulfoxide, Aceton, Dimethylformamid, Isopropanol, Methanol, Ethanol, Wasser, und Mischungen aus mindestens zwei dieser Lösungsmittel. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 36. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist der 35. Ausführungsform.

[0050] |37a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers beinhaltet die in Verfahrensschritt b) eingesetzte Zusammensetzung eine oberflächenaktive Verbindung iv). Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 37. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 36. Ausführungsform.

[0051] |38a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers beinhaltet die in Verfahrensschritt b) eingesetzte Zusammensetzung als eine oberflächenaktive Verbindung iv) eine Verbindung ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Poloxameren, Polyoxyethylenalkylethern, Polysorbitan, Polyoxyethylen-Derivaten von Sorbitanmonolaurat und Mischungen aus mindestens zwei dieser Verbindungen. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 38. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von der 37. Ausführungsform.

[0052] |39a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers erfolgt das Anlegen eines elektrischen Potentials zwischen dem elektrisch leitfähigen Substrat und der Zusammensetzung in Verfahrensschritt c) in einer Vorrichtung umfassend das elektrisch leitfähige Substrat als Arbeitselektrode, eine Gegenelektrode, die vorzugsweise eine Elektrodenfläche aufweist, die mindestens 2-mal, noch mehr bevorzugt mindestens 5-mal und am meisten bevorzugt mindestens 10-mal so groß ist wie die Elektrodenfläche der Arbeitselektrode, und gegebenenfalls eine Referenzelektrode. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 39. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 38. Ausführungsform.

[0053] |40a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers ist die in Verfahrensschritt e) applizierte elektromagnetische Strahlung UV-Licht in einem Wellenlängenbereich von 260 bis 400 nm. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 40. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 39. Ausführungsform.

[0054] |41a| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Schichtkörpers wird das im Verfahrensschritt a) bereitgestellte elektrisch leitfähige Substrat vor den Verfahrensschritten b) und c), i. e., vor der Elektrodeposition des elektrisch leitfähigen Polymers, gereinigt, vorzugsweise durch ein Reinigungsverfahren ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einer Reinigung mit Ultraschall, einer Reinigung durch chemisches (saureres) Ätzen, einer Reinigung mittels alkalischer Reinigungsmittel, einer Reinigung durch Plasmabehandlung, einer Reinigung durch mechanische Abtragung der Oberfläche, einer Reinigung durch elektrochemisches Ätzen und einer Kombination dieser Reinigungsverfahren, wobei eine Reinigung durch elektrochemisches Ätzen am meisten bevorzugt ist. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 41. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 40. Ausführungsform.

[0055] |1b| Einen Beitrag zur Lösung mindestens einer der eingangs genannten Aufgaben leistet auch eine 1. Ausführungsform eines Schichtkörpers 1, erhältlich durch, vorzugsweise erhalten durch, das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Schichtkörpers, vorzugsweise durch das Verfahren nach einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 41. Ausführungsform.

[0056] |2b| Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Schichtkörpers 1 weist dieser mindestens eine der folgenden Eigenschaften auf:

(α) eine gemäß der hierin beschriebenen Testmethode bestimmte Ladungsspeicherkapazität, in kathodischer Phase gemessen, in einem Bereich von -10 bis -100 mC/cm², bevorzugt in einem Bereich von -8 bis -80 mC/cm² und am meisten bevorzugt in einem Bereich von -4 bis -60 mC/cm²;

(β) eine gemäß der hierin beschriebenen Testmethode bei einer Frequenz von 1 Hz bestimmte Impedanz |Z| in einem Bereich von 0,3 bis 20 kOhm, bevorzugt in einem Bereich von 0,4 bis 10 kOhm und am meisten bevorzugt in einem Bereich von 0,5 bis 6 kOhm;

(γ) eine Dicke der Schicht beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer in einem Bereich von 100 bis 3,000 nm, bevorzugt in einem Bereich von 200 bis 2,000 nm und am meisten bevorzugt in einem Bereich von 300 bis 1,000 nm;

(δ) eine Homogenität $(d_{\max} - d_{\min}) / d_{\text{mittel}}$ der Dicke der Schicht beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer von weniger als 1,4, bevorzugt von weniger als 0,8 und am meisten bevorzugt von weniger als 0,2, wobei d_{\min} die minimal Dicke der Schicht, d_{\max} die maximal Dicke der Schicht und d_{mittel} der Mittelwert der Dicke der Schicht innerhalb des mit der Schicht beschichteten Teils des elektrisch leitfähigen Substrates ist;

(ϵ) eine Oberflächenrauigkeit der Schicht beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer in einem Bereich von 10 bis 1,000 nm, bevorzugt in einem Bereich von 20 bis 500 nm und am meisten bevorzugt in einem Bereich von 50 bis 200 nm;

(ζ) ein gemäß der hierin beschriebenen Testmethode bestimmtes Ablösen der Schicht beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer von weniger als 50%, bevorzugt von weniger als 35% und am meisten bevorzugt von weniger als 20%, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der Schicht im Schichtkörper.

[0057] Erfindungsgemäß besonders bevorzugt sind dabei Schichtkörper, die folgende Eigenschaften bzw. Kombinationen von Eigenschaften aufweisen: (α), (β), (γ), (δ), (ε), (ζ), (α)(β), (α)(γ), (α)(δ), (α)(ε), (α)(ζ), (β)(γ), (β)(δ), (β)(ε), (β)(ζ), (γ)(δ), (γ)(ε), (γ)(ζ), (δ)(ε), (δ)(ζ), (ε)(ζ), (α)(β)(γ), (α)(β)(δ), (α)(β)(ε), (α)(β)(ζ), und (α)(β)(γ)(δ)(ε)(ζ), wobei (α)(β)(γ)(δ)(ε)(ζ) am meisten bevorzugt ist. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 2. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schichtkörpers 1, die vorzugsweise abhängig ist der 1. Ausführungsform.

[0058] |1c| Einen Beitrag zur Lösung mindestens einer der eingangs genannten Aufgaben leistet auch eine 1. Ausführungsform eines Schichtkörpers 2 umfassend ein elektrisch leitfähiges Substrat und eine Schicht beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer, die auf mindestens einem Teil der Oberfläche des elektrisch leitfähigen Substrates abgeschieden ist, wobei der Schichtkörper mindestens eine der folgenden Eigenschaften aufweist:

(α) eine gemäß der hierin beschriebenen Testmethode bestimmte Ladungsspeicherkapazität, in kathodischer Phase gemessen, in einem Bereich von -10 bis -100 mC/cm², bevorzugt in einem Bereich von -8 bis -80 mC/cm² und am meisten bevorzugt in einem Bereich von -4 bis 60 mC/cm²;

(β) eine gemäß der hierin beschriebenen Testmethode bei einer Frequenz von 1 Hz bestimmte Impedanz |Z| in einem Bereich von 0,3 bis 20 kOhm, bevorzugt in einem Bereich von 0,4 bis 10 kOhm und am meisten bevorzugt in einem Bereich von 0,5 bis 6 kOhm;

(γ) eine Dicke der Schicht beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer in einem Bereich von 100 bis 3.000 nm, bevorzugt in einem Bereich von 200 bis 2.000 nm und am meisten bevorzugt in einem Bereich von 300 bis 1.000 nm;

(δ) eine Homogenität $(d_{\max} - d_{\min}) / d_{\text{mittel}}$ der Dicke der Schicht beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer von weniger als 1,4, bevorzugt von weniger als 0,8 und am meisten bevorzugt von weniger als 0,2, wobei d_{\min} die minimal Dicke der Schicht, d_{\max} die maximal Dicke der Schicht und d_{mittel} der Mittelwert der Dicke der Schicht innerhalb des mit der Schicht beschichteten Teils des elektrisch leitfähigen Substrates ist;

(ε) eine Oberflächenrauigkeit der Schicht beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer in einem Bereich von 10 bis 1.000 nm, bevorzugt in einem Bereich von 20 bis 500 nm und am meisten bevorzugt in einem Bereich von 50 bis 200 nm;

(ζ) ein gemäß der hierin beschriebenen Testmethode bestimmtes Ablösen der Schicht beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer von weniger als 50%, bevorzugt von weniger als 35% und am meisten bevorzugt von weniger als 20%, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der Schicht im Schichtkörper.

[0059] Erfindungsgemäß besonders bevorzugt sind dabei Schichtkörper, die folgende Eigenschaften bzw. Kombinationen von Eigenschaften aufweisen: (α), (β), (γ), (δ), (ε), (ζ), (α)(β), (α)(γ), (α)(δ), (α)(ε), (α)(ζ), (β)(γ), (β)(δ), (β)(ε), (β)(ζ), (γ)(δ), (γ)(ε), (γ)(ζ), (δ)(ε), (δ)(ζ), (ε)(ζ), (α)(β)(γ), (α)(β)(δ), (α)(β)(ε), (α)(β)(ζ), und (α)(β)(γ)(δ)(ε)(ζ), wobei (α)(β)(γ)(δ)(ε)(ζ) am meisten bevorzugt ist.

[0060] |2c| Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Schichtkörpers 2 ist das elektrisch leitfähige Substrat ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Gold, Nickel, Cobalt, Iridium, Titan, Wolfram, Stahl, Platin, Silizium und Legierungen aus mindestens zwei dieser Metalle. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 2. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schichtkörpers 2, die vorzugsweise abhängig ist von der 1. Ausführungsform.

[0061] |3c| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Schichtkörpers 2 ist das elektrisch leitfähige Substrat ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Gold und Platin. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 3. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schichtkörpers 2, die vorzugsweise abhängig ist von der 2. Ausführungsform.

[0062] |4c| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Schichtkörpers 2 ist das elektrisch leitfähige Polymer ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einem Polythiophen, einem Polypyrrol, einem Polyanilin oder einer Kombination aus mindestens zwei davon. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine

4. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schichtkörpers 2, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 3. Ausführungsform.

[0063] |5c| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Schichtkörpers 2 ist das elektrisch leitfähige Polymer ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Poly(3,4-ethylendioxythiophen) (PEDOT), Poly(hydroxymethyl-EDOT), Poly(EDOT-Vinyl), Poly(EDOT-Allylether), Poly(EDOT-COOH), Poly(EDOT-MeOH), Poly(EDOT-Silan), Poly(EDOT-Acrylat), Poly(EDOT-Sulfonat), Poly(EDOT-Amin), Poly(EDOT-Amid), Poly(Natrium-4-[(2,3-dihydrothieno[3,4-b][1,4]dioxin-2-yl)methoxy]butan-1-sulfonat) (PEDOT-S), Poly(Natrium-4-[(2,3-dihydrothieno[3,4-b][1,4]dioxin-2-yl)methoxy]butan-2-sulfonat) (PEDOT-S) und Copolymeren hiervon. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 5. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schichtkörpers 2, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 4. Ausführungsform.

[0064] |6c| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Schichtkörpers 2 ist das elektrisch leitfähige Polymer Poly(3,4-ethylendioxythiophen) (PEDOT). Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 6. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schichtkörpers 2, die vorzugsweise abhängig ist von der 5. Ausführungsform.

[0065] |7c| Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Schichtkörpers 2 ist der Schichtkörper eine Elektrode oder Teil einer Elektrode für eine medizinische Vorrichtung, besonders bevorzugt eine Elektrode oder ein Teil einer Elektrode zur Detektion elektrophysiologischer Signale in einem Gewebe oder in einem Teil eines Gewebes oder zur elektrischen Stimulation eines Gewebes oder eines Teils eines Gewebes, noch mehr bevorzugt eine implantierbare Elektrode oder Teil einer implantierbaren Elektrode. In diesem Zusammenhang ist es auch bevorzugt, dass die Beschichtung mit dem elektrisch leitfähigen Polymer im erfindungsgemäßen Schichtkörper 2 so angeordnet, dass, wenn sie bei einer Verwendung dieses Schichtkörpers als Elektrode oder als Teil einer Elektrode zur Detektion elektrophysiologischer Signale in einem Gewebe oder in einem Teil eines Gewebes oder zur elektrischen Stimulation eines Gewebes oder eines Teils eines Gewebes eingesetzt wird, in Kontakt, vorzugsweise in direkten und unmittelbaren Kontakt, mit dem Gewebe bzw. mit dem Teil des Gewebes kommt. Diese bevorzugte Ausführungsform ist eine 7. Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schichtkörpers 2, die vorzugsweise abhängig ist von einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 6. Ausführungsform.

[0066] |1d| Einen Beitrag zur Lösung mindestens einer der vorstehend genannten Aufgaben leistet auch eine medizinische Vorrichtung beinhaltend einen erfindungsgemäßen Schichtkörper 1, vorzugsweise nach seiner 1. oder 2. Ausführungsform, oder einen erfindungsgemäßen Schichtkörper 2, vorzugsweise nach einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 7. Ausführungsform, als Elektrode oder Teil einer Elektrode, besonders bevorzugt als Elektrode oder eines Teils einer Elektrode zur Detektion elektrophysiologischer Signale in einem Gewebe oder in einem Teil eines Gewebes oder zur elektrischen Stimulation eines Gewebes oder eines Teils eines Gewebes, noch mehr bevorzugt als implantierbare Elektrode oder Teil einer implantierbaren Elektrode.

[0067] |1e| Einen Beitrag zur Lösung mindestens einer der eingangs genannten Aufgaben leistet auch die Verwendung eines erfindungsgemäßen Schichtkörpers 1, vorzugsweise nach seiner 1. oder 2. Ausführungsform, oder eines erfindungsgemäßen Schichtkörpers 2, vorzugsweise nach einer Ausführungsform ausgewählt aus der 1. bis 7. Ausführungsform, als Elektrode oder Teil einer Elektrode in einer medizinischen Vorrichtung. Besonders bevorzugt werden der Schichtkörper 1 oder der Schichtkörper 2 als Elektrode oder eines Teils einer Elektrode zur Detektion elektrophysiologischer Signale in einem Gewebe oder in einem Teil eines Gewebes oder zur elektrischen Stimulation eines Gewebes oder eines Teils eines Gewebes, noch mehr bevorzugt als implantierbaren Elektrode oder eines Teils davon, beispielsweise zur Bestimmung eines physiologischen Zustandes in einem lebenden Organismus, vorzugsweise im menschlichen Körper, eingesetzt.

Verfahrensschritt a)

[0068] In Verfahrensschritt a) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein elektrisch leitfähiges Substrat bereitgestellt. Geeignete elektrisch leitfähige Substrate sind Metalle, Keramiken, Polymere, Verbundwerkstoffe und dergleichen. Die Substratoberfläche kann ein Kohlenstoffnitrid, ein Kohlenstoffgewebe, ein Kohlenstoffpapier, eine mit Kohlenstoffsiebdruck bedruckte Elektrode, ein Kohlenstoffschwarz, ein Kohlenstoffpulver, eine Kohlenstofffaser, ein Kohlenstoff-Nanotube, ein diamantbeschichteter Leiter, ein glasartiger Kohlenstoff, ein mesoporöser Kohlenstoff, ein Graphit oder eine Kombination aus mindestens zwei dieser Materialien sein. Die Substratoberfläche kann ein nichtmetallisches anorganisches Material enthalten, wie etwa ein Metalloxid, ein Metallnitrid, eine Keramik, ein Metalloid oder eine Kombination aus mindestens zwei davon.

Das nicht-metallische anorganische Material kann zum Beispiel ein Metalloid umfassen, das aus der Gruppe bestehend aus Silizium, Kohlenstoff und einer Kombination davon ausgewählt ist. Die Substratoberfläche kann ein Metalloxid enthalten, beispielsweise ein Oxid von Aluminium, Titan, Zirkonium, Hafnium, Tantal, Molybdän, Chrom, Nickel, Wolfram, Rhenium, Iridium oder eine Kombination aus mindestens zwei davon. Die Substratoberfläche kann aus einer Keramik bestehen, wie etwa einem Siliziumnitrid, einem Titannitrid, einem Siliziumkarbid, einem Siliziumoxid, einem Kalziumphosphat, einem Indium-Zinn-Oxid oder einer Kombination davon. Die Substratoberfläche kann ein Metall enthalten, das ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einem Edelmetall, einem Übergangsmetall oder einer Kombination davon. Das Metall kann zum Beispiel aus der Gruppe ausgewählt werden, die aus Gold, Platin, Palladium, Iridium, Osmium, Rhodium, Titan, Niob, Tantal, Wolfram, Ruthenium, Magnesium, Eisen und einer Kombination davon besteht. Die Substratoberfläche kann auch ein Nichtedelmetall enthalten, welches ausgewählt ist der Gruppe bestehend aus Titan, Tantal und einer Kombination davon. Die Substratoberfläche kann eine Metalllegierung enthalten, welches beispielsweise mindestens ein Edelmetall und mindestens ein Übergangsmetall beinhaltet. Die Metalllegierung kann beispielsweise

- Nickel und Titan;
- Nickel und Kobalt;
- Kobalt und Chrom;
- Niob und Titan
- oder eine Kombination aus mindestens zwei dieser Legierungen

enthalten. Die Metalllegierung kann auch eine rostfreie Stahllegierung sein, vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus rostfreiem Stahl 304L, rostfreiem Stahl 316L, rostfreiem Stahl 316LVM und einer Kombination aus mindestens zwei davon. Die Metalllegierung kann auch eine Kobalt-Nickel-Chrom-Legierung sein, vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus MP35N, 35NLT und einer Kombination aus mindestens zwei davon. Die Metalllegierung kann auch die Titanlegierung Ti-6Al-4V enthalten. Die Metalllegierung kann auch Nitinol enthalten, z.B. Ni55 Ti45. Die Metalllegierung kann auch Niob-Titan enthalten, z.B. Nb56 Ti44.

[0069] Weiterhin kann das in Verfahrensschritt a) des erfindungsgemäßen Verfahrens bereitgestellte elektrisch leitfähige Substrat jede Form haben, einschließlich, aber nicht beschränkt auf, die Form eines Quaders, eines Zylinders, einer Kugel, einer Pyramide, eines Rohres, einer Scheibe, einer Masche, eines Drahtes oder einer Kombination dieser Formen. Weiterhin kann das elektrisch leitfähige Substrat eine Elektrode oder Teil einer Elektrode sein, vorzugsweise einer implantierbaren Elektrode beispielsweise zur Bestimmung eines physiologischen Zustandes in einem lebenden Organismus, vorzugsweise im menschlichen Körper.

[0070] Das im Verfahrensschritt a) bereitgestellte elektrisch leitfähige Substrat kann vor dem Verfahrensschritten b) und c), i. e., vor der Elektrodeposition des elektrisch leitfähigen Polymers, gereinigt und/oder weiteren Oberflächenmodifizierungen, wie etwa einer Aufrauung, unterworfen werden. In diesem Zusammenhang wird auf die Ausführungen in Spalte 11, Zeilen 21-65 der US 10,800,931 B2 verwiesen wird.

Verfahrensschritt b)

[0071] In Verfahrensschritt b) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird mindestens ein Teil der Oberfläche des elektrisch leitfähigen Substrates mit einer Zusammensetzung beinhaltend i) mindestens ein zur Herstellung eines elektrisch leitfähigen Polymers geeignetes Monomer, ii) mindestens ein Lösungsmittel und gegebenenfalls iii) mindestens ein Vernetzer, bevorzugt ein photoreaktiver Vernetzer, in Kontakt gebracht.

[0072] Der Vernetzer iii) kann dabei ein anionisches photoreaktives hydrophiles Polymer, ein anionisches photoreaktives Vernetzungsmittel, ein photoreaktives und nicht-geladenes hydrophiles Polymer oder eine Kombination aus mindestens zwei dieser Komponenten beinhalten. Diese photoreaktiven Verbindungen zeichnen sich vorzugsweise dadurch aus, dass sie eine latente photoreaktive Gruppe bzw. eine photoreaktive Gruppe aufweisen.

[0073] Die Begriffe „latente photoreaktive Gruppe“ und „photoreaktive Gruppe“ werden hierin austauschbar verwendet und beziehen sich jeweils auf eine chemische Einheit, die ausreichend stabil ist, um unter normalen Lagerungsbedingungen in einem inaktiven Zustand (i.e., dem Grundzustand) zu verweilen, die jedoch in einen aktiven Zustand übergehen kann, wenn sie einer geeigneten Energiequelle ausgesetzt wird. Sofern

nicht anders angegeben, gelten Bezugnahmen auf photoreaktive Gruppen vorzugsweise auch für die Reaktionsprodukte der photoreaktiven Gruppen.

[0074] Photoreaktive Gruppen reagieren auf spezifische externe Reize mit der Bildung aktiver Gruppen, die mit benachbarten chemischen Strukturen kovalente Bindungen ausbilden. So kann beispielsweise eine photoreaktive Gruppe aktiviert und dabei ein Wasserstoffatom von einer Alkylgruppe abgespalten werden. Eine kovalente Bindung kann zwischen der Verbindung mit der photoreaktiven Gruppe und der Verbindung mit einer C-H-Bindung gebildet werden. Geeignete photoreaktive Gruppen sind beispielsweise in US 5,002,582 beschrieben. Die photoreaktiven Gruppen können so gewählt werden, dass sie auf verschiedene Teile der aktinischen Strahlung reagieren. Zum Beispiel können Gruppen ausgewählt werden, die entweder mit ultravioletter (UV) oder sichtbarer Strahlung (VIS) aktiviert werden können.

[0075] Geeignete photoreaktive Gruppen sind z. B. Azide, Diazos, Diazirine, Ketone und Chinone. Die photoreaktiven Gruppen erzeugen bei Absorption von elektromagnetischer Energie aktive Spezies wie freie Radikale, darunter z. B. Nitrene, Carbene und angeregte Zustände von Ketonen. Die photoreaktive Gruppe kann aus einem Arylketon bestehen, wie Acetophenon, Benzophenon, Anthron und Anthron-ähnlichen Heterozyklen (d. h. heterozyklische Analoga von Anthron, wie z. B. solche mit N, O oder S in der 10-Position), oder ihre substituierten (z. B. ring-substituierten) Derivate. Beispiele für Arylketone sind heterozyklische Derivate von Anthron, einschließlich Acridon, Xanthon und Thioxanthon, und ihre Ring-substituierten Derivate. Andere geeignete photoreaktive Gruppen sind Chinone, wie z. B. Anthrachinon. Die funktionellen Gruppen solcher Arylketone können mehrere Aktivierungs-/Inaktivierungs-/Reaktivierungszyklen durchlaufen. Benzophenon beispielsweise kann photochemisch angeregt werden mit der anfänglichen Bildung eines angeregten Singulett-Zustands, der in den Triplett-Zustand übergeht. Der angeregte Triplett-Zustand kann sich durch Abstraktion eines Wasserstoffatoms (z. B. aus einer polymeren Beschichtung) in Kohlenstoff-Wasserstoff-Bindungen einfügen und so ein Radikalpaar bilden. Der anschließende Zusammenbruch des Radikalpaares führt zur Bildung einer neuen Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindung. Wenn keine reaktive Bindung (z. B. Kohlenstoff/Wasserstoff) zur Verfügung steht, so ist die durch ultraviolettes Licht induzierte Anregung der Benzophenon-Gruppe reversibel und das Molekül kehrt nach Entfernen der Energiequelle in den Grundzustand zurück. Photoreaktive Arylketone wie Benzophenon und Acetophenon können in Wasser mehrfach Reaktivierungen durchlaufen und bieten daher eine höhere Beschichtungseffizienz.

[0076] Die Azide bilden eine weitere Klasse von photoreaktiven Gruppen und umfassen Arylazide ($C_6R_5N_3$), wie Phenylazid und 4-Fluor-3-nitrophenylazid; Acylazide ($-CO-N_3$), wie Benzoylazid und p-Methylbenzoylazid; Azidoformiate ($-O-CO-N_3$), wie Ethylazidoformiat und Phenylazidoformiat; Sulfonylazide ($-SO_2-N_3$), wie Benzolsulfonylazid; und Phosphorylazide $(RO)_2PON_3$, wie Diphenylphosphorylazid und Diethylphosphorylazid. Diazoverbindungen bilden eine weitere Klasse von photoreaktiven Gruppen und umfassen Diazoalkane ($-CHN_2$) wie Diazomethan und Diphenyldiazomethan; Diazoketone ($-CO-CHN_2$) wie Diazoacetophenon und 1-Trifluormethyl-1-Diazo-2-pentanon; Diazoacetate ($-O-CO-CHN_2$) wie t-Butyldiazoacetat und Phenyldiazoacetat; und Beta-Keto-alpha-Diazoacetate ($-CO-CN_2-CO-O-$), wie z. B. t-Butyl-alpha-Diazoacetoacetat. Andere photoreaktive Gruppen sind die Diazirine ($-CHN_2$), wie z. B. 3-Trifluormethyl-3-phenyldiazirin; und Ketene ($-CH=C=O$) wie z. B. Keten und Diphenylketen.

[0077] Besonders bevorzugt ist es, die von der Firma Heraeus Medical Components, Deutschland erhältliche Zusammensetzung „Ampliccoat®“ in Verfahrensschritt b) einzusetzen.

Verfahrensschritt c)

[0078] In Verfahrensschritt c) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein elektrisches Potential zwischen dem elektrisch leitfähigen Substrat und der Zusammensetzung angelegt. Dieser elektrochemische Polymerisationsschritt wird in der Regel in einer Elektrodepositionsvorrichtung umfassend einen Behälter durchgeführt, in den mindestens zwei Elektroden eingeführt werden. Vorzugsweise umfasst die Elektrodepositions- vorrichtung das elektrisch leitfähige Substrat als Arbeitselektrode, eine Gegenelektrode mit etwa der 10-fachen Oberfläche der Arbeitselektrode, die aus Platin, platinierter Titan oder platinierter Niob bestehen kann, und gegebenenfalls eine Referenzelektrode, bei der es sich beispielsweise um eine mit KCl gesättigte Ag/AgCl- oder Kalomel-Referenzelektrode handeln kann. Der Behälter einer solchen Elektrodepositions- vorrichtung wird mit einer Zusammensetzung beinhalten i) das mindestens eine zur Herstellung eines elektrisch leitfähigen Polymers geeignete Monomer, ii) das mindestens eine Lösungsmittel und gegebenenfalls iii) den mindestens einen Vernetzer, besonders bevorzugt mit einer „Ampliccoat®“-Zusammensetzung, befüllt und das elektrisch leitfähige Substrat wird als Arbeitselektrode zumindest teilweise in diese Zusammensetzung

eingetaucht. Sodann wird durch Anlegen eines elektrischen Potentials zwischen der Arbeitselektrode und der Zusammensetzung die Polymerisation des Monomers i) initiiert.

Verfahrensschritt d)

[0079] In Verfahrensschritt d) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird gegebenenfalls die in Verfahrensschritt c) erhaltene Schicht beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer mit mindestens einem Vernetzer, bevorzugt einem photoreaktiven Vernetzer, in Kontakt gebracht. Dieser Verfahrensschritt d) erfolgt vorzugsweise nur dann, wenn in der in Verfahrensschritt b) eingesetzten Zusammensetzung kein Vernetzer, oder kein photoreaktiver Vernetzer, enthalten war.

[0080] Das in Kontakt bringen kann durch das Eintauchen des in Verfahrensschritt c) erhaltenen beschichteten elektrisch leitfähigen Substrates in eine Zusammensetzung beinhaltend einen Vernetzer oder durch Auftragen einer Zusammensetzung beinhaltend einen Vernetzer auf das in Verfahrensschritt c) erhaltene beschichtete elektrisch leitfähige Substrat durch Sprühen, Drucken, Auftrag mittels Pinsel, Auftrag mittels Bürste, Auftrag mittels Filz, Auftrag mittels Tuch, durch Bedampfen oder durch eine Kombination aus mindestens zwei dieser Verfahren erfolgen. Gegebenenfalls können in der Zusammensetzung enthaltene Lösungsmittel nach dem in Kontakt bringen und vor der Durchführung der Photoreaktion in Verfahrensschritt e) vorzugsweise durch Verdampfen entfernt werden.

Verfahrensschritt e)

[0081] In Verfahrensschritt e) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird elektromagnetische Strahlung auf die Schicht beinhaltend das elektrisch leitfähige Polymer appliziert, um eine Photoreaktion des mindestens einen photoreaktiven Vernetzers iii) zu bewirken (sofern dieser Bestandteil der in Verfahrensschritt b) eingesetzten Zusammensetzung war). Vorzugsweise handelt es sich bei der applizierten elektromagnetischen Strahlung um UV-Licht in einem Wellenlängenbereich von 260 bis 400 nm. Die Dauer der Bestrahlung mit UV-Licht liegt vorzugsweise in einem Bereich von 1 sec bis 15 min, bevorzugt in einem Bereich von 2 sec bis 10 min und besonders bevorzugt in einem Bereich von 3 sec bis 1 min (pro beschichtete Fläche).

[0082] Die Erfindung wird nun anhand nicht limitierender Figuren und Beispiele näher erläutert.

[0083] Fig. 1 zeigt einen erfindungsgemäßen Schichtkörper 1, umfassend ein elektrisch leitfähiges Substrat 2. Zumindest ein Teil der Oberfläche des elektrisch leitfähigen Substrates 2 ist mit einer Schicht 3 beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer beschichtet. Vorzugsweise ist der Schichtkörper 1 eine implantierbare Elektrode oder ein implantierbarer Sensor oder zumindest Teil einer implantierbaren Elektrode oder eines implantierbaren Sensors.

[0084] Fig. 2 zeigt den Verlauf des elektrischen Potentials EP als Funktion der Zeit t im Falle eines pulspotentiostatischen Polymerisationsverfahrens. Bei diesem Verfahren erfolgt die Polymerisation des zur Herstellung eines elektrisch leitfähigen Polymers geeigneten Monomers i) in Verfahrensschritt c) in einer aufeinanderfolgende Pulse aufweisenden Pulsphase PP. Dabei umfasst jeder Puls eine Pulsteilphase PP_1 mit einer Phasendauer t_1 und eine Pulsteilphase PP_2 mit einer Phasendauer t_2 , wobei die Pulsteilphase PP_1 durch ein elektrisches Potential $EP(PP_1)$ und durch eine durch das elektrisch leitfähige Substrat 2 geführte Stromdichte $SD(PP_1)$ und die Pulsteilphase PP_2 durch ein elektrisches Potential $EP(PP_2)$ und durch eine durch das elektrisch leitfähige Substrat 2 geführte Stromdichte $SD(PP_2)$ gekennzeichnet ist. Bei dem in Fig. 2 gezeigten pulspotentiostatischen Polymerisationsverfahren ist $EP(PP_1) < EP(PP_2)$. Dieses Verfahren ist weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass während der Pulsteilphase PP_1 und der Pulsteilphase PP_2 das elektrische Potential innerhalb der jeweiligen Pulsteilphase konstant ist. Auch wenn in Fig. 2 jeder Puls mit einer Pulsteilphase PP_1 beginnt, so sind auch Ausgestaltungen des Verfahrens möglich, in denen jeder Puls mit einer Pulsteilphase PP_2 beginnt. Bei dem in Fig. 2 gezeigten pulspotentiostatischen Polymerisationsverfahren besteht jeder Puls aus der Pulsteilphase PP_1 und der Pulsteilphase PP_2 , so dass die Gesamtdauer t_p eines Pulses der Summe aus t_1 und t_2 entspricht. Denkbar sind aber auch puls-potentiostatische Polymerisationsverfahren, in denen jeder Puls aus mehr als zwei Pulsteilphasen besteht, die sich in dem konstant angelegten elektrischen Potential unterscheiden. Die Dauer einer jeweiligen Pulsteilphase PP_1 bzw. PP_2 und die Anzahl der Pulse in der Pulsphase PP hängt insbesondere von der zu erzielenden Dicke der Schicht 3 beinhaltend das elektrisch leitfähige Polymer ab, die auf dem elektrisch leitfähigen Substrat 2 abgeschieden werden soll.

[0085] Fig. 3 zeigt den Verlauf der durch das elektrisch leitfähige Substrat 2 geführten Stromdichte SD als Funktion der Zeit t im Falle eines pulsgalvanostatischen Polymerisationsverfahrens. Im Unterschied zu dem

in Fig. 2 gezeigten pulspotentiostatischen Polymerisationsverfahren zeichnet sich das pulsgalvanostatische Polymerisationsverfahren dadurch aus, dass während der Pulsteilphase PP_1 und der Pulsteilphase PP_2 die durch das Substrat geführte Stromdichte innerhalb der jeweiligen Pulsphase jeweils konstant ist.

[0086] Fig. 4 zeigt eine Elektrodepositionsvorrichtung 100 umfassend einen Behälter 101, in welcher das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden kann. Diese Vorrichtung umfasst neben dem Behälter 101 mindestens zwei Elektroden 102 und 103, die in den Behälter 101 eingeführt werden. Vorzugsweise umfasst die Elektrodepositionsvorrichtung 100 das elektrisch leitfähige Substrat als Arbeitselektrode 102, eine Gegenelektrode 103 mit etwa der 10-fachen Oberfläche der Arbeitselektrode, die aus Platin, platinierter Titan oder platinierter Niob bestehen kann, und gegebenenfalls eine Referenzelektrode 104, bei der es sich beispielsweise um eine Ag/AgCl- oder Kalomel-Referenzelektrode handeln kann. Der Behälter 101 einer solchen Elektrodepositionsvorrichtung 100 wird mit einer Zusammensetzung beinhalten i) das mindestens eine zur Herstellung eines elektrisch leitfähigen Polymers geeignete Monomer, ii) das mindestens eine Lösungsmittel und gegebenenfalls iii) der mindestens eine Vernetzer, besonders bevorzugt mit einer „Amplicat®“-Zusammensetzung, befüllt und das elektrisch leitfähige Substrat wird als Arbeitselektrode 102 zumindest teilweise in diese Zusammensetzung eingetaucht. Sodann wird durch Anlegen eines elektrischen Potentials zwischen der Arbeitselektrode 102 und der Zusammensetzung die Polymerisation des Monomers i) initiiert.

[0087] Fig. 5 zeigt eine elektronenmikroskopische Aufnahme der in Beispiel 1 erhaltenen mit PEDOT beschichteten Goldscheibe im Abbildungsmaßstab 500 : 1.

[0088] Fig. 6 zeigt eine elektronenmikroskopische Aufnahme der in Beispiel 2 erhaltenen mit PEDOT beschichteten Goldscheibe im Abbildungsmaßstab 500 : 1.

[0089] Fig. 7 zeigt eine elektronenmikroskopische Aufnahme der im Vergleichsbeispiel erhaltenen mit PEDOT beschichteten Goldscheibe im Abbildungsmaßstab 1000 : 1.

TESTMETHODEN

Bestimmung der Ladungsspeicherkapazität

[0090] Die Ladungsspeicherkapazität des Schichtkörpers wurde mittels Zyklovoltammetrie unter Verwendung eines BIO-LOGIC VMP3 Potentiostats/Galvanostats bestimmt, wie in der US 10,800,931 B2 beschrieben.

Bestimmung der Impedanz IZI

[0091] Die Impedanz $|Z|$ des Schichtkörpers wurde mittels Impedanzspektrometrie unter Verwendung eines BIO-LOGIC VMP3 Potentiostats/Galvanostats bestimmt, wie in der US 10,800,931 B2 beschrieben.

Bestimmung der Dicke der Schicht 3

[0092] Die Dicke der Schicht 3 wurde mittels Rasterelektronenmikroskopie bestimmt.

Bestimmung der Homogenität der Dicke der Schicht 3

[0093] Die Homogenität der Dicke der Schicht 3 wurde mittels Rasterelektronenmikroskopie bestimmt.

Bestimmung der Rauigkeit der Schicht 3

[0094] Die Oberflächenrauigkeit der Schicht 3 wurde mittels Rasterelektronenmikroskopie bestimmt.

Bestimmung des Ablösens der Schicht 3

[0095] Alle beschichteten Elektroden wurden auf die resultierende mechanische Stabilität des Films für die jeweiligen Elektrodensubstrate getestet. Zu diesem Zweck wurde die Wisch-Testmethode angewendet, bei der ein Stäbchen mit Schaumstoffspitze (TX751B, Texwipe) als Kontaktprobe verwendet wird. Der Anpressdruck wurde eingestellt, indem die Fixierungsstange des Stäbchens mit Gewichten beladen wurde. Die Gewichtsbelastung durch das Stäbchen betrug 100 g bei einer Kontaktfläche von 1 mm². Die Fläche bezieht sich auf die Kontaktfläche des Stäbchens bei dem geringstmöglichen Anpressdruck. Mit dem Stäbchen

wurden zehn Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen mit konstanter Geschwindigkeit durch denselben Bediener durchgeführt. Nach der Gewichtsbelastung wurde die resultierende Integrität der Elektrodenoberfläche visuell analysiert und in Form des prozentualen Verlustes des Ampliccoat®-Films gegenüber der anfänglichen Bedeckung (100 %) quantifiziert.

BEISPIELE

[0096] Alle Elektroden wurden vor der Elektrodeposition in ähnlicher Weise gereinigt, wobei die folgende Reihenfolge eingehalten wurde:

- Polieren mit Aluminiumoxidpaste (10 µm und 1 µm Partikelgröße) und Diamantpaste (0,1 µm Partikel) auf Stoffpads.
- Entfernung der restlichen Partikel durch Ultraschallreinigung in 2%-iger Alconox-Lösung bei 40 °C;
- Wiederholtes Waschen mit Wasser und Isopropanol.

[0097] Als Zusammensetzung beinhaltend i) mindestens ein zur Herstellung eines elektrisch leitfähigen Polymers geeignetes Monomer, ii) mindestens ein Lösungsmittel und iii) mindestens ein photoreaktiver Vernetzer wurde die von der Firma Heraeus Medical Components, Deutschland erhältliche Zusammensetzung „Ampliccoat®“ verwendet.

Beispiel 1 (pulsopotentiostatisches Verfahren)

[0098] In einer Vorrichtung, wie sie in **Fig. 4** gezeigt ist, wurde mit folgenden Parametern PEDOT aus einer „Ampliccoat®“-Zusammensetzung auf eine scheibenförmige Gold-Elektrode abgeschieden:

Anzahl der Pulse	24
Dauer t_1 Pulsteilphase PP₁	10 sec
elektrisches Potential EP(PP₁)	0,5 V
Dauer t_2 Pulsteilphase PP₂	5 sec
elektrisches Potential EP(PP₂)	1,1 V
Dauer t_0 Initiierungsphase	10 sec
elektrisches Potential EP₀ in der Äquilibrierungsphase	0,5 v

[0099] **Fig. 5** zeigt eine elektronenmikroskopische Aufnahme der in Beispiel 1 erhaltenen PEDOT-Beschichtung im Maßstab 500 : 1.

Beispiel 2 (pulsgalvanostatisches Verfahren)

[0100] In einer Vorrichtung, wie sie in **Fig. 4** gezeigt ist, wurde mit folgenden Parametern PEDOT aus einer „Ampliccoat®“-Zusammensetzung auf eine scheibenförmige Gold-Elektrode abgeschieden:

Anzahl der Pulse	24
Dauer t_1 Pulsteilphase PP₁	10 sec
Stromdichte SD(PP₁)	0 mA/cm ²
Dauer t_2 Pulsteilphase PP₂	5 sec
Stromdichte SD(PP₂)	1,3 mA/cm ²
Dauer t_0 Initiierungsphase	10 sec
Stromdichte SD₀ in der Äquilibrierungsphase	0 mA/cm ²

[0101] **Fig. 6** zeigt eine elektronenmikroskopische Aufnahme der in Beispiel 2 erhaltenen PEDOT-Beschichtung im Maßstab 500 : 1.

Vergleichsbeispiel (kontinuierliches galvanostatisches Verfahren)

[0102] In einer Vorrichtung, wie sie in **Fig. 4** gezeigt ist, wurde PEDOT bei einer konstanten Stromdichte von $1,3 \text{ mA/cm}^2$ über einen Zeitraum von 2 Minuten aus einer „Ampliccoat®“-Zusammensetzung auf eine scheibenförmige Gold-Elektrode abgeschieden. **Fig. 7** zeigt eine elektronenmikroskopische Aufnahme der in diesem Vergleichsbeispiel erhaltenen PEDOT-Beschichtung im Maßstab 1000 : 1.

[0103] Von dem in Beispiel 1 und 2 und dem im Vergleichsbeispiel erhaltenen Schichtkörper wurden jeweils die Schichtdicke der PEDOT-Schicht, deren Homogenität, die Filmmorphologie (über die in den **Fig. 5, 6** und **7** gezeigten elektronenmikroskopischen Aufnahmen) und die Adhäsion der PEDOT-Schichten an das Substrat ermittelt:

	Beispiel 1	Beispiel 2	Vergleichsbeispiel
Schichtdicke	1,3 μm	600 nm	400-900 nm
Homogenität der Schichtdicke	+	+	-
Filmmorphologie	+	++	-
Adhäsion	+	++	-

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Schichtkörper
- 2 Elektrisch leitfähiges Substrat
- 3 Schicht beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer
- 100 Elektrodepositionsvorrichtung
- 101 Behälter
- 102 Arbeitselektrode
- 103 Gegenelektrode
- 104 Referenzelektrode

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 2015031265 A1 [0004]
- US 4979959 [0040]
- US 5263992 [0040]
- US 5512329 [0040]
- US 6278018 [0043]
- US 20120046384 A1 [0043]
- US 10800931 B2 [0070, 0090, 0091]
- US 5002582 [0074]

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zur Herstellung eines Schichtkörpers (1), wobei der Schichtkörper (1) ein elektrisch leitfähiges Substrat (2) umfasst, dessen Oberfläche mindestens teilweise mit einer Schicht (3) beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer beschichtet ist, wobei das Verfahren folgende Verfahrensschritte umfasst:

- a) Bereitstellen des elektrisch leitfähigen Substrates (2);
- b) in Kontakt bringen mindestens eines Teiles der Oberfläche des elektrisch leitfähigen Substrates (2) mit einer Zusammensetzung beinhaltend
 - i) mindestens ein zur Herstellung eines elektrisch leitfähigen Polymers geeignetes Monomer,
 - ii) mindestens ein Lösungsmittel,
 - iii) gegebenenfalls mindestens ein Vernetzer, bevorzugt ein photoreaktiver Vernetzer;
- c) Anlegen eines elektrischen Potentials zwischen dem elektrisch leitfähigen Substrat (2) und der Zusammensetzung, so dass das mindestens ein Monomer i) unter Bildung eines elektrisch leitfähigen Polymers polymerisiert und das gebildete elektrisch leitfähige Polymer in Form einer dieses Polymer beinhaltenden Schicht (3) auf mindestens einem Teil der Oberfläche des elektrisch leitfähigen Substrates (2) abgeschiedenen wird;
 - wobei das Anlegen des elektrischen Potentials eine aufeinanderfolgende Pulse aufweisende Pulsphase PP umfasst, wobei jeder Puls der Pulsphase PP eine Pulsteilphase PP_1 mit einer Phasendauer t_1 und eine Pulsteilphase PP_2 mit einer Phasendauer t_2 umfasst,
 - wobei die Pulsteilphase PP_1 durch ein elektrisches Potential $EP(PP_1)$ und durch eine durch das elektrisch leitfähige Substrat (2) geführte Stromdichte $SD(PP_1)$ gekennzeichnet ist;
 - wobei die Pulsteilphase PP_2 durch ein elektrisches Potential $EP(PP_2)$ und durch eine durch das elektrisch leitfähige Substrat (2) geführte Stromdichte $SD(PP_2)$ gekennzeichnet ist;
 - wobei $EP(PP_1) < EP(PP_2)$ und/oder $SD(PP_1) < SD(PP_2)$ ist;
- d) gegebenenfalls in Kontakt bringen der in Verfahrensschritt c) erhaltenen Schicht (3) beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer mit mindestens einem Vernetzer, bevorzugt einem photoreaktiven Vernetzer;
- e) gegebenenfalls Applizieren elektromagnetischer Strahlung auf die Schicht (3) beinhaltend das elektrisch leitfähige Polymer, um eine Photoreaktion der mindestens einen photoreaktiven Vernetzer iii) zu bewirken.

2. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei $EP(PP_1) < EP(PP_2)$ ist und wobei während der Pulsteilphase PP_1 und der Pulsteilphase PP_2 das elektrische Potential innerhalb der jeweiligen Pulsteilphase konstant ist.

3. Das Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das elektrische Potential $EP(PP_1)$ während der Pulsteilphase PP_1 in einem Bereich von 0,2 bis 0,8 V und das elektrische Potential $EP(PP_2)$ während der Pulsteilphase PP_2 in einem Bereich von 0,8 bis 1,4 V liegt.

4. Das Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei t_1 in einem Bereich von 1 bis 15 sec und t_2 in einem Bereich von 1 bis 10 sec liegt.

5. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei $SD(PP_1) < SD(PP_2)$ ist und wobei während der Pulsteilphase PP_1 und der Pulsteilphase PP_2 die durch das elektrisch leitfähige Substrat (2) geführte Stromdichte innerhalb der jeweiligen Pulsteilphase konstant ist.

6. Das Verfahren nach Anspruch 1 oder 5, wobei der Betrag der durch das elektrisch leitfähige Substrat (2) geführten Stromdichte $|SD(PP_1)|$ während der Pulsteilphase PP_1 kleiner als $0,4 \text{ mA/cm}^2$ ist und der Betrag der durch das elektrisch leitfähige Substrat (2) geführten Stromdichte $|SD(PP_2)|$ während der Pulsteilphase PP_2 in einem Bereich von $0,9$ bis $1,7 \text{ mA/cm}^2$ liegt.

7. Das Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, wobei t_1 in einem Bereich von 1 bis 15 sec und t_2 in einem Bereich von 1 bis 10 sec liegt.

8. Das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Pulsphase PP mindestens 2 Pulse umfasst.

9. Das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die einzelnen Pulse der Pulsphase PP derart aufeinander folgen, dass auf die Pulsteilphase PP_1 die Pulsteilphase PP_2 und auf die Pulsteilphase PP_2 die Pulsteilphase PP_1 folgt.

10. Das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Pulsphase PP eine Gesamtdauer von 30 sec bis 20 min aufweist.

11. Das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das elektrisch leitfähige Substrat (2) ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Gold, Nickel, Cobalt, Iridium, Titan, Wolfram, Stahl, Platin, Silizium und Legierungen aus mindestens zwei dieser Metalle.

12. Das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das zur Herstellung eines elektrisch leitfähigen Polymers geeignete Monomer i) ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus 3,4-Ethylenedioxythiophen oder einem Derivat davon, Pyrrol oder einem Derivat davon, Anilin oder einem Derivat davon oder einer Kombination aus mindestens zwei dieser Monomere.

13. Das Verfahren nach Anspruch 12, wobei das zur Herstellung eines elektrisch leitfähigen Polymers geeignete Monomer i) 3,4-Ethylenedioxythiophen oder ein Derivat davon ist.

14. Das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Vernetzer iii) mindestens ein anionisches photoreaktives hydrophiles Polymer beinhaltend Polyacrylamid und photoreaktive Gruppen umfasst.

15. Das Verfahren nach Anspruch 14, wobei das mindestens eine anionische photoreaktive hydrophile Polymer Sulfonat-Gruppen aufweist.

16. Das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Vernetzer iii) mindestens ein anionisches photoreaktives Vernetzungsmittel beinhaltet, welches Sulfonat-Gruppen, Carboxylat-Gruppen, Phosphonat-Gruppen, Phosphat-Gruppen oder Kombinationen dieser Gruppen aufweist.

17. Das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Vernetzer iii) mindestens ein photoreaktives und nicht-geladenes hydrophiles Polymer beinhaltet.

18. Das Verfahren nach Anspruch 17, wobei das mindestens eine photoreaktive und nicht-geladene hydrophile Polymer ein photoreaktives 1-Vinyl-2-pyrrolidon-Derivat ist.

19. Das Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, wobei das Lösungsmittel ii) ein aprotisches organisches Lösungsmittel, ein polares organisches Lösungsmittel oder eine Mischung hieraus ist.

20. Das Verfahren nach Anspruch 19, wobei das Lösungsmittel ii) ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Acetonitril, Dichlormethan, Dimethylsulfoxid, Aceton, Dimethylformamid, Isopropanol, Methanol, Ethanol, Wasser und Mischungen aus mindestens zwei dieser Lösungsmittel.

21. Das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die in Verfahrensschritt b) eingesetzte Zusammensetzung eine oberflächenaktive Verbindung iv) beinhaltet.

22. Das Verfahren nach Anspruch 21, wobei die oberflächenaktive Verbindung iv) ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Poloxameren, Polyoxyethylenalkylethern, Polysorbitan, Polyoxyethylen-Derivaten von Sorbitanmonolaurat und Mischungen aus mindestens zwei dieser Verbindungen.

23. Das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 22, wobei die in Verfahrensschritt e) applizierte elektromagnetische Strahlung UV-Licht in einem Wellenlängenbereich von 260 bis 400 nm ist.

24. Ein Schichtkörper (1), erhältlich durch das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 23.

25. Ein Schichtkörper (1) umfassend ein elektrisch leitfähiges Substrat (2) und eine Schicht (3) beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer, die auf mindestens einem Teil der Oberfläche des elektrisch leitfähigen Substrates (2) abgeschieden ist, wobei der Schichtkörper (1) mindestens eine der folgenden Eigenschaften aufweist:

(α) eine gemäß der hierin beschriebenen Testmethode bestimmte Ladungsspeicherkapazität, in kathodischer Phase gemessen, in einem Bereich von -10 bis -100 mC/cm²;

(β) eine gemäß der hierin beschriebenen Testmethode bei einer Frequenz von 1 Hz bestimmte Impedanz |Z| in einem Bereich von 0,3 bis 20 kOhm;

(γ) eine Dicke der Schicht (3) beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer in einem Bereich von 100 bis 3.000 nm;

(δ) eine Homogenität $(d_{\max}-d_{\min})/d_{\text{mittel}}$ der Dicke der Schicht (3) beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer von weniger als 1,4, wobei d_{\min} die minimale Dicke der Schicht (3), d_{\max} die maximale Dicke der

Schicht (3) und d_{mittel} der Mittelwert der Dicke der Schicht (3) innerhalb des mit der Schicht (3) beschichteten Teils des elektrisch leitfähigen Substrates (2) ist;
(ϵ) eine Oberflächenrauigkeit der Schicht (3) beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer in einem Bereich von 10 bis 1.000 nm;
(ζ) ein gemäß der hierin beschriebenen Testmethode bestimmtes Ablösen der Schicht (3) beinhaltend ein elektrisch leitfähiges Polymer von weniger als 50%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Schicht (3) im Schichtkörper (1).

26. Der Schichtkörper (1) nach Anspruch 24 oder 25, wobei der Schichtkörper (1) eine Elektrode oder Teil einer Elektrode für eine medizinische Vorrichtung ist.

27. Eine medizinische Vorrichtung beinhaltend einen Schichtkörper (1) nach Anspruch 24 oder 25 als Elektrode oder Teil einer Elektrode.

28. Verwendung eines Schichtkörpers (1) nach einem der Ansprüche 24 bis 26 als Elektrode oder Teil einer Elektrode in einer medizinischen Vorrichtung.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

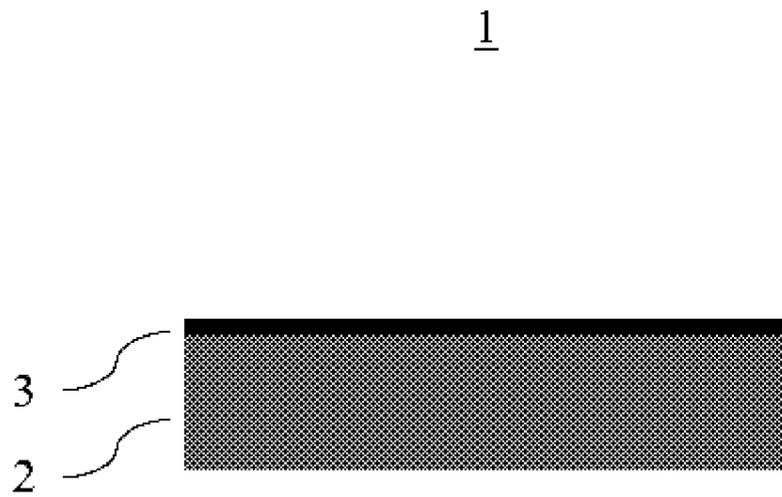


Fig. 1

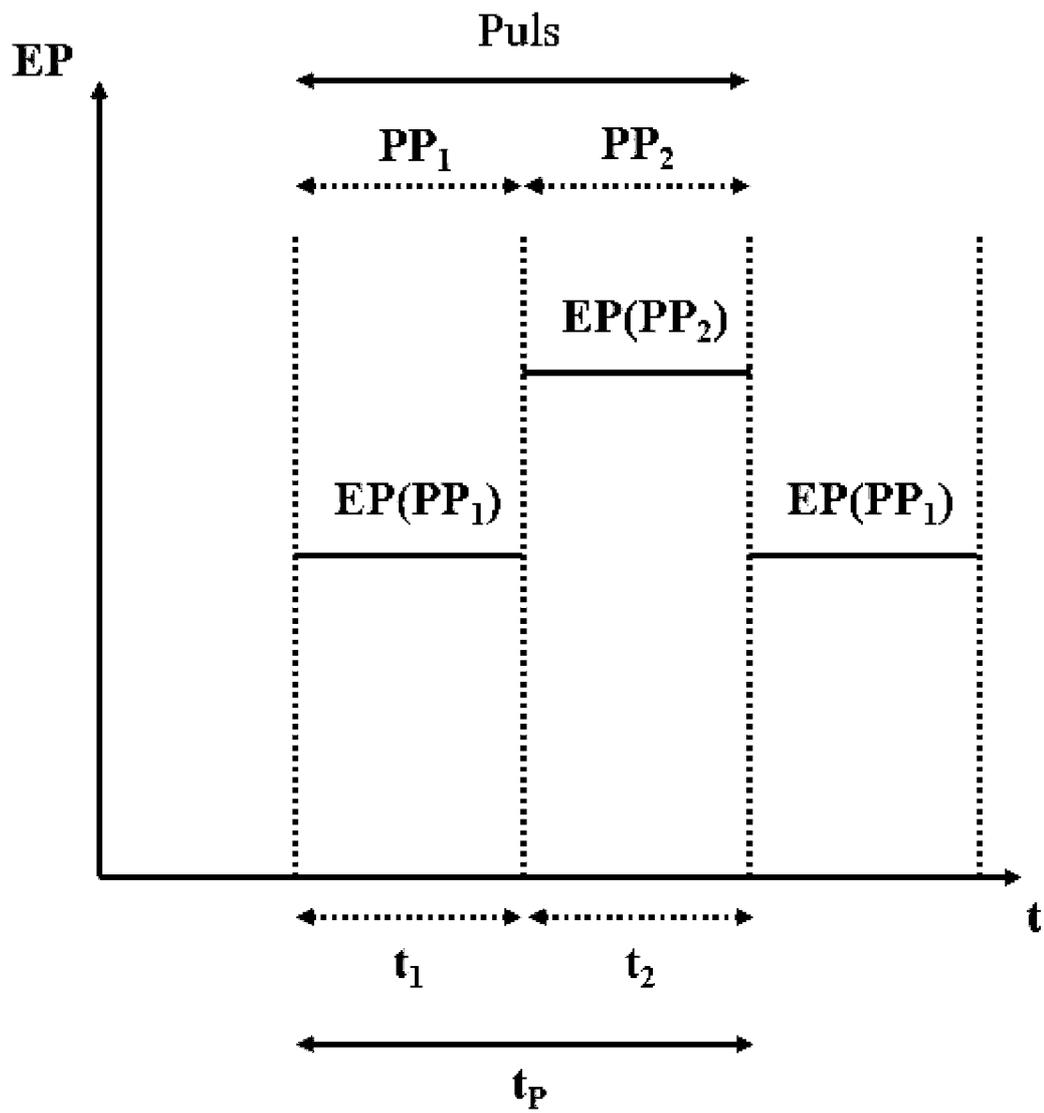


Fig. 2

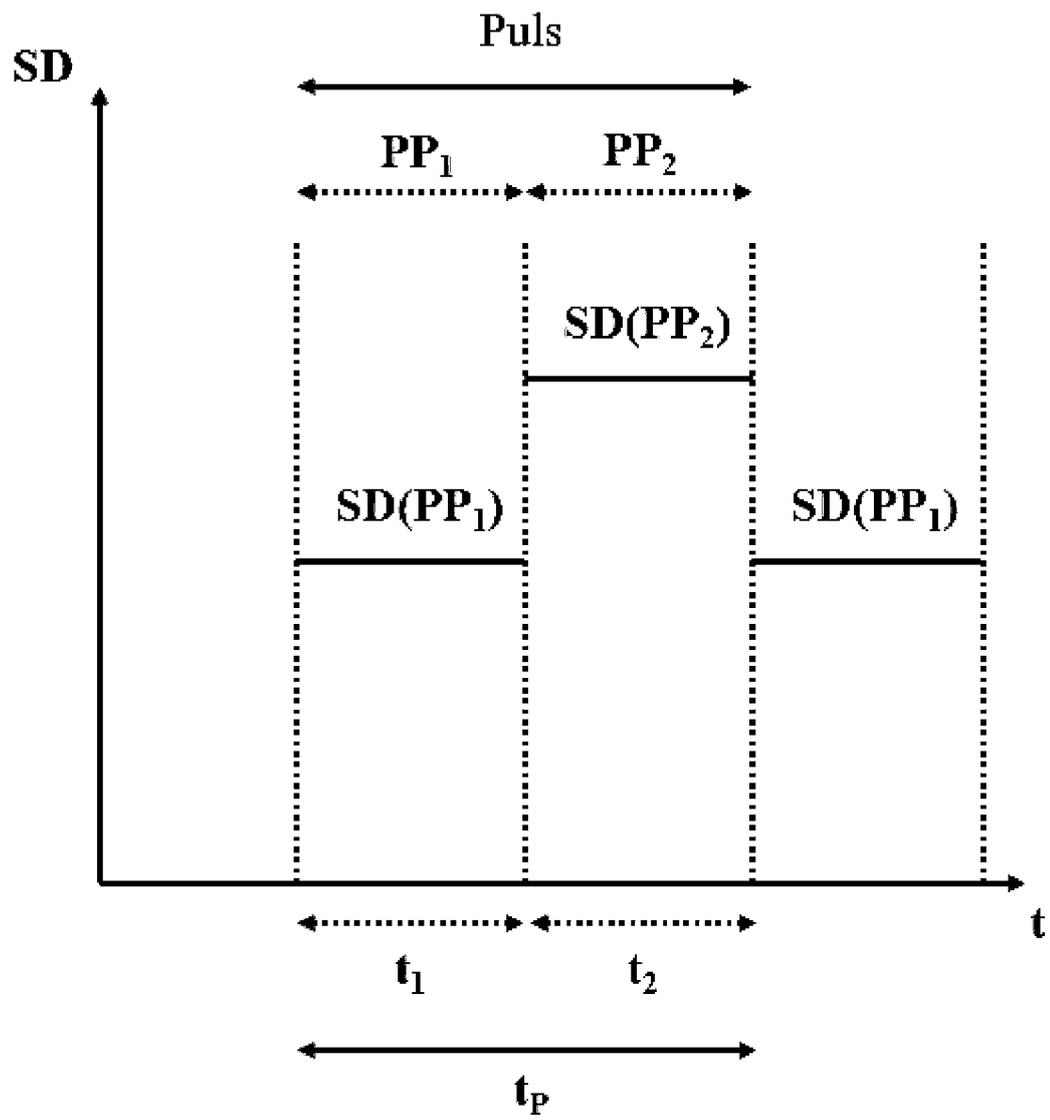


Fig. 3

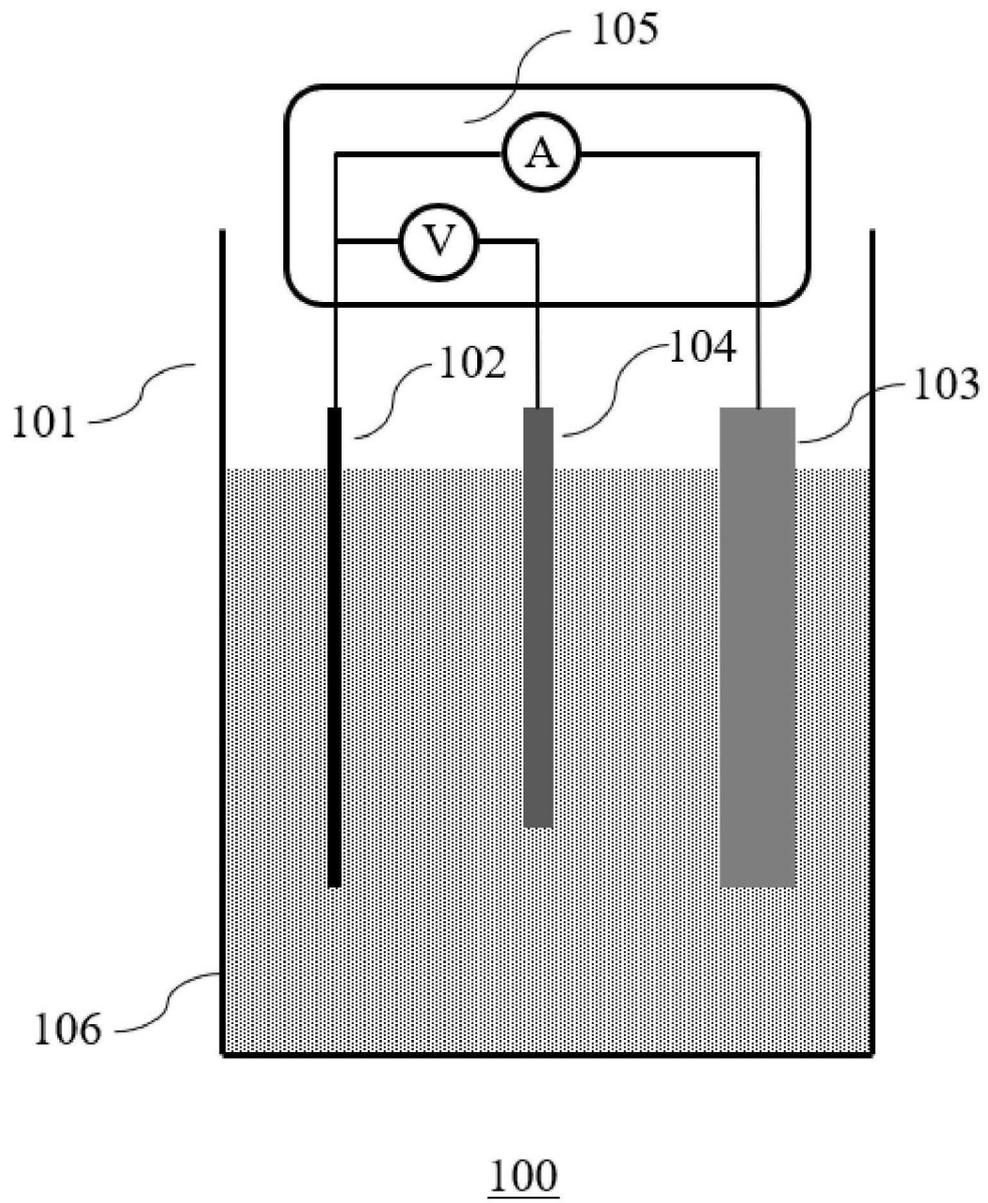


Fig. 4

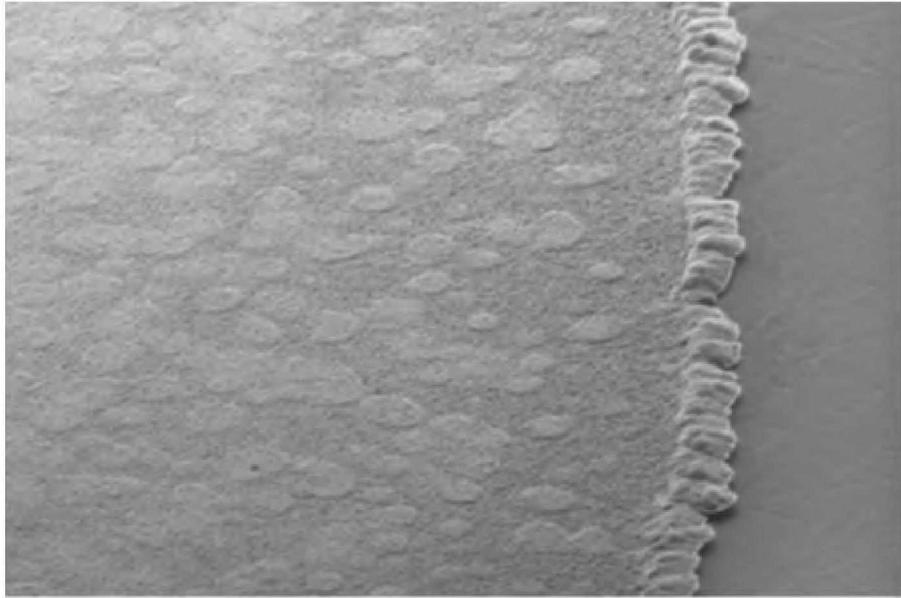


Fig. 5

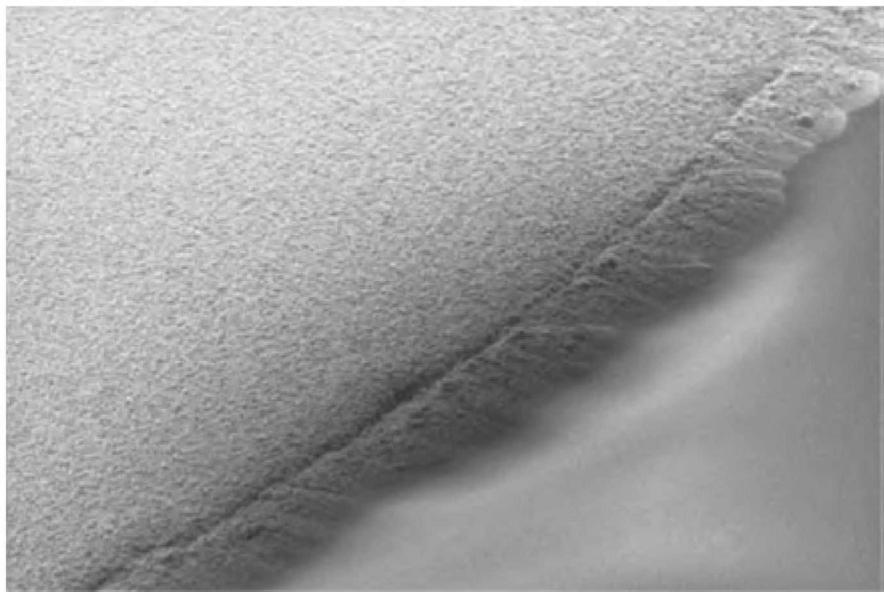


Fig. 6

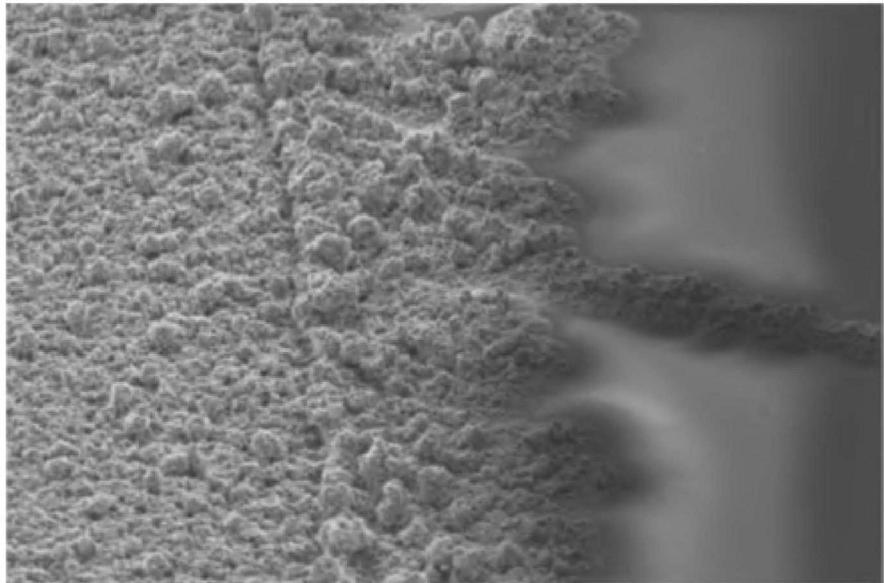


Fig. 7