



(10) **DE 10 2010 040 826 A1** 2012.03.15

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 040 826.3**

(22) Anmeldetag: **15.09.2010**

(43) Offenlegungstag: **15.03.2012**

(51) Int Cl.: **C08J 5/12 (2006.01)**
C08J 7/04 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden
e.V., 01069, Dresden, DE**

(72) Erfinder:

**Nagel, Jürgen, 01277, Dresden, DE; Zimmerer,
Cordelia, 01277, Dresden, DE; Heinrich, Gert,
30163, Hannover, DE**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Rauschenbach, 01187, Dresden,
DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 10 2006 019 137 A1
US 2009 / 0 202 714 A1
US 2010 / 0 227 094 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Immobilisierung von Nanopartikeln auf thermoplastischen
Kunststoffoberflächen**

(57) Zusammenfassung: Die Aufgabe bezieht sich auf das Gebiet der Chemie und betrifft ein Verfahren, mit dem beispielsweise Sensoroberflächen hergestellt werden können. Die Aufgabe der vorliegenden Lösung besteht darin, ein Verfahren zur Immobilisierung von Nanopartikeln auf thermoplastischen Kunststoffoberflächen anzugeben, mittels dessen die Nanopartikel dauerhaft immobilisiert werden. Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren, bei dem in oder auf ein polymeres Matrixmaterial mit funktionellen Gruppen Nanopartikel ein- oder aufgebracht werden, das Matrixmaterial und die Nanopartikel zusammen oder getrennt ein- oder mehrmals auf eine Zwischenoberfläche aufgebracht werden, und nachfolgend ein erweichter und/oder aufgeschmolzener thermoplastischer Kunststoff mit dem Matrixmaterial in Kontakt gebracht und anschließend die Zwischenoberfläche entfernt wird.

Die Aufgabe wird weiterhin gelöst durch immobilisierte Nanopartikel, bei denen die Nanopartikel durch ein Netzwerk aus einem polymeren Matrixmaterial mit funktionellen Gruppen auf der Oberfläche von thermoplastischen Kunststoffen fixiert und immobilisiert sind.

Beschreibung

[0001] Die Aufgabe bezieht sich auf die Gebiete der Chemie und der Materialwissenschaften und betrifft ein Verfahren zur Immobilisierung von Nanopartikeln auf thermoplastischen Kunststoffoberflächen, mit dem beispielsweise Sensoroberflächen hergestellt werden können, oder die immobilisierten Nanopartikel können als Katalysatoren oder als Precursoren für Oberflächenverfahren, wie das Metallisieren, eingesetzt.

[0002] Nach dem Stand der Technik sind verschiedene Verfahren zum Aufbringen von Nanopartikeln auf Kunststoffoberflächen für die verschiedensten Verwendungen bekannt.

[0003] Nach der DE 10 2008 063 205 A1 sind Nanopartikelschichten auf Oberflächen für die Verwendung als Dünnschichtsolarzellen bekannt. Für die Erzeugung dieser Schichten wird auf die bekannten Verfahren, wie Spin-Coating, Tauchen oder Gießen hingewiesen. Damit werden die Nanopartikelschichten direkt auf der Kunststoffoberfläche abgeschieden.

[0004] Nach der DE 10 2006 005 614 A1 werden ebenfalls Nanopartikel auf eine Oberfläche aufgebracht, die eine selbstreinigende Struktur bilden. Die selbstreinigende Struktur wird durch zwei übereinander angeordnete nanopartikuläre Lagen gebildet, wobei die eine Lage mit der Oberfläche fest verbunden ist.

[0005] Gemäß der DE 10 2007 033 753 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines an seiner Oberfläche mit metallischen Nanopartikeln versehenes ultrahydrophobes Substrat bekannt, bei dem das ultrahydrophobe Substrat bereitgestellt und eine Precursorschicht auf dem Substrat aufgebracht wird und metallische Nanopartikel aus der Precursorschicht abgeschieden werden. Die Aufbringung der Precursorschicht kann beispielsweise durch Sprühen, Tauchen, Rakeln, Pinseln, Offsetdruck, Siebdruck oder Schablonendruck erfolgen.

[0006] Auch bekannt ist aus der DE 10 2004 008 065 A1 ein Verfahren zur Integration von kolloidal erzeugten Nanopartikeln in epitaktischen Schichten, bei dem die Nanopartikel in eine Trägerlösung eingebracht werden, die Trägerlösung auf die Oberfläche einer ersten epitaktischen Schicht aufgebracht und verdampft wird, wodurch sich die Nanopartikel auf der Oberfläche der ersten epitaktischen Schicht isoliert voneinander anlagern, und die Nanopartikel anschließend mittels einer zweiten epitaktischen Schicht überwachsen werden.

[0007] Aus der DE 10 2007 061 624 A1 ist ein Verfahren zur Beschichtung von Oberflächen mit Mikro-

und Nanopartikeln mit Hilfe von Plasmaverfahren bekannt. Dabei wird eine Plasmabehandlung der Oberfläche durchgeführt, Mikro- und Nanopartikel werden aufgebracht und durch eine Plasmabehandlung auf der Oberfläche fixiert.

[0008] Weiterhin ist bekannt, Nanopartikel durch eine Polymerschmelze zu immobilisieren (Langmuir, 2007, 23 (26), pp 13169–13173). Dazu werden Nanopartikel auf einer Substratoberfläche erzeugt und darauf eine Polymerschicht mit einer Dicke von einigen Nanometern abgeschieden. Beim Schmelzen der Polymerschicht werden die Nanopartikel durch die Schmelze umhüllt. Da die Schmelze auf der Oberfläche des Substrates gut haftet, sind die Nanopartikel nach Erstarren der Schmelze dauerhaft immobilisiert. An das Polymer werden hierbei besondere Anforderungen gestellt. Die Präparation einer dünnen Folie ist mit einigen Problemen verbunden. Beim Schmelzen einer dünnen Folie kommt es oft zu Entnetzungen, wodurch der Film aufreißt und die immobilisierende Wirkung hinfällig wird. Dadurch ist das Verfahren nicht allgemein und im breiten Maße einsetzbar.

[0009] Nach der DE 10 2008 030 910 A1 ist eine Einrichtung und ein Verfahren zum Nachweis einer Substanz mittels Partikel-Plasmonen-Resonanz (PPR) oder Partikel-vermittelter Fluoreszenz auf der Basis von Zelloberflächenpolarisierungen bekannt. Danach werden funktionalisierte Nanopartikel aus einer Lösung selektiv an funktionalisierte Oberflächen gebunden, um sie als Sensoren zu nutzen.

[0010] Gemäß J. of Nanoparticle Res. Vol. 11, No 8, Nov. 2009, 2013–2022 werden Goldnanopartikel aus einer Lösung spezifisch an eine Schicht gebunden, die Thiol-Endgruppen enthält. Infolge kovalenter Kopplung haften die Nanopartikel. Allerdings werden dadurch Oberflächenbereiche besetzt. Nanopartikel können aber auch aufgrund elektrostatischer Kräfte an der Oberfläche adsorbieren, wenn die Oberfläche Aminogruppen enthält und der pH-Wert entsprechend eingestellt ist.

[0011] Nach allen diesen Lösungen des Standes der Technik werden die Nanopartikel direkt auf eine Oberfläche aufgebracht. Die Oberfläche selbst wird dabei nicht verändert.

[0012] Weiterhin ist nach der DE 10 2006 029 572 A1 ein Verfahren zum Erzeugen eines Bauteils mit einer nanostrukturierten Beschichtung sowie eines Verfahrens zur Herstellung eines Granulats beziehungsweise einer Polymerfolie, geeignet für das Verfahren zum Beschichten bekannt. Dazu wird eine mit Nanopartikeln gefüllte Polymerfolie hergestellt, diese Folie auf die zu beschichtende Oberfläche aufgebracht und das die Folie bildende Polymer entfernt. Die Entfer-

nung der Folie kann durch eine Wärmebehandlung oder mittels Laser oder einem Partikelstrahl erfolgen.

[0013] Der Nachteil dieses Verfahren besteht darin, dass es nur anwendbar ist, wenn die physikalischen Unterschiede zwischen den Nanopartikeln und dem Polymermaterial ausreichend groß sind, damit bei der Polymerentfernung nicht auch die Nanopartikel mit entfernt werden.

[0014] Nachteilig bei allen bekannten Verfahren ist, dass eine aufwändige Prozessführung zur Aufbringung von Nanopartikeln auf eine Oberfläche erforderlich ist und die Immobilisierung entweder nicht ausreichend permanent, also dauerhaft ist, oder durch die chemische Anbindung der Nanopartikel mittels Matrixmaterialien eine großflächige Abdeckung der Substratoberfläche und auch der Nanopartikel realisiert wird.

[0015] Die Aufgabe der vorliegenden Lösung besteht darin, ein Verfahren zur Immobilisierung von Nanopartikeln auf thermoplastischen Kunststoffoberflächen anzugeben, mittels dessen die Nanopartikel dauerhaft immobilisiert werden und gleichzeitig sowohl die Kunststoffoberfläche als auch die Nanopartikel für weitere Behandlungen und/oder Funktionalisierungen zumindest teilweise zugänglich sind.

[0016] Die Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen angegebene Erfindung gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0017] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Immobilisierung von Nanopartikeln auf thermoplastische Kunststoffoberflächen wird ein im Wesentlichen polymeres Matrixmaterial mit funktionellen Gruppen zur Reaktion mit dem thermoplastischen Kunststoff eingesetzt, Nanopartikel werden in das Matrixmaterial eingebracht oder auf das Matrixmaterial aufgebracht, das Matrixmaterial mit den Nanopartikeln oder Nanopartikel und das Matrixmaterial getrennt nacheinander jeweils ein- oder mehrmals auf eine Zwischenoberfläche aufgebracht, und nachfolgend ein erweichter und/oder aufgeschmolzener thermoplastischer Kunststoff mindestens mit dem Matrixmaterial in Kontakt gebracht und anschließend die Zwischenoberfläche entfernt.

[0018] Vorteilhafterweise werden als Nanopartikel anorganische Partikel und/oder Partikel mit einer Kern-Schale-Struktur eingesetzt werden, wobei noch vorteilhafterweise als anorganische Partikel Metalle, Glas, mineralische Verbindungen oder Kunststoffe eingesetzt werden.

[0019] Weiterhin vorteilhafterweise wird als Matrixmaterial ein oder eine Mischung von Polymeren mit oder ohne Zusätze eingesetzt, wobei noch vorteilhaft-

erweise als Zusätze Vernetzungsmittel eingesetzt werden.

[0020] Ebenfalls vorteilhafterweise werden Polymere mit funktionellen kationischen Gruppen, wie vorteilhafterweise Ammoniumgruppen, noch vorteilhafterweise Polyethylenimin, eingesetzt werden.

[0021] Und auch vorteilhafterweise wird als Matrixmaterial eine Verbindung mit dem Aufbau X-Spacer-Y eingesetzt, wobei der Spacer ein Molekülrest ist, der nicht reaktiv gegenüber Aminogruppen ist, und X und Y chemische Gruppen sind, die in Abhängigkeit von der Temperatur mit Aminogruppen reagieren.

[0022] Vorteilhaft ist es auch, wenn als Zwischenoberfläche die Oberfläche von Werkzeugen eingesetzt wird, die zur Formgebung von thermoplastischen Kunststoffen eingesetzt werden.

[0023] Weiterhin vorteilhaft ist es, wenn das Matrixmaterial mit den Nanopartikeln mittels Spin-Coating, Tauchen, Sprühen, Schleudern oder Rakeln auf die Zwischenoberfläche aufgebracht wird.

[0024] Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn das Matrixmaterial ohne Nanopartikel oder die Nanopartikel ohne Matrixmaterial durch elektrostatische Adsorption, Spin-Coating, Tauchen, Sprühen, Schleudern oder Rakeln ein- oder mehrmalig auf die Zwischenoberfläche aufgebracht werden.

[0025] Und auch vorteilhaft ist es, wenn ein aufgeschmolzener thermoplastischer Kunststoff, vorteilhafterweise ein mit Ammoniumgruppen reagierender Kunststoff, noch vorteilhafterweise ein aufgeschmolzenes Polycarbonat, aufgebracht wird.

[0026] Von Vorteil ist es auch, wenn ein aufgeschmolzener thermoplastischer Kunststoff während einer thermoplastischen Formgebung eingesetzt wird.

[0027] Und auch von Vorteil ist es, wenn eine Beschichtung der Zwischenoberfläche mit Matrixmaterial und Nanopartikeln bis 100 nm Dicke aufgebracht wird.

[0028] Bei den erfindungsgemäßen immobilisierten Nanopartikeln auf thermoplastische Kunststoffoberflächen sind die Nanopartikeln auf der Oberfläche von thermoplastisch verarbeiteten Kunststoffen durch ein Netzwerk aus einem im Wesentlichen polymeren Matrixmaterial mit funktionellen Gruppen, die thermisch initiiert mit dem thermoplastischen Kunststoff reagiert und kovalente oder mechanischen Bindungen mit dem thermoplastischen Kunststoff ausgebildet haben, auf der Oberfläche des thermoplastischen Kunststoffen fixiert und immobilisiert.

[0029] Mit der vorliegenden Lösung wird es erstmals möglich, Nanopartikel dauerhaft auf Kunststoffoberflächen zu immobilisieren und gleichzeitig sowohl die Nanopartikel als auch die Kunststoffoberfläche für weitere Behandlungen und/oder Funktionalisierungen zumindest teilweise zugänglich zu machen.

[0030] Erreicht wird dies, indem die Nanopartikel mit einem Matrixmaterial auf eine Zwischenoberfläche aufgebracht werden. Bei der Zwischenoberfläche handelt es sich in jedem Fall um einen Feststoff.

[0031] Das Matrixmaterial weist funktionelle Gruppen auf, die befähigt sind, mit dem thermoplastischen Kunststoff reagieren zu können. Derartige funktionelle Gruppen können vorteilhafterweise kationische Gruppen, und noch vorteilhafterweise Ammoniumgruppen sein.

[0032] Die Nanopartikel können anorganische Partikel, wie Metalle, Glas, mineralische Verbindungen oder Kunststoffe sein, die einerseits in ihrem Aufbau homogen oder auch als Partikel mit einer Kern-Schale-Struktur eingesetzt werden können. Die durchschnittliche Partikelgröße der Nanopartikel kann von wenigen Nanometern bis 100 nm betragen. Ebenfalls kann die Partikeloberfläche der Nanopartikel mit Beschichtungen und/oder Funktionalisierungen versehen sein.

[0033] Die Nanopartikel können vorab ganz oder teilweise in das Matrixmaterial eingemischt worden sein und dieses Matrixmaterial wird gemeinsam mit den Nanopartikeln auf die Zwischenoberfläche aufgebracht. Es ist aber auch möglich, das Matrixmaterial und die Nanopartikel getrennt voneinander nacheinander auf die Zwischenoberfläche aufzubringen. Dabei kann zuerst das Matrixmaterial oder auch eine Schicht aus Nanopartikeln auf die Zwischenoberfläche aufgebracht werden und nachfolgend die jeweils andere Schicht. Vorteilhafterweise wird direkt auf die Zwischenoberfläche die Matrixmaterialschicht und dann die Nanopartikelschicht aufgebracht. Es können jeweils mehrere Schichten nacheinander aufgebracht werden, wobei die Nanopartikelschicht immer die oberste Schicht weg von der Zwischenoberfläche bildet und vorzugsweise jeweils nur je eine Schicht von Matrixmaterial und Nanopartikeln aufgebracht wird.

[0034] Das Matrixmaterial und die Nanopartikel können gemeinsam oder getrennt durch verschiedene Verfahren auf die Zwischenoberfläche aufgebracht werden. Vorteilhafterweise werden aus Matrixmaterial und/oder Nanopartikeln eine Suspension hergestellt und diese Suspensionen können dann durch elektrostatische Adsorption, Spin-Coating, Tauchen, Sprühen, Schleudern oder Rakeln auf die Zwischenoberfläche aufgebracht werden. Die Schichtdicke

kann dabei zwischen nanopartikulären Lagen bis zu insgesamt einer 100 nm dicken Beschichtung variieren.

[0035] Vorteilhafterweise kann im Falle, dass das Matrixmaterial kationische Gruppen enthält und das Matrixmaterial aus einer wässrigen Lösung auf die Zwischenoberfläche adsorbiert wird, durch Polyelektrolytadsorption eine definierte Monoschicht des Matrixmaterials mit oder ohne Nanopartikel auf der Zwischenoberfläche abgeschieden werden.

[0036] Nach der Aufbringung des Matrixmaterials und der Nanopartikel kann durch eine Trocknung der beschichteten Oberfläche beispielsweise ein Lösungsmittel oder Dispergiermittel, wie Wasser, entfernt werden.

[0037] Die Zwischenoberfläche ist vorteilhafterweise die Oberfläche eines Werkzeuges für die Formgebung von thermoplastischen Kunststoffen.

[0038] Nachdem die Beschichtung der Zwischenoberfläche erfolgt ist, wird die aufgebrachte Beschichtung aus Matrixmaterial und Nanopartikeln mit einem erweichten und/oder aufgeschmolzenen thermoplastischen Kunststoff in Kontakt gebracht. Dies erfolgt vorteilhafterweise bei der Formgebung von thermoplastischen Kunststoffen in einem Spritzgießwerkzeug. Der erwärmte thermoplastische Kunststoff wird in die Form gepresst und trifft dort auf die beschichtete Werkzeugoberfläche.

[0039] Bei dem Kontakt des erweichten und/oder aufgeschmolzenen thermoplastischen Kunststoffes mit dem Matrixmaterial erfolgt eine thermisch initiierte Reaktion, die bei dem Matrixmaterial dazu führt, dass sich ein Netzwerk ausbildet, welches kovalent oder mechanisch mit dem thermoplastischen Kunststoff gebunden vorliegt.

[0040] Das Matrixmaterial bildet ein Netzwerk von miteinander verschlauften und/oder auch miteinander vernetzten Polymeren aus, welches über den Nanopartikeln liegt und eine dauerhafte Bindung mit der thermoplastischen Kunststoffoberfläche ausgebildet hat. Durch das Netzwerk, dessen Maschenweite im Wesentlichen kleiner ist als die durchschnittliche Partikelgröße der Nanopartikel, werden die Nanopartikel auf der thermoplastischen Kunststoffoberfläche dauerhaft immobilisiert. Trotzdem sind durch die Maschen des Netzwerkes sowohl die Oberfläche der Nanopartikel als auch die Kunststoffoberfläche für weitere Behandlungen und/oder Funktionalisierungen zugänglich. Beispielsweise können funktionelle Gruppen an die Partikeloberflächen angebunden werden, oder dort vorher befindliche funktionelle Gruppen können für Reaktionen ausgenutzt werden.

[0041] Vorteilhafterweise bildet das Matrixmaterial ein Netzwerk aus miteinander vernetzten Polymeren aus, die wiederum kovalent mit der thermoplastischen Kunststoffoberfläche verbunden sind. Die Vernetzung der Polymeren erfolgt während der Inkontaktbringung mit dem erweichten und/oder aufgeschmolzenen thermoplastischen Kunststoff durch thermische Initiierung. Verstärkt kann diese Vernetzungsreaktion werden durch den Einsatz von Vernetzungsmitteln in dem Matrixmaterial.

[0042] Nach dem Inkontaktbringen der beschichteten Zwischenoberfläche mit dem erweichten und/oder aufgeschmolzenen thermoplastischen Kunststoff wird der Kunststoff von der Zwischenoberfläche entfernt. Nunmehr liegt eine thermoplastische Kunststoffoberfläche vor, auf der Nanopartikel durch ein polymeres Netzwerk dauerhaft immobilisiert sind, jedoch für weitere Behandlungen und/oder Funktionalisierungen durch die Netzwerkmaschen hindurch zugänglich.

[0043] Nachfolgend wird die Erfindung an mehreren Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Beispiel 1

[0044] Eine Stahlplatte als Zwischenoberfläche wird für 5 min in eine 1%ige wässrige Lösung aus hochverzweigtem Polyethylenimin als Matrixmaterial getaucht und nachfolgend mit Wasser abgespült. Nachfolgend wird diese Stahlplatte für 2 h in eine 1%ige wässrige kolloide Lösung mit Goldnanopartikeln getaucht. Danach haben sich auf der Oberfläche der Stahlplatte Goldpartikel abgeschieden. Anschließend wird die beschichtete Stahlplatte mit Wasser gespült und getrocknet.

[0045] Die Stahlplatte wird nun in ein Spritzgießwerkzeug eingelegt und eine Polycarbonatschmelze wird unter bekannten Bedingungen des Spritzgießens in das Werkzeug eingebracht. Nach dem Entformen des Polycarbonatformteiles befindet sich auf der Oberfläche des Formteiles, in dem Bereich, wo sich die Stahlplatte befunden hat eine Schicht aus Goldpartikeln in einem kovalent mit dem Polycarbonat gebundenen Netzwerk aus Polyethylenimin.

[0046] Die Beschichtung mit den Goldpartikeln ist dauerhaft stabil gegenüber intensiver Spülung mit Wasser oder einer anderen Flüssigkeit, die das Polycarbonat nicht angreift.

Beispiel 2

[0047] Die innere Oberfläche eines Spritzgießwerkzeuges als Zwischenoberfläche wird mit einer 1%igen wässrigen Lösung aus einem Polyvinylamin-Homopolymer oder einem -Copolymer (PVAm) besprüht. Nachfolgend wird diese innere Oberfläche

des Spritzgießwerkzeuges mit einer 1%igen wässrigen kolloiden Lösung mit Cadmiumsulfid(CdS)-Nanopartikeln besprüht. Danach haben sich auf der Oberfläche des Spritzgusswerkzeuges CdS-Partikel abgeschieden. Anschließend wird die beschichtete Oberfläche des Spritzgießwerkzeuges mit Wasser gespült und getrocknet.

[0048] Das Spritzgießwerkzeug wird mit einer Polyesterschmelze unter bekannten Bedingungen des Spritzgießens gefüllt. Nach dem Entformen des Formteiles befindet sich auf der Oberfläche des Formteiles eine Schicht aus CdS-Partikeln in einem kovalent mit dem Polyester gebundenen Netzwerk aus PVAm.

[0049] Die Beschichtung ist dauerhaft stabil gegenüber intensiver Spülung mit Wasser oder einer anderen Flüssigkeit, die das Polyester nicht angreift.

Beispiel 3

[0050] Eine Stahlplatte als Zwischenoberfläche wird für 5 min in eine 1%ige wässrige Lösung aus hochverzweigtem Polyethylenimin als Matrixmaterial getaucht und nachfolgend mit Wasser abgespült. Nachfolgend wird diese Stahlplatte für 2 h in eine 1%ige wässrige kolloide Lösung mit Fullerenen getaucht. Danach haben sich auf der Oberfläche der Stahlplatte Fullerene abgeschieden. Anschließend wird die beschichtete Stahlplatte mit Wasser gespült und getrocknet.

[0051] Die Stahlplatte wird nun in ein Spritzgießwerkzeug eingelegt und eine Polycarbonatschmelze wird unter bekannten Bedingungen des Spritzgießens in das Werkzeug eingebracht. Nach dem Entformen des Polycarbonatformteiles befindet sich auf der Oberfläche des Formteiles, in dem Bereich, wo sich die Stahlplatte befunden hat eine Schicht aus Fullerenen in einem kovalent mit dem Polycarbonat gebundenen Netzwerk aus Polyethylenimin.

[0052] Die Beschichtung ist dauerhaft stabil gegenüber intensiver Spülung mit Wasser oder einer anderen Flüssigkeit, die das Polycarbonat nicht angreift.

Beispiel 4

[0053] Eine Stahlplatte als Zwischenoberfläche wird für 5 min in eine 1%ige wässrige Lösung aus hochverzweigtem Polyethylenimin als Matrixmaterial getaucht und nachfolgend mit Wasser abgespült. Nachfolgend wird diese Stahlplatte für 2 h in eine 1%ige wässrige kolloide Lösung mit Titandioxid getaucht. Danach haben sich auf der Oberfläche der Stahlplatte Titandioxid abgeschieden. Anschließend wird die beschichtete Stahlplatte mit Wasser gespült und getrocknet.

[0054] Die Stahlplatte wird nun in ein Spritzgießwerkzeug eingelegt und eine Polycarbonatschmelze wird unter bekannten Bedingungen des Spritzgießens in das Werkzeug eingebracht. Nach dem Entformen des Polycarbonatformteiles befindet sich auf der Oberfläche des Formteiles, in dem Bereich, wo sich die Stahlplatte befunden hat eine Schicht aus Titandioxid in einem kovalent mit dem Polycarbonat gebundenen Netzwerk aus Polyethylenimin.

[0055] Die Beschichtung ist dauerhaft stabil gegenüber intensiver Spülung mit Wasser oder einer anderen Flüssigkeit, die das Polycarbonat nicht angreift.

ZITATE ENHALTEN 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

- DE 102008063205 A1 [0003]
- DE 102006005614 A1 [0004]
- DE 102007033753 A1 [0005]
- DE 102004008065 A1 [0006]
- DE 102007061624 A1 [0007]
- DE 102008030910 A1 [0009]
- DE 102006029572 A1 [0012]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Langmuir, 2007, 23 (26), pp 13169–13173 [0008]
- J. of Nanoparticle Res. Vol. 11, No 8, Nov. 2009, 2013–2022 [0010]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Immobilisierung von Nanopartikeln auf thermoplastische Kunststoffoberflächen, bei dem ein im Wesentlichen polymeres Matrixmaterial mit funktionellen Gruppen zur Reaktion mit dem thermoplastischen Kunststoff eingesetzt wird, Nanopartikel in das Matrixmaterial eingebracht oder auf das Matrixmaterial aufgebracht werden, das Matrixmaterial mit den Nanopartikeln oder Nanopartikel und das Matrixmaterial getrennt nacheinander jeweils ein- oder mehrmals auf eine Zwischenoberfläche aufgebracht werden, und nachfolgend ein erweichter und/oder aufgeschmolzener thermoplastischer Kunststoff mindestens mit dem Matrixmaterial in Kontakt gebracht und anschließend die Zwischenoberfläche entfernt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem als Nanopartikel anorganische Partikel und/oder Partikel mit einer Kern-Schale-Struktur eingesetzt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem als anorganische Partikel Metalle, Glas, mineralische Verbindungen oder Kunststoffe eingesetzt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem als Matrixmaterial ein oder eine Mischung von Polymeren mit oder ohne Zusätze eingesetzt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem Polymere mit funktionellen kationischen Gruppen, wie vorteilhafterweise Ammoniumgruppen, eingesetzt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem Polyethylenimin eingesetzt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem als Zusätze Vernetzungsmittel eingesetzt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem als Matrixmaterial eine Verbindung mit dem Aufbau X-Spacer-Y eingesetzt wird, wobei der Spacer ein Molekülrest ist, der nicht reaktiv gegenüber Aminogruppen ist, und X und Y chemische Gruppen sind, die in Abhängigkeit von der Temperatur mit Aminogruppen reagieren.

9. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem als Zwischenoberfläche die Oberfläche von Werkzeugen eingesetzt wird, die zur Formgebung von thermoplastischen Kunststoffen eingesetzt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Matrixmaterial mit den Nanopartikeln mittels Spin-Coating, Tauchen, Sprühen, Schleudern oder Rakeln auf die Zwischenoberfläche aufgebracht wird.

11. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Matrixmaterial ohne Nanopartikel oder die Nanopartikel

ohne Matrixmaterial durch elektrostatische Adsorption, Spin-Coating, Tauchen, Sprühen, Schleudern oder Rakeln ein- oder mehrmalig auf die Zwischenoberfläche aufgebracht werden.

12. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem ein aufgeschmolzener thermoplastischer Kunststoff, vorteilhafterweise ein mit Ammoniumgruppen reagierender Kunststoff, aufgebracht wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem ein aufgeschmolzenes Polycarbonat aufgebracht wird.

14. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem ein aufgeschmolzener thermoplastischer Kunststoff während einer thermoplastischen Formgebung eingesetzt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem eine Beschichtung der Zwischenoberfläche mit Matrixmaterial und Nanopartikeln bis 100 nm Dicke aufgebracht wird.

16. Immobilisierte Nanopartikel auf thermoplastische Kunststoffoberflächen, bei denen die Nanopartikel auf der Oberfläche von thermoplastisch verarbeiteten Kunststoffen durch ein Netzwerk aus einem im Wesentlichen polymeren Matrixmaterial mit funktionellen Gruppen, die thermisch initiiert mit dem thermoplastischen Kunststoff reagiert und kovalente oder mechanischen Bindungen mit dem thermoplastischen Kunststoff ausgebildet haben, auf der Oberfläche der thermoplastischen Kunststoffe fixiert und immobilisiert sind.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen