



(10) **DE 10 2017 007 858 A1** 2018.10.04

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 007 858.0**

(22) Anmeldetag: **23.08.2017**

(43) Offenlegungstag: **04.10.2018**

(51) Int Cl.: **H01M 2/16 (2006.01)**

(66) Innere Priorität:

10 2017 003 212.2 03.04.2017

(71) Anmelder:

**Gerdes, Thorsten, Prof. Dr.-Ing., 95488
Eckersdorf, DE; Schadeck, Ulrich, M. Sc., 95444
Bayreuth, DE**

(72) Erfinder:

**Gerdes, Thorsten, Prof. Dr.-Ing., 95488
Eckersdorf, DE; Schadeck, Ulrich, M.Sc., 95444
Bayreuth, DE**

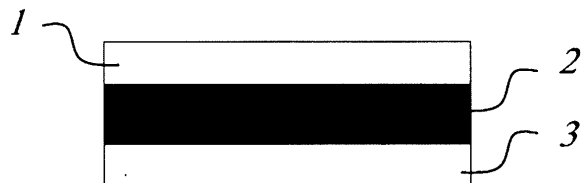
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum direkten Aufbringen von glasbasierten Separatoren auf Batterieelektroden**

(57) Hauptanspruch: Separator für eine elektrochemische Zelle, vorzugsweise eine Lithium-Ionen-Batterie, umfassend eine poröse Schicht, enthaltend die folgenden Komponenten:

(A) 5 bis 99.9 Gew.-% mindestens eines Glasplättchens mit einer mittleren Dicke von 0,05 μm bis 30 μm und einer mittleren Kantenlänge von 0,1 μm bis 150 μm ;

(B) 0,1 bis 95 Gew.-% mindestens eines Binders; wobei sich die Komponenten (A) und (B) auf 100 Gew.-% ergänzen und wobei der Separator mittels eines Beschichtungsverfahrens direkt auf eine Batterieelektrode aufgebracht wird und eine Porosität von 5 bis 80 % und eine Gesamtdicke von 0,5 μm bis 200 μm aufweist.



Beschreibung

Beschreibung des technischen Gebietes der Erfindung

[0001] Die beschriebene Erfindung liegt auf dem Gebiet der Separatoren für elektrochemische Speicher wie z.B. Lithium-Ionen-Batterien. Die Neuheit besteht darin, dass zum einen durch die Verwendung des Werkstoffes Glas in Form von Glasplättchen (Glasflakes) eine wesentlich bessere Temperaturstabilität, eine verbesserte mechanische Stabilität sowie eine optimierte Benetzung mit einer Elektrolytflüssigkeit des Separators erreicht wird. Zum anderen ergibt sich durch die direkte Aufbringung des Separators auf eine Elektrode eine verfahrenstechnische Vereinfachung für die Zellfertigung, da dieser Prozess über ein Rolle-zu-Rolle-Verfahren durchführbar ist.

[0002] Die Erfindung befasst sich mit der Kompositbildung von Mikrometer-Glasflakes als Separatoren und Batterieelektroden über einen Rakel-, Kalander- oder Sprühprozess. Dabei hat die Separatorschicht folgende Eigenschaften:

- Elektrisch isolierend
- Hochgradig permeabel für Ionen aus dem Elektrolyten
- Hochtemperaturstabil bis mindestens 500°C ohne signifikanten Schrumpf
- Chemisch stabil im Elektrolyten
- Dicke vorzugsweise kleiner 200µm
- Mechanisch stabil und flexibel
- Gute Benetzbarkeit für organische Elektrolyten

[0003] Nach gegenwärtigen Stand der Technik werden meist polymerbasierte, mikroporöse Folien oder Gewebe als Separatoren für Lithium-Ionen-Batterien eingesetzt, welche aus mehreren Lagen unterschiedlicher Polymere mit unterschiedlichen Schmelzpunkten bestehen können [1]. Diese sind jedoch nur bis Temperaturen weit unter 200°C mechanisch stabil und zeigen bereits ab 100°C einen deutlichen Schrumpf, sodass die Funktion der physischen Trennung der Elektroden nicht mehr gewährleistet ist. Eine Weiterentwicklung daraus stellt die Beschichtung dieser polymerbasierten Membranen oder Netzstrukturen mit anorganischen, keramischen Partikeln dar [1,2,3] um die Temperaturstabilität und somit die Sicherheit zu erhöhen. Hierbei wird eine Temperaturstabilität von bis zu 250°C und zudem eine verbesserte Benetzung mit Elektrolytflüssigkeiten erreicht.

[0004] Es ist jedoch kein Separator nach Stand der Technik bekannt, der die oben genannten Funktionen und Eigenschaften in gewünschter Art und Weise erfüllt.

[0005] Eine Komponente moderner Separatoren nach Stand der Technik stellt meist ein Polymer dar. Daraus ergibt sich eine dementsprechend niedrige Hochtemperaturfestigkeit und eine schlechte Benetzung. Glasbasierte Separatoren sind hingegen nur als Fasermatten bekannt, welche sehr dick sind oder als poröse Glasplatten, welche mechanisch unflexibel sind.

[0006] Durch den Einsatz von Glas in Form von Glasflakes in der Anordnung einer Ziegelmauerstruktur (1), gedruckt auf ein Elektrodenaktivmaterial mit Stromableiter (2,3) in der Funktion als Separator stellt eine Abgrenzung zum Stand der Technik dar (vgl. Bild 1/2). Dadurch wird zum einen eine gute Benetzung mit Elektrolyten und Permeabilität für Ionen aus dem Elektrolyten, eine hohe Stabilität bei hohen Temperaturen, eine hohe mechanische Stabilität und zugleich durch den Einsatz von Mikrometer-Glasflakes eine mechanische Flexibilität und Stabilität gewährleistet. Zudem können mit dem entwickelten Verfahren sehr dünne Schichten von kleiner 200µm realisiert werden.

Technische Aufgabenstellung

[0007] Separatoren für elektrochemische Zellen, insbesondere Batterien und Akkumulatoren, sorgen für die physische Trennung der beiden Elektroden, Anode und Kathode und verhindern so einen Kurzschluss dieser. Zudem müssen Separatoren permeabel für Ionen sein um Zellreaktionen wie die Be- / oder Entladung zu ermöglichen. Weiterhin müssen Separatoren chemisch stabil im Elektrolyten und auch mechanisch stabil sein. Zudem müssen Separatoren auch bei hohen Temperaturen ihre Funktion der physischen Trennung der Elektroden zuverlässig erfüllen. In verfahrenstechnischer Hinsicht muss ein Separator einen Flüssigelektrolyten möglichst schnell aufnehmen können um die Zeit beim Zellbau zu verringern. Weiterhin sollte ein Separator

möglich dünn gefertigt sein, um den zur Verfügung stehenden Platz in einer Batterie-Zelle oder einem Akkumulator mit möglichst viel Aktivmaterial ausfüllen zu können und im Umkehrschluss eine hohe spezifische Kapazität der Zelle zu erreichen.

[0008] Ein Separator für elektrochemische Speicher, beispielsweise einer primären oder sekundären Lithium-Ionen-Batterie muss folgende Anforderungen erfüllen:

- Physische Trennung der eingesetzten Elektroden
- Permeabel für Ionen aus dem Elektrolyten
- Temperaturstabil über weiten Temperaturbereich
- Mechanisch stabil
- Chemisch stabil im Elektrolyten
- Geringe Dicke
- Gute Benetzbarkeit für Elektrolyten

Technische Lösung der Aufgabenstellung

[0009] Glas kann durch spezielle Fertigungsverfahren zu dünnen Glasplättchen verarbeitet werden, beispielsweise durch einen Rotationszerstäubungsprozess. Mit der jeweiligen Anpassung der Prozessparameter können Glasflakes unterschiedlicher Dicken hergestellt werden. Üblicherweise können hier Glasplättchen mit mittleren Dicken im Bereich von 0,1-30µm und mittleren Kantenlängen von 5-200µm hergestellt werden. Daraus ergibt sich üblicherweise ein spezifisches Aspekt-Verhältnis (Verhältnis Kantenlänge / Dicke) im Bereich von 1:5 bis 1:100.

[0010] Zur Herstellung von Glasflakes wird zunächst das Glas in einer Glasschmelzanlage oder einem Schmelztiegel erschmolzen. Hierbei werden üblicherweise, je nach Glaszusammensetzungen, Temperaturen im Bereich von 900-1600°C benötigt. Für die angegebenen Glaszusammensetzungen eignen sich Temperaturen im Bereich von 1350°C (Typ 1/2) bis 1600°C (Typ 3).

[0011] Gläser sind unterschiedlich stabil in organischen Medien, verbunden mit Leitsalzen, beispielsweise einem Elektrolyten, beispielsweise bestehend aus Ethylencarbonat und Dimethylcarbonat als Lösungsmittel und Lithiumhexafluorophosphat (LiPF₆) als Leitsalz.

[0012] Folgende Glaszusammensetzung wurde für die Herstellung von Glasflakes als chemisch stabil im Elektrolyten befunden:

Tabelle 1: Glaszusammensetzung für Separatorgläser

Typ	SiO ₂	B ₂ O ₃	Na ₂ O	Li ₂ O	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	BaO	Literatur
1	49.27	41.36	7.87		1.00	0.5		Eigenentwicklung
2	49.27	41.36		7.87	1.00	0.5		Eigenentwicklung
3	80.11			19.89				Eigenentwicklung
4	70	23	7					[4]
5	55	10			10		25	[8]
Angabe in wt.-%								

[0013] Im Allgemeinen können die Gläser (Typ 1 bis Typ 3) folgende Bestandteile enthalten (in mol-% auf Oxidbasis): SiO₂ (0,1-75), B₂O₃ (0-70), Na₂O (0-16), Li₂O (0-16), Al₂O₃ (0-5), ZrO₂ (0-5), SnO₂ (0-1), TiO₂ (0-1), K₂O (0-1), MoO₃ (0-1), RO (<15%), R₂O₃ (<15%), Läutermittel in üblichen Mengen von bis zu 2%, wobei RO der Summengehalt an ZnO, MgO, CaO, BaO und R₂O₃ der Summengehalt an Fe₂O₃ und Sb₂O₃ ist.

[0014] Für die beschriebene Entwicklung werden Glasflakes möglichst geringer Dicke hergestellt. Mit der Zugabe eines Binders / Lösungsmittel in einem speziellen Verhältnis ergibt sich eine mit einem Rakel-, Kalandrier-, Sprüh- oder Tauchbeschichtungsprozess verarbeitbare Masse definierter Viskosität. Als Binder kommen können polymerbasierte Binder oder organische Binder auf Wasserbasis oder mit organischen Lösungsmitteln in

einem Verhältnis von Binder zu Lösungsmittel von 1:10 bis 1:100 verwendet werden. Dazu zählen beispielsweise PVDF, Cellulosen, Stärken, Alginate, Guar, StyrolButadien-Kautschuk (SBR), Polyacryl-Säure (PAA), sowie Modifikationen oder Mischungen derer.

[0015] Die Suspension aus Glasflakes und Binder wird mit einer definierten Schichtdicke direkt auf eine Elektrode aufgebracht, sodass diese vollständig bedeckt wird. Dabei wird durch Anpassung der Verarbeitungsparmeter, beispielsweise bei einem Rakelprozess, eine Ausrichtung der Glasflakes in die horizontale Ebene erreicht, wobei sich mehrere Glasflakes jeweils überlappen. Limitiert wird die Schichtdicke, bei der Annahme von mindestens 3-5 Lagen auf eine Elektrode aufgetragenen Glasflakes in horizontaler Ebene übereinander, durch die mittlere Dicke der hergestellten Glasflakes. Demnach ergeben sich Schichtdicken im Bereich von 20-200µm. Der Binderanteil in der Suspension kann eingestellt werden und beträgt 0,5-30 Gewichts-%. Die aufgetragene Glasflake-Binder-Suspension wird anschließend getrocknet, vorzugsweise unter Vakuum oder an Luft, und der Elektrode-Separator-Verbund kann in eine elektrochemische Zelle verbaut werden.

Neuheitsvorsprung, gewerbliche Schutzrechte

[0016] Veröffentlichungen zu glasbasierten Separatoren sind vorhanden, grenzen sich aber deutlich von der beschriebenen Entwicklung ab.

[0017] Die Veröffentlichung [4] beschreibt einen Batterieseparator, der eine poröse, ionendurchlässige Glas-scheibe oder Glaskeramik, welche beispielsweise hergestellt werden mittels bekannter Ziehverfahren, insbesondere dem Down-Draw-Verfahren. Hierbei werden jedoch keine Glasflakes beschrieben.

[0018] Die Veröffentlichungen [5,6] beschreiben Glasseparatoren auf der Basis von Glasvliesen, welche für VLRA AGM-Batterien eingesetzt werden.

[0019] Die Veröffentlichungen [7] gedruckte Batterien beschreibt eine gedruckte Batterie, bei der die Stromableiter, Elektrodenmaterialien und Separatoren mittels Dispersionen zu Verbunden verarbeitet werden. Hierbei jedoch nicht explizit spezifiziert, dass Glasflakes als Separatoren verwendet werden, sondern lediglich elektrisch nichtleitende Fasern und/oder Partikel verwendet werden.

[0020] Weiterhin existieren Veröffentlichungen, die sich jedoch auf die Beschreibung von polymerbasierten Separatoren oder mit keramischen Partikeln verstärkte polymerbasierte Separatoren beschränken [1-3,9].

[0021] Die Veröffentlichung [8] beschreibt ein Glas, welches in Li-Ionen-Batterien eingesetzt werden kann um die Hochratenfähigkeit zu verbessern. Hierbei werden zwar Verfahren wie Drucken der Gläser auf Elektroden geschützt, jedoch wird spezifiziert, dass das Glas in Form von Partikeln (keine Flakes) verwendet wird und bestenfalls auf ein Polymer oder zusammen mit einem Polymer zu einem selbsttragenden Separator verarbeitet wird. Weiterhin wird beschrieben, dass das Glas möglichst Na₂O-frei sein soll. Hauptanwendung des Glases soll hierbei ein Elektrodenzusatz sein.

[0022] Die Veröffentlichung [10] beschreibt einen auf eine Elektrode aufgetragenen Separator, wobei dieser aus speziellen Li-Ionen-Leitfähigen Keramiken oder Gläsern besteht. Eine Spezifizierung der Form, im Falle der genannten Gläser, ist nicht gegeben. Weiterhin unterscheiden sich die angegebenen Gläser deutlich von der hier beschriebenen Glaszusammensetzung.

[0023] Die Veröffentlichung [11] beschreibt einen glasbasierten Separator, bestehend aus Glasfasern und Glasplättchen. Hierbei handelt es sich jedoch um einen selbsttragenden Separator, welcher nicht direkt auf eine Elektrode gedruckt wird. Weiterhin zeigen sich bei der angegebenen Zusammensetzung des Glases deutliche Unterschiede zur hier beschriebenen Erfindung. Zudem ergeben sich bei dieser Veröffentlichung deutliche Unterschiede bei der angegebenen Porosität und dem Füllgrad von Glasflakes im Separator.

Ausführungsbeispiel

Glasflake-Herstellung

[0024] Ein Glas definierter Zusammensetzung (Typ 1; vgl. Tabelle 1) wird in einer Glasschmelzanlage oder in einem Schmelztiegel bei Temperaturen von 1350°C erschmolzen. Dabei wurde eine Aufheizrate von 10°C/min sowie eine Haltezeit von 2h bei 1350°C gewählt. Die Glasschmelze definierter Viskosität wird in eine mit 10000 rpm rotierende und mit 800°C vorbeheizte Zerstäubereinheit eines Rotationszerstäubers gegossen.

Durch die Zentrifugalkraft wird die Glasschmelze über den Rand der Zerstäubereinheit in Form eines Films (Lamelle) herausgeschleudert, welcher durch die vorherrschenden Kräfte weiter gestreckt wird bis das Glas durch Abkühlung bricht. Über eine Absaugung mit zwischengeschaltetem Zyklon werden die Glashalbzeuge aus der Rotationszerstäuberapparatur ausgetragen. Das Produkt sind Glasplättchen (Glasflakes).

Suspensions-Herstellung

[0025] In der Größe klassierte Glasflakes werden zusammen mit einer Binderlösung vermennt, wobei die mittlere Kantenlänge der verwendeten Glasflakes kleiner $32\mu\text{m}$ und die mittlere Dicke kleiner $7\mu\text{m}$ betragen. Dabei kommt ein bereits vorgefertigter Binder (modifizierte Kartoffelstärke) in einem wässrigen Lösungsmittel in einem Verhältnis von 1:10 zum Einsatz. Dabei werden die Mischungsverhältnisse so angepasst, dass sich eine passende Verarbeitbarkeit über ein Rakel-, Kalander-, Sprüh- oder Tauchbeschichtungsverfahren ergibt. Vermischt werden die Komponenten über einen Rotationsmischer für 10 Minuten mit einer Umdrehungsgeschwindigkeit von 1500 rpm.

Herstellung des Elektrode-Separator-Verbundes

[0026] Die Glasflake-Binder-Suspension wird, z.B. über ein Rakelverfahren, direkt auf die Elektrode mit einer definierten Schichtdicke aufgebracht. Dabei wurde eine automatische Vorschubgeschwindigkeit von $2,5\text{mm/s}$ gewählt und die Höhe des Rakels auf die gewünschte Schichtdicke plus die Dicke der Elektrode eingestellt. Im vorliegenden Beispiel beträgt die Dicke der Elektrode (Aktivmaterial inkl. Stromableiter) $120\mu\text{m}$. Somit wurde das Rakel auf eine Höhe von $170\mu\text{m}$ eingestellt, um eine Separatoren-Schichtdicke von $50\mu\text{m}$ zu erhalten. Nach dem Rakelprozess wird die mit einer Separatorschicht bedruckte Elektrode vorzugsweise unter Vakuum getrocknet.

Elektrochemische Messungen

[0027] Elektrochemische Messungen wurden mit einer aus Swagelokteilen aufgebauten Messzelle, aufgebaut durchgeführt. Der Zellbau erfolgt unter Inergasatmosphäre in einer Handschuhbox. Hierbei wird zunächst die mit der Separatorschicht bedruckte Elektrode in die leere Messzelle gelegt und mit Elektrolyt benetzt. Komplettiert wird der Zellaufbau mit einer entsprechenden Gegenelektrode und wahlweise einem Metallblech und einer Metallfeder, bevor die Zelle gasdicht verschlossen wird. Als Aktivmaterialien wurden Graphit als Anodenmaterial und Lithiumeisenphosphat (LFP) als Kathodenmaterial verwendet.

[0028] Durchgeführt wurden Impedanzanalysen sowie Be- & Entladungen, wobei sich herausstellte, dass mit den hergestellten Separatoren ausgestatteten Zellen hervorragende elektrochemische Eigenschaften aufweisen.

[0029] Der Innenwiderstand einer Testzelle, ausgestattet mit einer mit glasbasiertem Separator bedruckten Elektrode zeigt Werte, die gegenüber von Testzellen mit polymerbasierten Separatoren nach Standes der Technik, um 20-40% niedriger liegen. Dies liegt an den Porendurchmessern, die im Bereich von $0,1\text{-}5\mu\text{m}$ gemessen wurden, wobei die Mehrheit der Poren einen mittleren Porendurchmesser von $3\mu\text{m}$ aufwiesen, und der somit einhergehenden optimierten Diffusion von Ionen durch den Separator. Ermittelt wurden die Porositätswerte, sowie die Werte für die mittleren Porendurchmesser durch Messungen mittels Quecksilber-Porosimetrie.

[0030] Bei zyklischen Belastungstests von Testzellen mit glasbasierten gedruckten Separatoren konnte festgestellt werden, dass zum einen eine hohe Zyklenstabilität erreicht werden kann (Coulomb-Effizienz $>99,9\%$ bei 1C Strombelastung; Entladetiefe 100%) und zum anderen die Testzellen auch mit sehr hohen Strömen belastet werden können, ohne dass der Separator hierbei einen signifikant limitierenden Faktor darstellt. So konnte bei einer Strombelastung von 10C (Vollständige Be- und Entladung der Batteriezelle binnen 6 Minuten bei 100% Entladetiefe) noch 40% der nominellen Kapazität be- und entladen werden. Dies zeigt, dass die beschriebene Entwicklung auch für Batterien im Schnellladebetrieb eingesetzt werden können.

Thermische Stabilität / Benetzungsverhalten

[0031] Zur Untersuchung der thermischen Stabilität wurden selbsttragende glasbasierte Separatoren einem Glasvlies in der Funktion einer Stützmatrix hergestellt und definiert bis 600°C erhitzt (Hot-Ofen-Test). Dabei kann kein signifikanter Schrumpf ($<2\%$ bei 600°C) festgestellt werden. Zudem bleibt die mechanische Integrität größtenteils erhalten. Weiterhin konnte der beschriebene glasbasierte Separator beim sog. Hot-Punch-Test

nicht mit einem heißen Dorn (2mm Durchmesser, 200°C) bei einem Druck von bis zu 1,5kg/mm² durchstoßen werden (Hot-Punch-Test).

[0032] Das Benetzungsverhalten wurde mittels einer Kontaktwinkelmessung analysiert. Hier wurde ein Kontaktwinkel von kleiner 15° festgestellt. Es wird zusätzlich vermerkt, dass ein Tropfen (10µl) des zur Messung verwendeten Elektrolyten instantan (<50ms) vollständig in die Separatorschicht aufgenommen wird.

Literaturquellen

- [1] Schutzrecht WO 2014047126A1. Thin battery separators and methods (2014-03-27), Celgard, LLC
- [2] Schutzrecht DE 102011003186 A1. Dünne, makroporöse Polymerfolien (2012-06-26). Evonik Degussa GmbH
- [3] Schutzrecht DE 10347566 A1. Keramischer Separator für elektrochemische Zellen mit verbesserter Leitfähigkeit (2005-05-12). Degussa
- [4] Schutzrecht WO 2010149265 A1. Batterieseparator (2010-12-29). Schott AG
- [5] Schutzrecht US 5468572 A. Pre-compressed glass fiber separators for batteries (1995-11-21). Hollingsworth & Vose Company
- [6] Schutzrecht WO 2016210225 A1. Improved absorbent glass mat separators, vrla batteries, and related methods of manufacture and use (2016-12-29). Daramic, LLC
- [7] Schutzrecht WO 2013076125 A1. Gedruckte Batterien (2013-05-30). Varta Microbattery GmbH
- [8] Schutzrecht WO 2013045350 A1. Wiederaufladbarer lithium-ionen-akkumulator und verwendung eines glasbasierten materials hierfür (2013-04-04). Schott AG
- [9] Schutzrecht WO 2009103537 A1. Vliesstoff mit vernetzungsmaterial (2009-08-27). Carl Freudenberg KG
- [10] Schutzrecht WO 2005076388 A1. Organic/Inorganic composite porous layer-coated electrode and electro-chemical device comprising the same (2005-02-05). LG CHEM LTD.
- [11] Schutzrecht EP 2605311 A1. Separator (2013-06-19). Nippon Sheet Glass Company LTD.

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 2014047126 A1 [0032]
- DE 102011003186 A1 [0032]
- DE 10347566 A1 [0032]
- WO 2010149265 A1 [0032]
- US 5468572 A [0032]
- WO 2016210225 A1 [0032]
- WO 2013076125 A1 [0032]
- WO 2013045350 A1 [0032]
- WO 2009103537 A1 [0032]
- WO 2005076388 A1 [0032]
- EP 2605311 A1 [0032]

Patentansprüche

1. Separator für eine elektrochemische Zelle, vorzugsweise eine Lithium-Ionen-Batterie, umfassend eine poröse Schicht, enthaltend die folgenden Komponenten:

(A) 5 bis 99.9 Gew.-% mindestens eines Glasplättchens mit einer mittleren Dicke von 0,05 µm bis 30 µm und einer mittleren Kantenlänge von 0,1 µm bis 150 µm;

(B) 0,1 bis 95 Gew.-% mindestens eines Binders; wobei sich die Komponenten (A) und (B) auf 100 Gew.-% ergänzen und wobei der Separator mittels eines Beschichtungsverfahrens direkt auf eine Batterieelektrode aufgebracht wird und eine Porosität von 5 bis 80 % und eine Gesamtdicke von 0,5 µm bis 200 µm aufweist.

2. Separator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass:

der Anteil mindestens eines Glasplättchens (A) im trockenem Verbund 10 bis 99.8 Gew.-%, bevorzugt 30 bis 99,5 Gew.-% und insbesondere bevorzugt 50 bis 99 Gew.-% beträgt; und/ oder

der Anteil des Binders (B) im trockenem Verbund 0,2 bis 20 Gew.-%, bevorzugt 0,5 bis 10 Gew.-% beträgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, umfassend folgende Schritte:

(a) Bereitstellen einer Batterieelektrode (C), bestehend aus Stromableiter und Elektrodenmaterial;

(b) Bereitstellen eines Binderfeststoffs (B) und Lösungsmittels/Dispergiermittels;

(c) Mischen einer Suspension, bestehend aus Glasplättchen (A), Binder (B) und Lösungsmittel/Dispergiermittel;

(d) Aufbringen der Suspension aus Schritt (c) auf der Batterieelektrode (C) über ein Beschichtungsverfahren, wonach ein Batterieseparator auf der Batterieelektrode (C) erhalten wird;

(e) Abziehen des Lösungsmittels und/oder Trocknen des Batterieseparators aus Schritt (d)

4. Separator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass:

Der Binder aus der Gruppe der Cellulosen, Stärken, Alginate, Glykole, Polyvinylidenfluoride, Acrylsäuren, Kautschuke sowie Modifikationen und Mischungen hiervon besteht und zur Anmischung einer flüssigen Binder-Suspension ein wässriges und/oder organisches Lösungsmittel verwendet wird.

5. Separator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass:

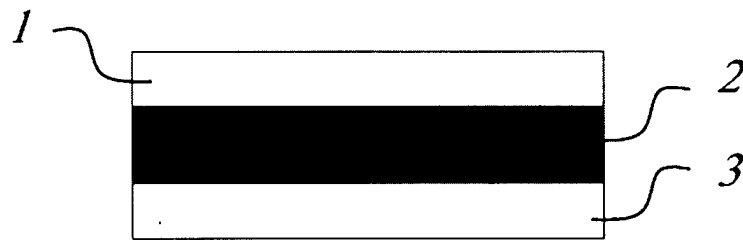
Die Glasplättchen (A) bevorzugt in horizontaler Ausrichtung in Bezug auf die Batterieelektroden-Oberfläche durch das Beschichtungsverfahren ausgerichtet und geschichtet werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass:

Die Glasplättchen (A) - Binder (B) - Suspension über ein Beschichtungsverfahren, bevorzugt aus der Gruppe der Rakel- oder Sprühverfahren auf eine Batterieelektrode aufgebracht wird.

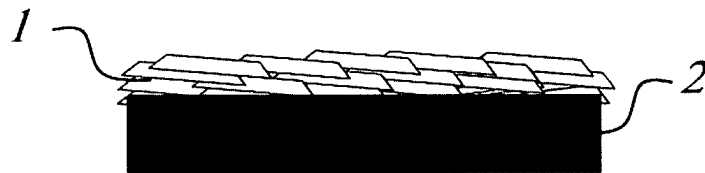
Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Figur 1

Figur 1: Schematische Darstellung eines gedruckten Separators auf einer Elektrode



Figur 2

Figur 2: Elektrode – Separator Grenzschicht mit Ziegelmauerstruktur desgleichen (Detailansicht)