



(10) **DE 10 2012 224 228 A1** 2014.06.26

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 224 228.7**

(22) Anmeldetag: **21.12.2012**

(43) Offenlegungstag: **26.06.2014**

(51) Int Cl.: **B05D 1/02 (2006.01)**

**H01M 4/04 (2006.01)**

**H01M 4/139 (2010.01)**

**B05C 11/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Robert Bosch GmbH, 70469, Stuttgart, DE;  
Samsung SDI Co., Ltd., Yongin, Kyonggi, KR**

(72) Erfinder:

**Fink, Holger, 70567, Stuttgart, DE**

(74) Vertreter:

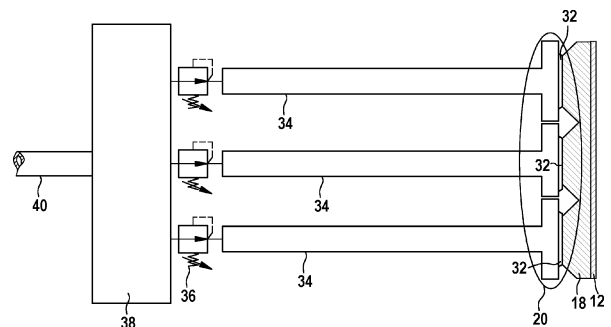
**Gulde & Partner Patent- und  
Rechtsanwaltskanzlei mbB, 10179, Berlin, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Nassbeschichtung eines Substrats**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Nassbeschichtung eines Substrats (12), wobei auf dem Substrat (12) eine Schicht (18) mit einem Spritzkopf (20) aufgetragen wird und die Schicht (18) nach dem Auftragen getrocknet wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Spritzkopf (20) mindestens zwei Düsen (32) umfasst, eine Schichtdicke (26, 28) der aufgetragenen Schicht (18) gemessen wird und eine Regelung des Auftrags in Abhängigkeit der gemessenen Schichtdicke (26, 28) erfolgt, wobei der Druck in jeder Düse (32) unabhängig von den anderen Düsen (32) geregelt wird.

Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Vorrichtung (10) zum Nassbeschichten eines Substrats (12), umfassend einen Spritzkopf (20) mit mindestens einer Düse (32), einer Messeinrichtung (22, 24) und einen Trockner (30).



**Beschreibung**

## Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Nassbeschichtung eines Substrats, wobei auf dem Substrat eine Schicht mit einem Spritzkopf aufgetragen wird und die Schicht nach dem Aufbringen getrocknet wird. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Nassbeschichtung eines Substrats umfassend einen Spritzkopf mit mindestens einer Düse, einer Messeinrichtung und einen Trockner.

**[0002]** Bei der Beschichtung von Substraten mit einem Material ergibt sich häufig das Erfordernis, eine gleichmäßige Schicht mit einer vorgegebenen Dicke zu erzeugen. So ist beispielsweise bei der Fertigung von Lithium-Ionen-Batteriezellen die Qualität der Beschichtung der Elektroden mit dem Aktivmaterial von entscheidender Bedeutung für die Qualität der Batteriezellen. Insbesondere die Kapazität der Batteriezellen und deren Streuung sind abhängig von einer gleichmäßigen Schichtdicke sowie von einer nur gering um ihren Sollwert streuenden Schichtdicke. Bei der Elektrodenbeschichtung wird das Aktivmaterial der Elektrode in Form einer sogenannten Slurry (ein fließfähiger Brei) nass auf die Trägerfolien der Elektroden aufgebracht. Bei Lithium-Ionen-Batteriezellen wird für die Anode häufig ein Material basierend auf natürlichen und/oder synthetischen Graphiten und bei der Kathode ein Material basierend auf der Kombination verschiedener Lithium-Metall-Oxide aufgebracht.

**[0003]** Für das Beschichten der Substrate werden die Aktivmaterialien in einem Mischprozess unter Beigabe von Lösungsmitteln zu der Slurry aufbereitet. Im Falle der Fertigung von Lithium-Ionen-Batteriezellen wird für das Anodenmaterial üblicherweise ein wasserbasiertes Lösungsmittel eingesetzt und bei der Fertigung der Kathode ein Lösungsmittel auf Basis von N-Methyl-2-pyrrolidon (NMP) verwendet. Bei der Elektrodenfertigung kommt als Substrat eine Trägerfolie zum Einsatz, die bei der Anode üblicherweise aus Kupfer und bei der Kathode üblicherweise aus Aluminium besteht. Die Foliendicke liegt dabei im Bereich von etwa 10 µm. Die Schichtdicke des Materials, welches auf die Folie aufgebracht wird, ist abhängig von der Auslegung der Batteriezellen und liegt beispielsweise zwischen etwa 20 µm und 200 µm.

**[0004]** Nach dem Nassbeschichten des Substrats wird dieses in einem Trockenofen getrocknet, damit das Lösungsmittel aus dem beschichteten Material ausdampfen kann. Das Beschichtungsverfahren läuft üblicherweise kontinuierlich von Rolle zu Rolle ab, wobei die Länge des Trockenofens, abhängig von der Produktionsgeschwindigkeit, üblicherweise zwischen 10 m und 30 m beträgt.

**[0005]** Nach dem Trocknen wird die Dicke der aufgetragenen Schicht gemessen. Sollen beide Seiten des Substrats mit Material beschichtet werden, kann das Substrat anschließend einem weiteren Beschichtungsschritt zugeführt werden. Die Dicke der aufgetragenen Schicht ist von einer Vielzahl von Prozessparametern abhängig, wie beispielsweise der Konsistenz der Slurry, dem Druck, mit dem das Material dem Spritzkopf, mit dem dieses auf dem Substrat aufgebracht wird, zugeführt wird, der Geometrie der Düsen im Spritzkopf und der Transportgeschwindigkeit des Substrats. Werden am Ende des Produktionsprozesses von der vorgegebenen Soll-Schichtdicke abweichende Schichtdicken gemessen, werden ein oder mehrere Prozessparameter angepasst, um die Dicke der aufgetragenen Schicht zu korrigieren, so dass die tatsächliche Schichtdicke möglichst in einem Fenster von  $\pm 1$  µm um den vorgegebenen Sollwert liegt.

**[0006]** Aus CN 102125907 ist eine Vorrichtung zur Beschichtung von Substraten mit Aktivmaterialien zur Fertigung von Elektroden für Lithium-Ionen-Batteriezellen bekannt. Die Vorrichtung umfasst eine Beschichtungseinrichtung und einen Trockner sowie zwei Messeinrichtungen und ein Steuergerät. Die erste Messeinrichtung ist vor der Beschichtungsvorrichtung angeordnet und dient zum Messen einer Dicke einer in einem vorangegangenen Beschichtungsschritt aufgetragenen Schicht. Die zweite Messeinrichtung ist nach dem Trockner angeordnet und misst die Schichtdicke auf dem fertigen getrockneten Substrat. Die Messwerte der beiden Messeinrichtungen werden vom Steuergerät genutzt, um die Beschichtungsvorrichtung zu regeln. Dabei wird abhängig von den gemessenen Schichtdicken die Zufuhr an Beschichtungsmaterial gesteuert.

**[0007]** Nachteilig am Stand der Technik ist, dass zur Regelung der Schichtdicke lediglich die Zufuhr an Beschichtungsmaterial gesteuert werden kann. Eine Änderung bei der Materialzufuhr beeinflusst den Schichtauftrag über die gesamte Breite des Substrats und kann Fehler bei der Beschichtung, bei denen der Materialauftrag uneinheitlich ist, das heißt in einem Bereich wird z.B. mehr Material aufgetragen als in anderen Bereichen, nicht ausgleichen. Des Weiteren erfolgt eine Messung der Dicke der aufgetragenen Schicht erst nach dem Trocknen und erfolgt somit je nach Länge des Trockners erst etwa 10 m bis 30 m nach dem Beschichten. Daraus ergibt sich eine zeitliche Latenz zwischen der Messung und dem Wirksamwerden einer Anpassung an den Prozessparametern, die sich nachteilig auf die eingesetzten Regelmechanismen auswirkt.

## Offenbarung der Erfindung

**[0008]** Es wird ein Verfahren zur Nassbeschichtung eines Substrats vorgeschlagen, wobei auf dem Substrat eine Schicht mit einem Spritzkopf aufgetragen

wird und die Schicht nach dem Auftragen getrocknet wird, wobei der Spritzkopf mindestens zwei Düsen umfasst, eine Schichtdicke der aufgetragenen Schicht gemessen wird und eine Regelung des Auftrags in Abhängigkeit der gemessenen Schichtdicke erfolgt, wobei der Druck in jeder Düse unabhängig von den anderen Düsen geregelt wird.

**[0009]** Bei dem Beschichtungsvorgang wird das Substrat einer Beschichtungsvorrichtung zugeführt und passiert als erstes den Spritzkopf, mit dem Material auf das Substrat aufgebracht wird. Das Material ist dabei in einem Lösungsmittel gelöst, welches anschließend in einem Trockner verdampft wird. Die Dicke der aufgetragenen Schicht wird über eine Messeinrichtung erfasst. Die gemessene Schichtdicke wird anschließend mit einer vorgegebenen Soll-Schichtdicke verglichen und beim Vorliegen einer Abweichung wird der Druck des Beschichtungsmaterials in einer Düse geändert. Dabei kann der Druck in jeder Düse einzeln und unabhängig von dem Druck in den anderen Düsen eingestellt werden.

**[0010]** In einer Ausführungsform der Erfindung wird die Schichtdicke an mindestens zwei über die Breite des Substrats verteilten Messpositionen gemessen, wobei eine Messposition einer Düse des Spritzkopfs zugeordnet wird.

**[0011]** Die Messpositionen werden über die Breite des Substrats verteilt und erlauben es die Gleichmäßigkeit der aufgetragenen Schicht zu beurteilen. Da jede Düse des Spritzkopfs Material in einem anderen Bereich des Substrats aufträgt, ist jede Düse für einen bestimmten Bereich der Schicht auf dem Substrat verantwortlich. Zur Regelung dieser Düsen ist es sinnvoll, in jedem dieser Substratbereiche auch eine Messposition anzuordnen, so dass für jede Düse mindestens eine Messposition und damit eine Information zu der Schichtdicke zur Verfügung steht.

**[0012]** In einer Ausführungsform des Verfahrens sind die Messpositionen an Stellen angeordnet, an denen aufgrund der Geometrie der Düsen eine Schichtdicke erwartet wird, die oberhalb oder unterhalb einer mittleren Schichtdicke liegt.

**[0013]** Die mittlere Schichtdicke ist in der Regel die vorgegebene Soll-Schichtdicke und die kritischen Stellen, an denen der Schichtauftrag leicht oberhalb oder unterhalb der mittleren Schichtdicke liegt, lassen sich beispielsweise durch Simulationen oder Versuch ermitteln.

**[0014]** In einer Ausführungsform der Erfindung wird mindestens ein Regelkreis verwendet, der als Eingangsgrößen einer Soll-Schichtdicke und eine gemessene Schichtdicke umfasst und als Ausgangsgröße ein Steuersignal für den Druck einer Düse des Spritzkopfs generiert.

**[0015]** Für das automatische Vornehmen der Regelung kann jedes dem Fachmann bekannte Regelverfahren eingesetzt werden. So ist es beispielsweise denkbar, einen Proportional-Integral-Differenzial (PID)-Regler einzusetzen, um den Druck in einer Düse so anzupassen, dass die tatsächliche Schichtdicke der geforderten Soll-Schichtdicke angenähert wird. Selbstverständlich sind auch andere Regler denkbar, wie beispielsweise ein Proportional-Integral-Regler oder Einzelregler wie ein Proportional-Regler oder ein Integral-Regler. Auch ist es möglich, für jede einzelne Düse einen eigenen Regler zu implementieren.

**[0016]** In einer Ausführungsform der Erfindung erfolgt die Regelung des Drucks durch Steuern einer materialzuführenden Pumpe und/oder durch Steuern eines Druckregelventils.

**[0017]** Bevorzugt erfolgt das Steuern des Drucks aufgrund eines Steuersignals einer Regelung. Neben dem Steuern einer materialzuführenden Pumpe und/oder dem Steuern eines Druckregelventils sind auch Anpassung an weiteren Prozessparametern des Nassbeschichtungsverfahrens denkbar. Solche Prozessparameter umfassen beispielsweise den Abstand der Düse zum Substrat, die Transportgeschwindigkeit des Substrats und die Geometrie der Düse.

**[0018]** Über einen Regler kann ein oder können mehrere dieser Parameter, insbesondere der Druck in einer Düse des Spritzkopfs, so geregelt werden, dass die Dicke der aufgetragenen Schicht innerhalb eines vorgegebenen Toleranzfensters von beispielsweise  $\pm 1 \mu\text{m}$  um die geforderte Soll-Schichtdicke liegt.

**[0019]** In einer Ausführungsform der Erfindung wird die Schichtdicke der aufgetragenen Schicht vor dem Trocknen gemessen.

**[0020]** Dazu wird mindestens eine Messeinrichtung direkt nach dem Spritzkopf und vor dem Trockner angeordnet. Um mehrere Messpositionen, die über die Breite des Substrats verteilt sind, bedienen zu können, ist es denkbar entweder einen beweglichen Messkopf als Messeinrichtung zu verwenden oder mehrere Messköpfe verteilt über die Breite des Substrats anzuordnen.

**[0021]** In einer Ausführungsform des Verfahrens ist die aufgetragene Schicht ein Aktivmaterial für eine Elektrode einer Batterie. Dabei kommt beispielsweise bei der Fertigung von Lithium-Ionen-Batteriezellen für die Anode ein auf natürlichen oder synthetischen Graphiten basierendes Material und für die Kathode eine Kombination aus verschiedenen Lithium-Metall-Oxiden zum Einsatz. Als Substrate bei der Elektrodenfertigung werden beispielsweise Kupfer für die

Anode und Aluminium für die Fertigung der Kathode eingesetzt. Die Dicken der verwendeten Substrate liegen dabei üblicherweise im Bereich von etwa 10 µm. Die aufgebrauchte Schicht des Aktivmaterials weist bei der Fertigung von Elektroden für Batteriezellen je nach Auslegung der Zellen eine Dicke zwischen etwa 20 µm und 200 µm auf.

**[0022]** Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Nassbeschichtung eines Substrats umfassend einen Spritzkopf mit mindestens einer Düse, eine Messeinrichtung und einen Trockner, wobei der Spritzkopf mindestens zwei Düsen umfasst und ein Regelgerät vorgesehen ist, welches eingerichtet ist, in Abhängigkeit einer Messung der Schichtdicke den Druck in jeder Düse des Spritzkopfs unabhängig von den anderen Düsen zu regeln.

**[0023]** In einer Ausführungsform der Vorrichtung ist das Regelgerät ferner eingerichtet, eine Messung der Schichtdicke in Abhängigkeit von einer Messposition einer Düse zuzuordnen.

**[0024]** Bei einer solchen Zuordnung ist es des Weiteren bevorzugt, dass das Regelgerät für jede Düse einen eigenen Regler implementiert, dessen Eingangsgrößen eine Messung der Schichtdicke an der der Düse zugeordneten Messposition sowie eine Soll-Schichtdicke umfassen. Die Ausgangsgrößen des Reglers umfassen mindestens ein Regelsignal zur Steuerung des Drucks in der dem Regler zugeordneten Düse.

**[0025]** In einer Ausführungsform der Vorrichtung ist die Messeinrichtung vor dem Trockner angeordnet.

**[0026]** Um des Weiteren mehrere Messpositionen bedienen zu können, kann die Messeinrichtung als beweglicher Messkopf ausgeführt sein, der über die Breite des Substrats bewegt wird, oder es können mehrere über die Breite des Substrats verteilte fest installierte Messköpfe angeordnet werden.

**[0027]** In einer Ausführungsform der Vorrichtung ist den Düsen des Spritzkopfs jeweils ein Druckregelventil zugeordnet, welches zur Regelung des Drucks in der jeweiligen Düse eingerichtet ist.

**[0028]** Dabei wird das Material bzw. der Slurry, der zur Beschichtung vorgesehen ist, über eine Zuführeinrichtung unter Druck in den Spritzkopf geleitet und wird dort in einem Druckbehälter aufgenommen. Von dem Druckbehälter zweigen Zuführleitungen ab, die den Druckbehälter mit den Düsen des Spritzkopfs verbinden. Die Druckregelventile sind dabei an den Zuführleitungen angeordnet und erlauben es, den Druck in jeder Düse unabhängig von den anderen Düsen einzustellen.

## Vorteile der Erfindung

**[0029]** Durch das Vorsehen mehrerer Beschichtungsdüsen am Spritzkopf, deren Druck unabhängig voneinander geregelt werden kann, ist es möglich, den Schichtauftrag auf ein Substrat präzise zu regeln. Zum einen kann dabei die Gleichmäßigkeit der Beschichtung über die gesamte Breite des Substrats verbessert werden, zum anderen ist das Einstellen der Soll-Schichtdicke über einen großen Bereich, zum Beispiel von 20 µm bis 200 µm möglich, ohne bauliche Änderungen an dem Spritzkopf vornehmen zu müssen. Durch das Ändern der Soll-Schichtdicke auftretende Ungleichheiten im Materialauftrag können gezielt durch das Regeln des Drucks in den betroffenen Düsen ausgeglichen werden. Somit lassen sich die oftmals geforderten geringen zulässigen Abweichungen von typischerweise < 1 µm von der Soll-Schichtdicke einhalten.

**[0030]** Des Weiteren wird durch das Messen der Dicke der aufgebrauchten Schicht vor dem Trocknen die zeitliche Latenz zwischen dem Aufbringen der Beschichtung und der Messung der Dicke der aufgebrauchten Schicht deutlich reduziert. Dies erleichtert zum einen die Umsetzung eines automatischen Regelsystems, da ein solches Regelsystem besser reagieren kann bei einer geringen zeitlichen Latenz. Zum anderen wird die Menge an Ausschuss reduziert, da beschichtete Substrate, deren Schichtdicke außerhalb eines vorgegebenen Toleranzfensters liegen, unmittelbar nach dem Beschichten erkannt werden können und nicht erst nachdem, abhängig von der Länge des Trockners, 10 m bis 30 m des Substrats mit den ungeeigneten Parametern beschichtet worden sind.

## Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0031]** Es zeigen:

**[0032]** Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Beschichtungsvorrichtung von der Seite,

**[0033]** Fig. 2 einen ungleichmäßigen Auftrag einer Schicht auf ein Substrat,

**[0034]** Fig. 3 eine schematische Darstellung der Schichtdickenmessung von oben und

**[0035]** Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Spritzkopfs, der in mehrere unabhängig voneinander regelbare Bereiche unterteilt ist.

**[0036]** Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den nachfolgenden Zeichnungen dargestellt und der dazugehörigen Beschreibung näher erläutert.

**[0037]** Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Beschichtungsvorrichtung von oben.

**[0038]** In Fig. 1 ist eine Beschichtungsvorrichtung **10** dargestellt, bei der ein Substrat **12** über mehrere Rollen **16** geführt wird. Dabei wird das Substrat **12** entlang der Transportrichtung **14** geführt und erreicht als erstes einen Spritzkopf **20**. Der Spritzkopf **20** umfasst Düsen, über die Material in Form von einer Schicht **18** auf das Substrat **12** aufgebracht wird. Das Material ist dabei in einem Lösungsmittel gelöst und liegt in Form einer Slurry, das heißt in Form eines fließfähigen Breis vor und wird mit Hilfe des Spritzkopfs **20** nass auf das Substrat **12** aufgetragen.

**[0039]** Im Fall der Herstellung von Elektroden für Lithium-Ionen-Batteriezellen wird als Substrat **12** eine Metallfolie eingesetzt, deren Stärke zwischen ca. 2 µm und ca. 20 µm liegt, insbesondere ca. 10 µm beträgt. Bei der Fertigung der Anode wird üblicherweise eine Kupferfolie und bei der Fertigung der Kathode wird üblicherweise eine Aluminiumfolie eingesetzt. Die Materialien, mit denen die Metallfolien beschichtet werden, basieren im Falle der Fertigung der Anode auf natürlichen und/oder synthetischen Graphiten und sind üblicherweise in einem wasserbasierenden Lösungsmittel gelöst. Bei der Fertigung der Kathode basiert das Material üblicherweise auf einer Kombination von verschiedenen Lithium-Metall-Oxiden, die beispielsweise in einem Lösungsmittel auf Basis von N-Methyl-2-pyrrolidon (NMP) gelöst sind.

**[0040]** Die Dicke der Materialschicht, die nass auf das Substrat **12** aufgetragen wird, ist abhängig von der Auslegung der Batteriezellen und beträgt typischerweise zwischen 20 µm und 200 µm. Dabei ist es für die Qualität der Batterie von entscheidender Bedeutung, dass der Schichtauftrag gleichmäßig ist und nur gering vom Sollwert abweicht. Typischerweise wird gefordert, dass die Abweichung vom Sollwert weniger als 1 µm beträgt.

**[0041]** Nach dem Auftragen der Schicht **18** gelangt das Substrat **12** zu einem Messkopf **22**, mit dem die Nassschichtdicke **26** ermittelt wird. Anschließend wird die Schicht **18** zusammen mit dem Substrat **12** dem Trockner **30** zugeführt, der je nach Transportgeschwindigkeit des Substrats **12** eine Länge zwischen etwa 10 m und 30 m aufweist. In dem Trockner **30** verdampft das verwendete Lösungsmittel aus der Schicht **18**.

**[0042]** Zusätzlich oder alternativ zu dem Messkopf **22** vor dem Trockner **30** kann ein Messkopf **24** nach dem Trockner **30** angeordnet werden, mit dem die Trockenschichtdicke **28** der Schicht **18** gemessen wird. In der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform wird jeweils ein einzelner Messkopf **22**, **24** verwendet, der zum Erfassen der jeweiligen Schichtdicke über die gesamte Breite des Substrats **12** über die Breite des Substrats **12** bewegt wird. Alternativ ist es möglich, anstelle eines einzelnen beweglich angeordneten Messkopfs **22**, **24** mehrere stationär angeordnete

Messköpfe einzusetzen, die über die Breite des Substrats **12** verteilt angeordnet sind.

**[0043]** Die über die Messköpfe **22**, **24** ermittelten Schichtdicken **26**, **28** können für eine Regelung der Dicke der Schicht **18** auf eine vorgegebene Soll-Schichtdicke verwendet werden. Dazu können abhängig von den gemessenen Schichtdicken **26**, **28** Prozessparameter des Nassbeschichtungsverfahrens, insbesondere der Druck in den Düsen des Spritzkopfs **20** angepasst werden. Weitere anpassbare Prozessparameter des Nassbeschichtungsverfahrens umfassen beispielsweise den Abstand einer Düse zum Substrat **12**, die Transportgeschwindigkeit des Substrats **12** und die Geometrie der verwendeten Düsen. Des Weiteren ist es denkbar, als Parameter die Zusammensetzung der Slurry, also die Zusammensetzung des Materials, mit dem das Substrat beschichtet wird, zu verändern. Die Materialzusammensetzung hat einen Einfluss auf Viskosität dieses Materials, die wiederum die Dicke der aufgetragenen Schicht beeinflusst.

**[0044]** Bei einer Umstellung der gewünschten Soll-Schichtdicke von beispielsweise 20 µm auf 200 µm ist es im allgemeinen nicht ausreichend, lediglich die Menge des zugeführten Materials zu steigern, da bei zu hohem Druck oder zu hoher Viskosität der Slurry das Material mit einer größeren Schichtdicke in der Mitte des Substrats aufgetragen wird. Für eine gleichmäßige Beschichtung werden im Spritzkopf **20** mehrere Düsen angeordnet, die jeweils getrennt voneinander geregelt werden. Gegebenenfalls müssen zudem weitere Parameter angepasst werden, wie beispielsweise die Transportgeschwindigkeit des Substrats.

**[0045]** Zum Umsetzen der Regelung umfasst die Beschichtungsvorrichtung **10** des Weiteren ein Regelgerät **42**, welches mit den Messeinrichtungen **22**, **24** und dem Spritzkopf **20** in Verbindung steht. Dabei kann das Regelgerät **42** für jede Düse des Spritzkopfs **20** einen eigenen Regelkreis bzw. Regler implementieren.

**[0046]** Fig. 2 zeigt einen ungleichmäßigen Schichtauftrag auf ein Substrat.

**[0047]** In Fig. 2 ist ein Substrat **12** mit einer darauf aufgetragenen Schicht **18** dargestellt. Dabei wurde die Schicht **18** ungleichmäßig auf das Substrat **12** aufgetragen, so dass in den Bereichen **19** der Schicht **18** die Schichtdicke geringer ist als in den übrigen Bereichen. Diese Ungleichheit beim Schichtauftrag kann bei Nassbeschichtungsverfahren auftreten, wenn beispielsweise der Druck des Beschichtungsmaterials bzw. der Slurry in den Düsen zu hoch ist. Auch bei einer zu hohen Viskosität der Slurry wird das Material tendenziell mit einer größeren Schichtdicke in der Mitte des Substrats aufgetragen. Soll das Sub-

strat **12** dennoch mit einem hohen Druck beschichtet werden, beispielsweise um eine große Schichtdicke zu erreichen, müssten bei dem aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren bauliche Veränderungen am Spritzkopf vorgenommen werden, damit das Material auch bei hohem Druck gleichmäßig aus dem Spritzkopf austritt.

**[0048]** Bei dem erfindungsgemäßen Spritzkopf werden mehrere Düsen vorgesehen, bei denen der Druck des Beschichtungsmaterials getrennt voneinander geregelt werden kann. Durch die unabhängig voneinander druckregelbaren Düsen kann das Material auch bei höherem Druck über einen gemeinsamen Vorratsspeicher bereitgestellt werden und dennoch ein gleichmäßiger Materialauftrag sichergestellt werden.

**[0049]** Fig. 3 zeigt schematisch die Messung der Schichtdicke.

**[0050]** In der Fig. 3 ist ein Ausschnitt der Beschichtungsvorrichtung näher dargestellt. Der Ausschnitt zeigt einen Messkopf **22, 24**, der beweglich angeordnet ist und über die gesamte Breite des Substrats **12** bewegt werden kann, wie mit den Pfeilen mit Bezugszeichen **44** angedeutet. Das Substrat **12** mit der aufgetragenen Schicht **18** wird in Transportrichtung **14** unter dem Messkopf **22, 24** bewegt. Zusammen mit der Bewegung des Messkopfs **22, 24** ergibt sich ein dreiecksförmiger Verlauf des Bereichs, an dem eine Schichtdickenmessung vorgenommen wurde. Dieser Bereich ist mit der Linie mit dem Bezugszeichen **46** markiert. In dem gemessenen Bereich **46** können verschiedene Messpositionen **48** festgelegt werden, die über die Breite des Substrats **12** verteilt angeordnet sind. In der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform wurden drei Messpositionen **48** vorgegeben, die jeweils einer Düse des Spritzkopfs zum Implementieren einer Regelung zugeordnet werden. Je nach Ausführung des Spritzkopfs bzw. der Anzahl der unabhängig regelbaren Düsen im Spritzkopf, kann die Anzahl der Messpositionen **48** unterschiedlich gewählt werden. Des Weiteren ist es auch denkbar, einer Düse des Spritzkopfs zum Zwecke der Regelung mehrere Messpositionen **48** zuzuordnen.

**[0051]** Die in Fig. 3 dargestellte Messeinrichtung kann vor dem Trockner **30** der Beschichtungsvorrichtung angeordnet werden, um die Dicke der Schicht **18** noch im nassen Zustand zu ermitteln. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, die Messeinrichtung nach dem Trockner anzuordnen, um die Dicke der getrockneten Schicht zu messen. Des Weiteren ist es möglich, anstelle eines beweglich ausgeführten Messkopfs **22, 24** auch eine Vielzahl von über die Breite des Substrats **12** verteilten stationären Messköpfen vorzusehen.

**[0052]** Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung eines Spritzkopfs.

**[0053]** In Fig. 4 ist ein Spritzkopf **20** mit drei Düsen **32** dargestellt. Durch die Düsen **32** kann Material bzw. Slurry austreten und auf ein Substrat **12** als Schicht **18** aufgebracht werden. Das Beschichtungsmaterial wird über eine Zuführeinrichtung **40** einem Druckspeicher **38** zugeführt. Die einzelnen Düsen **32** des Spritzkopfs **20** sind mit dem Druckspeicher **38** über jeweils einen eigenen Zuführbereich **34** verbunden. Dabei ist an der Verbindung zwischen dem Zuführbereich **34** und dem Druckspeicher **38** jeweils ein Druckregelventil **36** angeordnet.

**[0054]** Die Druckregelventile **36** können über ein Signal eines Regelgeräts gesteuert werden. Durch die Anordnung mit gemeinsamen Druckspeicher **38**, jedoch für jede Düse **32** getrennten Zuführbereichen **34**, lässt sich der Druck der Slurry an den einzelnen Düsen **32** jeweils über die Druckregelventile **36** vollkommen unabhängig von den weiteren Düsen einstellen.

**[0055]** Neben der in Fig. 4 dargestellten Ausführungsform mit drei Düsen **32** sind selbstverständlich auch weitere Ausführungsformen mit einer abweichenden Anzahl von Düsen möglich.

**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**

- CN 102125907 [0006]

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Nassbeschichtung eines Substrats (12), wobei auf dem Substrat (12) eine Schicht (18) mit einem Spritzkopf (20) aufgetragen wird und die Schicht (18) nach dem Auftragen getrocknet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spritzkopf (20) mindestens zwei Düsen (32) umfasst, eine Schichtdicke (26, 28) der aufgetragenen Schicht (18) gemessen wird und eine Regelung des Auftrags in Abhängigkeit der gemessenen Schichtdicke (26, 28) erfolgt, wobei der Druck in jeder Düse (32) unabhängig von den anderen Düsen (32) geregelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schichtdicke (26, 28) an mindestens zwei über die Breite des Substrats (12) verteilten Messpositionen (48) gemessen wird, wobei eine Messposition (48) einer Düse (32) des Spritzkopfs (20) zugeordnet ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messpositionen (48) an Stellen angeordnet sind, an denen aufgrund der Geometrie der Düsen (32) eine Schichtdicke (26, 28) erwartet wird, die oberhalb oder unterhalb einer mittleren Schichtdicke liegt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Regelkreis verwendet wird, der als Eingangsgrößen eine Soll-Schichtdicke und eine gemessene Schichtdicke (26, 28) umfasst und als Ausgangsgröße ein Steuersignal für den Druck einer Düse (32) des Spritzkopfs (20) generiert.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schichtdicke (26) der aufgetragenen Schicht (18) vor dem Trocknen gemessen wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Regelung des Drucks durch Steuern einer materialzuführenden Pumpe und/oder durch Steuern eines Druckregelventils (36) erfolgt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die aufgetragene Schicht (18) ein Aktivmaterial für eine Elektrode einer Batterie ist.

8. Vorrichtung (10) zur Nassbeschichtung eines Substrats (12) umfassend einen Spritzkopf (20) mit mindestens einer Düse (32), eine Messeinrichtung (22, 24) und einen Trockner (30), **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spritzkopf mindestens zwei Düsen (32) umfasst und ein Regelgerät (42) vorgesehen ist, welches eingerichtet ist in Abhängigkeit einer Messung der Schichtdicke (26, 28) den Druck in jeder

Düse (32) unabhängig von den anderen Düsen (32) zu regeln.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Regelgerät (42) ferner eingerichtet ist, eine Messung der Schichtdicke (26, 28) in Abhängigkeit von einer Messposition (48) einer Düse (32) zuzuordnen.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messeinrichtung (22) vor dem Trockner (30) angeordnet ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass den Düsen (32) jeweils ein Druckregelventil (36) zugeordnet ist, welches zur Regelung des Drucks in der jeweiligen Düse (32) eingerichtet ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

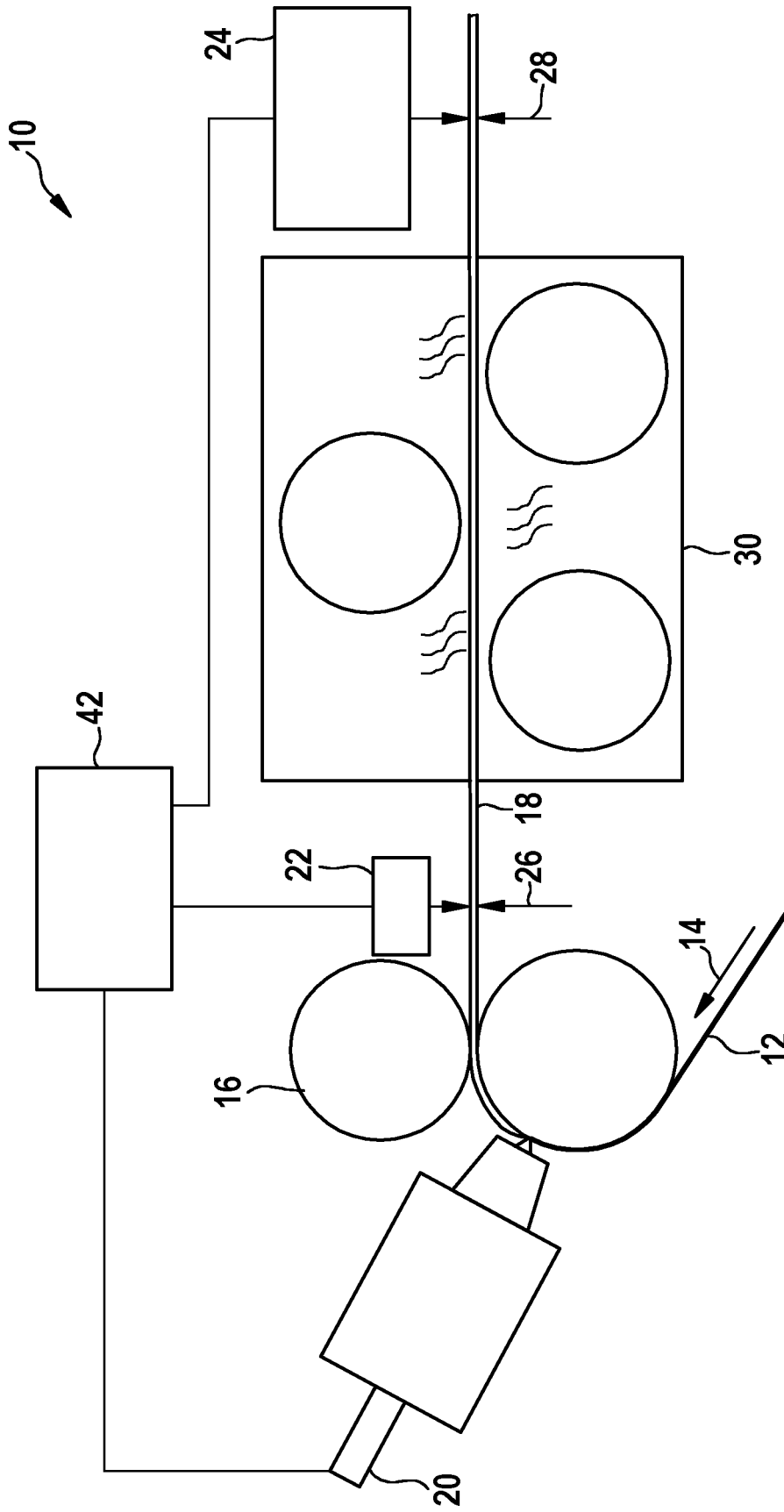


Fig. 1

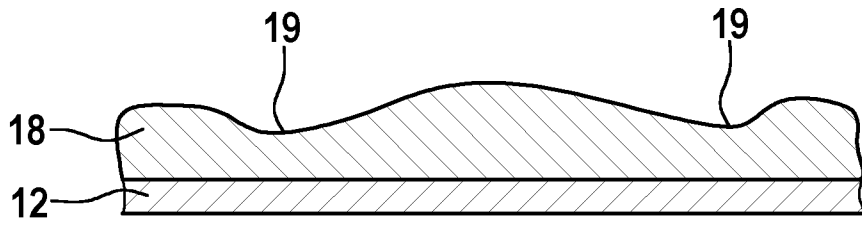


Fig. 2

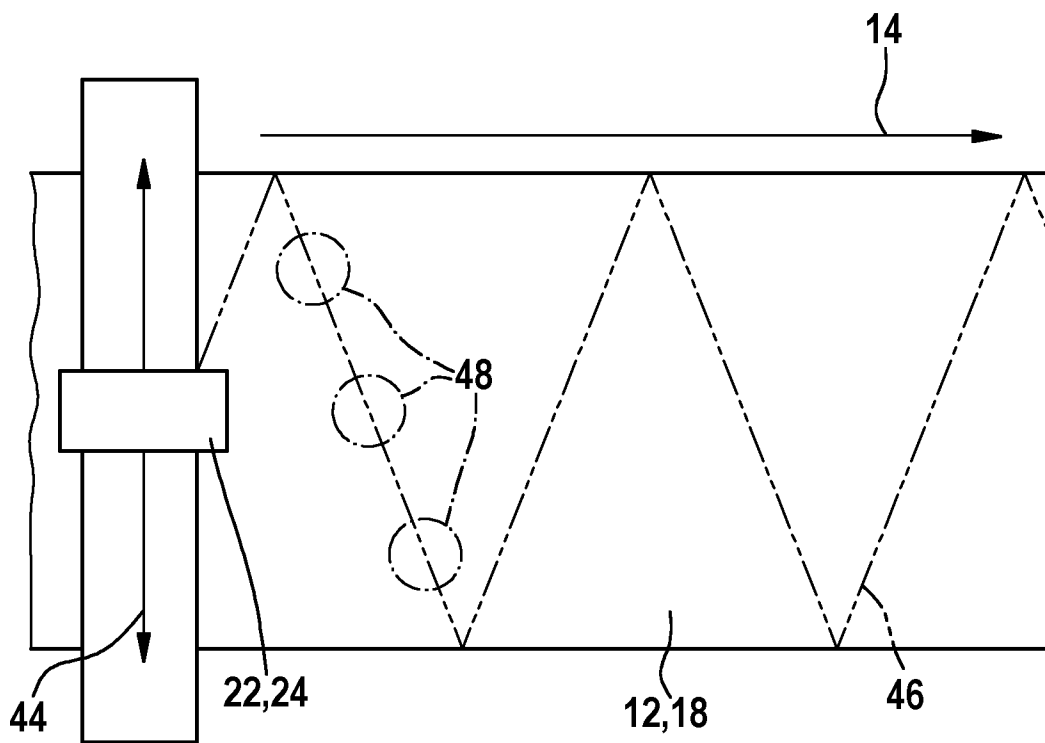


Fig. 3

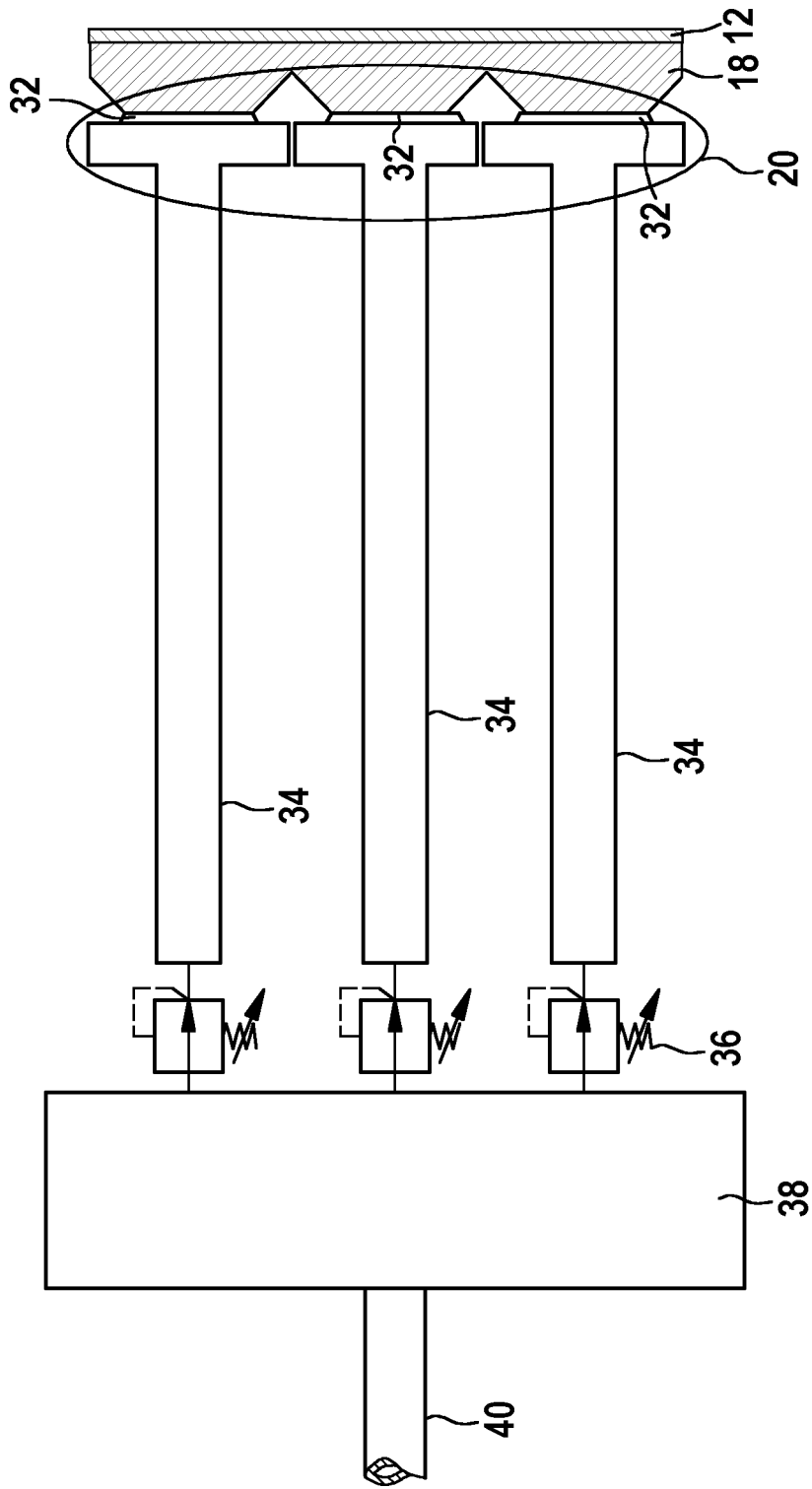


Fig. 4