



(10) **DE 10 2010 029 060 A1** 2011.11.24

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 029 060.2**

(22) Anmeldetag: **18.05.2010**

(43) Offenlegungstag: **24.11.2011**

(51) Int Cl.: **H01M 10/04** (2006.01)

H01M 10/052 (2010.01)

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469, Stuttgart, DE

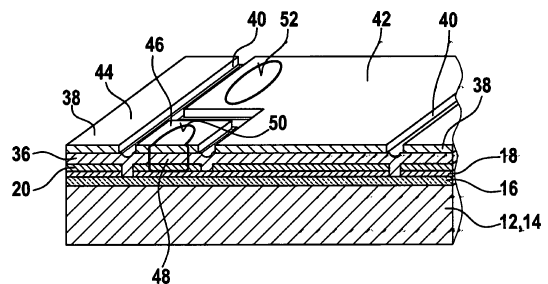
(72) Erfinder:

Pirk, Tjalf, 70195, Stuttgart, DE; Krauss, Andreas, 72072, Tübingen, DE; Moersch, Gilbert, 70563, Stuttgart, DE; Bohne, Laura, 73614, Schorndorf, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung einer Dünnschichtbatterie und entsprechende Dünnschichtbatterie**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Dünnschichtbatterie (10), wobei zur Bildung einer Schichtfolge der Batterie (10) mehrere Schichten (16, 18, 20, 36, 38) nacheinander auf einer Substratoberfläche eines Substrats (14) aufgebracht werden und unterschiedliche Bereiche (24, 26, 28; 30, 32, 34; 42, 44, 46) mindestens einer der zuvor aufgetragenen Schichten (18, 20, 38) voneinander lateral getrennt werden. Es ist vorgesehen, dass das Trennen mittels Laserstrahl erfolgt. Die Erfindung betrifft weiterhin eine entsprechende Dünnschichtbatterie (10).



Beschreibung

Offenbarung der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Dünnschichtbatterie, wobei zur Bildung einer Schichtfolge der Batterie mehrere Schichten nacheinander auf einer Substratoberfläche eines Substrats aufgebracht werden und unterschiedliche Bereiche mindestens einer der zuvor aufgetragenen Schichten voneinander lateral getrennt werden.

Stand der Technik

[0002] Eine als Dünnschichtbatterie beziehungsweise Dünnschichtbatterie ausgebildete Batterie ist bekannt. Diese ist zum Beispiel als Lithium-Ionenbatterie ausgebildet und besteht aus einem Schichtstapel von Sputter- oder Aufdampfschichten aus Li_3PO_4 (bzw. $\text{Li}_x\text{PO}_y\text{N}_z$) als Elektrolyt, $\text{Li}_{1+x}\text{Co}_x\text{O}_2$ als Kathode und einer Lithium-Silizium-Legierung als Anode. Als Kontakte dienen zum Beispiel Metall-Schichten.

[0003] Eine Weiterentwicklung mit Eignung auch für Anwendungen, die nicht am unteren Ende des Leistungsspektrums liegen, ist die sogenannte dreidimensionale Dünnschichtbatterie (3D-Dünnschichtbatterie). Bei dieser dreidimensionalen Dünnschichtbatterie wird über eine dreidimensional strukturierte Substratoberfläche die Nutzfläche der darauf aufgetragenen Dünnschichtbatterie gefaltet. So kann bei gleicher Substratgrundfläche ein Mehrfaches (z. B. Vierzigfaches) an Kapazität gespeichert und zudem die gespeicherte Ladung schneller aufgenommen und abgegeben werden. Es steht somit auch eine höhere Leistung zur Verfügung als bei einer auf einer ebenen Substratoberfläche aufgetragenen Dünnschichtbatterie.

[0004] Beiden Typen von Dünnschichtbatterien ist gemein, dass die verschiedenen Schichten des Schichtstapels, die für die Funktion der Batterie erforderlich sind, unterschiedlich strukturiert werden müssen. Ein Kurzschluss zwischen Kathode und Anode muss unterbunden werden, da auch ein noch so kleiner Kriechstrom die Eigenschaften der Batterie dramatisch verschlechtern kann. Mindestens eine der Elektroden muss daher typischerweise kleiner als die Elektrolytschicht geformt sein, damit sogenannte „Randschlüsse“ vermieden werden. Die eingesetzten Materialien für eine solche Dünnschichtbatterie sind jedoch empfindlich gegenüber Luft und Feuchtigkeit. Die klassischen Herstellungsverfahren der Mikroelektronik, insbesondere die lithographische Strukturierung mittels Fotolack und Entwicklerchemie, sind daher nur bedingt geeignet. Bei dreidimensionalen Dünnschichtbatterien kommt zusätzlich erschwerend hinzu, dass die relativ hohe Topographie der entsprechenden Substratoberfläche die Maskierung bei der lithographischen Strukturierung behindern kann.

[0005] Das erfindungsgemäße Verfahren mit den in Anspruch 1 genannten Merkmalen bietet den Vorteil, dass es eine Strukturierung einzelner Schichtbereiche von Schichten auch unter Vakuum- oder Schutzgasatmosphäre ermöglicht. Erfindungsgemäß erfolgt dazu das Trennen der Schichtbereiche mittels Laserstrahl. Das Trennen der unterschiedlichen Bereiche erfolgt durch Laserschneiden. Der Laserstrahl einer entsprechenden Lasereinrichtung zum Laserschneiden ist dabei vorzugsweise so fokussiert und ausrichtbar, dass Material der zuvor aufgetragenen Schicht(en) abgetragen wird. Dabei entstehen Einschnitte, die zumindest die zum Zeitpunkt des Trennens oberste Schicht vollständig durchtrennen und Schichtbereiche, die innerhalb der Schicht nicht mehr miteinander leitend verbunden sind. Durch ein Abrastern von Teilbereichen der Oberfläche der bis dahin aufgetragenen Schicht(en) lassen sich Schichtbereiche auch vollständig entfernen. Das Aufbringen der Schichten ist insbesondere ein Abscheiden der Schichten. Die Dünnschichtbatterie ist bevorzugt als Lithium-Ionenbatterie ausgebildet.

[0006] Ein derartiges Trennen mittels Laserstrahl lässt sich besonders gut mit einem Gasphasenabscheiden der Schichten kombinieren. Das Gasphasenabscheiden ist entweder ein physikalisches Gasphasenabscheiden (PVD: physical vapour deposition) oder ein chemisches Gasphasenabscheiden CVD-Verfahren (CVD: chemical vapour deposition). Das physikalische Gasphasenabscheiden ist bevorzugt ein Bedampfen und/oder ein Sputtern, ein bevorzugtes CVD Verfahren ist das ALD-Verfahren (Atomic Layer Deposition). Das Substrat ist ein Halbleitersubstrat, ein Keramiksubstrat, ein Glassubstrat und/oder ein Kunststoffsubstrat. Ist das Substrat ein Halbleitersubstrat, so ist auf diesem Halbleitersubstrat in einer bevorzugten Ausführungsform eine elektronische Schaltungsanordnung (ein integrierter Schaltkreis) aufgebaut.

[0007] Insbesondere ist vorgesehen, dass eine der Schichten eine Kathodenschicht und eine der Schichten eine Anodenschicht der Dünnschichtbatterie ist.

[0008] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind folgende Verfahrensschritte vorgesehen: (a) Aufbringen einer ersten Schicht auf der Substratoberfläche oder auf einer zuvor auf der Substratoberfläche aufgetragenen Isolationsschicht und Aufbringen einer zweiten Schicht auf der ersten Schicht, (b) laterales Trennen von Bereichen der zweiten Schicht voneinander und/oder laterales Trennen von Bereichen der ersten Schicht voneinander und Bereichen der zweiten Schicht voneinander, (c) Aufbringen einer dritten Schicht auf der zweiten Schicht und einer vierten Schicht auf der dritten Schicht und (d) laterales Trennen von Bereichen

der vierten Schicht voneinander und/oder laterales Trennen von Bereichen der dritten Schicht voneinander und der vierten Schicht voneinander.

[0009] Für diese Verfahrensschritte gilt insbesondere: Die erste Schicht ist eine Stromsammel-Schicht, die zweite Schicht ist die Kathodenschicht der Dünnschichtbatterie. Die als Kathodenschicht ausgebildete zweite Schicht ist insbesondere aus LiCoO_2 gebildet. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind diese ersten beiden Schichten nicht separat strukturiert, sondern werden gemeinsam mittels Laserstrahl strukturiert. Zur Strukturierung wird die entsprechende Lasereinrichtung mit an das Material und die Dicke der ersten beiden Schichten angepassten Parameter betrieben. Insbesondere wird durch dieses Strukturieren ein erster separater Bereich gebildet, der später einen Kathodenkontakt nach außen bildet und ein zweiter separater Bereich gebildet, der später einen Stromsammelkontakt nach außen bildet. Die dritte Schicht ist eine Elektrolytschicht, die vierte Schicht ist die Anodenschicht. In einem zweiten Strukturierungsschritt wird die Anodenschicht selektiv zur darunterliegenden Elektrolytschicht mit dem Laserstrahl geschnitten und so der Anodenbereich der Batterie vom Rest der Schicht elektrisch isoliert. Zur Strukturierung wird die entsprechende Lasereinrichtung mit an das Material und die Dicke der dritten und vierten Schicht angepassten Parametern betrieben. Ein zweiter elektrisch isolierter Bereich wird auf der Batteriestruktur vorgesehen, um in einem späteren Schritt einen Kontakt zum vergrabenen Stromsammel herzustellen.

[0010] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die dritte Schicht strukturiert, bevor die vierte Schicht aufgebracht wird. Insbesondere wird hierbei ein Bereich der dritten Schicht innerhalb des zweiten elektrisch isolierten Bereichs der vierten Schicht entfernt und der entsprechende Bereich der ersten und zweiten Schicht freigestellt, um den Kontakt zum vergrabenen Stromsammel oder zur Kathodenschicht in einem späteren Schritt direkt herstellen zu können.

[0011] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass weiterhin eine Deckschicht aufgebracht wird, die die Schichten zumindest teilweise abdeckt. Die eingesetzten Materialien für eine solche Dünnschichtbatterie sind empfindlich gegenüber Luft und Feuchtigkeit und werden durch die Deckschicht vor diesen Einflüssen geschützt.

[0012] Insbesondere ist vorgesehen, dass das Trennen der Bereiche mindestens einer Schicht ein isolierendes Trennen ist, bei dem die zu trennenden Bereiche der Schicht innerhalb dieser Schicht voneinander elektrisch isoliert werden.

[0013] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Kathodenschicht und/oder die Anodenschicht als vergrabene Schicht(en) der Schichtfolge ausgebildet ist/sind und eine Durchkontaktierung zu deren Kontaktierung nach außen erstellt wird.

[0014] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Aufbringen mindestens einer der Schichten in einer Gasphasenabscheidungsanlage durchgeführt wird und das Trennen der Bereiche dieser Schicht ebenfalls in dieser Gasphasenabscheidungsanlage durchgeführt wird. Vorzugsweise werden alle Schichten in ein und derselben In-situ-Gasphasenabscheidungsanlage abgeschieden, wobei auch das Trennen in dieser Gasphasenabscheidungsanlage durchgeführt wird. Die In-situ-Gasphasenabscheidungsanlage kapselt die herzustellende und/oder hergestellte Dünnschichtbatterie beim Abscheiden und beim Trennen von der Umgebungsluft der Anlage ab. Zum Trennen weist die Anlage ein Fenster auf, durch das der Laserstrahl in das Innere der Anlage gelangen kann.

[0015] Insbesondere ist vorgesehen, dass eine dreidimensional strukturierte Substratoberfläche bereitgestellt wird, auf der die Schichten aufgebracht werden. Die so hergestellte Dünnschichtbatterie ist eine dreidimensionale Dünnschichtbatterie. Bei dieser dreidimensionalen Dünnschichtbatterie wird über eine dreidimensional strukturierte Substratoberfläche die Nutzfläche der darauf aufgetragenen Dünnschichtbatterie gefaltet und so bei gleicher Substratgrundfläche ein Mehrfaches an Kapazität gespeichert und zudem die gespeicherte Ladung schneller aufgenommen und abgegeben. Es steht somit eine höhere Leistung zur Verfügung als bei einer auf einer ebenen Substratoberfläche aufgetragenen Dünnschichtbatterie.

[0016] Schließlich ist mit Vorteil vorgesehen, dass mittels des Laserstrahls mindestens eine der zuvor aufgetragenen Schichten in mindestens einem Bereich entfernt wird.

[0017] Die Erfindung betrifft weiterhin eine Dünnschichtbatterie, insbesondere eine Dünnschichtbatterie hergestellt gemäß einem vorstehend genannten Verfahren, mit einem Substrat und einer Schichtfolge der Batterie mit mehreren nacheinander auf einer Substratoberfläche des Substrats aufgetragenen Schichten, wobei unterschiedliche Bereiche mindestens einer der zuvor aufgetragenen Schichten durch mindestens eine Trennstruktur voneinander lateral getrennt sind und wobei diese Trennstruktur von mindestens einem mittels Laserstrahl erstellten Einschnitt in diese Schicht gebildet wird.

[0018] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Dünnschichtbatterie ist vorgesehen, dass eine der Schichten eine Kathodenschicht und eine der Schichten eine Anodenschicht ist. Insbesondere ist vorgesehen, dass die Kathodenschicht und/oder die Anodenschicht als vergrabene Schicht(en) der Schichtfolge ausgebildet ist/sind und eine Durchkontaktierung zu deren Kontaktierung nach außen erstellt ist.

[0019] Insbesondere ist vorgesehen, dass die Dünnschichtbatterie als dreidimensionale Dünnschichtbatterie ausgebildet ist. Dazu weist das Substrat eine entsprechend strukturierte Substratoberfläche auf, auf der die Schichten der Schichtfolge der dreidimensionalen Dünnschichtbatterie aufgebracht sind.

[0020] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Abbildungen mehrerer Ausführungsvarianten näher erläutert. Es zeigen:

[0021] [Fig. 1](#) bis [Fig. 5](#) den schrittweisen Aufbau einer Dünnschichtbatterie gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens, wobei [Fig. 5](#) die entsprechende Dünnschichtbatterie in Schnittdarstellung zeigt,

[0022] [Fig. 6](#) eine erfindungsgemäß hergestellte dreidimensionale Dünnschichtbatterie in Schnittdarstellung,

[0023] [Fig. 7](#) ein Vereinzeln mehrerer auf einem gemeinsamen Substrat hergestellten und in [Fig. 5](#) gezeigten Dünnschichtbatterien gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel und

[0024] [Fig. 8](#) ein Vereinzeln mehrerer auf einem gemeinsamen Substrat hergestellten und in [Fig. 5](#) gezeigten Dünnschichtbatterie gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel.

[0025] Die [Fig. 1](#) bis [Fig. 5](#) zeigen den schrittweisen Aufbau einer Dünnschichtbatterie **10** gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens. Dabei zeigt [Fig. 1](#) ein als Halbleitersubstrat **12** ausgebildetes Substrat **14** mit darauf aufgebracht (abgeschiedener) Isolationsschicht **16**. Auf der Isolationsschicht **16** wird zunächst eine als Stromsammlerschicht ausgebildete erste Schicht **18** abgeschieden. Anschließend wird auf dieser ersten Schicht **18** eine zweite Schicht **20** abgeschieden, die zum Beispiel aus LiCoO_2 besteht und die Kathodenschicht der Dünnschichtbatterie **10** bildet. Die ersten beiden Schichten **18**, **20** werden im gezeigten Beispiel nicht separat strukturiert, sondern gemeinsam.

[0026] [Fig. 2](#) zeigt das anschließende Strukturieren der ersten beiden Schichten **18**, **20**. Mittels geeigneter Parameter einer nicht gezeigten Lasereinrichtung zum Laserschneiden werden mittels Laserstrahl sich

über die Schichtdicken beider ersten Schichten **18**, **20** beziehungsweise der zweiten Schicht **20** erstreckende Einschnitte **22** eingebracht, die einen Kathodenbereich **28** der herzustellenden Batterie **10** elektrisch freistellen und von übrigen Bereichen **24**, **26** lateral trennt. Bereiche **30**, **32**, **34** der darunter liegende Stromsammlerschicht **18** werden dabei – zumindest bei einem Teil der Einschnitte **22** – ebenfalls lateral voneinander getrennt. Dieses Trennen erfolgt im gezeigten Ausführungsbeispiel gleichzeitig mit dem Trennen der Bereiche der zweiten Schicht **20** (Kathodenschicht). Optional kann gegebenenfalls der Kontaktierungsbereich **24** mit anderen Parameter vom aktiven Kathodenmaterial getrennt werden, hierbei muss die Stromsammlerschicht (erste Schicht **18**) jedoch unbedingt intakt, das heißt leitfähig, bleiben. Die entsprechende Stelle ist in [Fig. 2](#) durch die Markierung M gekennzeichnet.

[0027] [Fig. 3](#) zeigt eine auf der zweiten Schicht **20** abgeschiedene dritte Schicht **36**, die als Elektrolytschicht ausgebildet ist und eine auf dieser dritten Schicht **36** abgeschiedenen vierten Schicht **38**, die als Anodenschicht ausgebildet ist. Wiederum erfolgt keine Strukturierung der vergrabenen Schicht. Gestrichelt ist zudem die ebenfalls vergrabene Struktur der Kathodenschicht dargestellt.

[0028] In einem weiteren Strukturierungsschritt werden zum Trennen von Bereichen **42**, **44**, **46** mittels Laserstrahl Einschnitte **40** in die vierte Schicht **38** eingebracht. Mittels dieser Laserstrukturierung wird die vierte Schicht **33** (die Anodenschicht) selektiv zur darunterliegenden dritten Schicht **36** (der Elektrolytschicht) mit dem Laserstrahl und angepassten Parametern geschnitten und so der Anodenbereich **42** der Batterie **10** von den restlichen Bereichen **44**, **46** der Schicht **38** elektrisch isoliert. Dies ist in [Fig. 4](#) dargestellt. Ein zweiter elektrisch isolierter Bereich **46** wird auf der Batteriestruktur vorgesehen, um in einem späteren Schritt einer Kontakt zur vergrabenen ersten Schicht **18** (der Stromsammlerschicht) herzustellen (hier gepunktet dargestellt).

[0029] Je nach Anodenmaterial kann die Anodenschicht (vierte Schicht **38**) direkt kontaktiert werden oder muss noch mit einem geeigneten Material beschichtet werden. Zum Kontaktieren der Kathodenschicht (zweite Schicht **20**) wird ein geeignetes Material im Kathodenbereich zum Beispiel mittels Laser lokal erhitzt, so dass sich durch Diffusion des Materials in die Elektrolytschicht (dritte Schicht **36**) und die Kathodenschicht (zweite Schicht **20**) eine leitfähige Durchkontaktierung **48** (Via-Verbindung) herstellt (siehe [Fig. 5](#)). Falls die Anodenschicht (vierte Schicht **38**) nicht bereits aus einem geeigneten Material besteht, kann zum Beispiel eine geeignete Paste aufgebracht und erhitzt werden. Es wird eine Kontaktierungsfläche **50** der Kathode und eine Kontaktierungsfläche **52** der Anode gebildet. Optional kann abschlie-

ßend die Batterie **10** mit einer Passivierungsschicht versehen werden (nicht gezeigt), um die Lebensdauer der Batterie zu erhöhen. Die Kontaktierung von Kathode und Anode ist dementsprechend anzupassen.

[0030] **Fig. 5** beschreibt die Kontaktierung der in diesem Fall vergrabenen Kathodenschicht mittels „Lasersintern“, also dem lokalen Erhitzen des zuvor isolierten Bondpadbereichs **46**. Durch die Temperaturerhöhung wird die Diffusion z. B. des auch in diesem Bereich vorhandenen oberen Metalls oder einer speziell aufgetragenen Paste aktiviert und die Elektrolytschicht lokal durchdotiert. Beide Elektroden-schichten (zweite Schicht **20** und vierte Schicht **38**) können so von der Oberseite kontaktiert werden. Weitere, nicht dargestellte Varianten sind die Kontaktierung der unteren Elektroden-schicht (zweite Schicht **20**) entweder lateral, beispielsweise über eine in das Substrat **14** eingebrachte oder einprozessierte Schaltung, oder über Durchkontaktierungen im Substrat **14** (Vias), die die Kontaktierung von der Substratrückseite her ermöglichen. Je nach Leitfähigkeit kann auch das Substrat **12** selbst als Zuleitung genutzt werden, jedoch verringert jeder Serienwiderstand die Leistungswerte der Batterie **10**. In einer weiteren Variante wird die dritte Schicht (Elektrolytschicht) **36** vor Aufbringen der vierten Schicht (Anodenschicht) **38** selektiv entfernt und so die ansonsten vergraben liegenden Schichten kontaktierbar freigestellt. Bei Aufbringung einer Passivierungsschicht ist der Prozess der Kontaktierung entsprechend anzupassen.

[0031] Durch die Unabhängigkeit des Verfahrens von einer Maskierung lassen sich so auch Substrate **14** mit beliebiger Topographie (z. B. tiefe Gräben oder Löcher) strukturieren. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die Herstellung der in **Fig. 6** gezeigten dreidimensionalen Dünnschichtbatterie **54** von Vorteil. Da die Laserstrukturierung unabhängig von einer Maske oder dem Zustand des nicht strukturierten Substrats **14** ist, muss gegebenenfalls lediglich die Abscheidung an das Substrat **14** angepasst werden, nicht jedoch die Strukturierung. Das Substrat **14** der dreidimensionalen Dünnschichtbatterie **54** ist ein dreidimensional strukturiertes Substrat **56** mit beispielsweise parallel zueinander verlaufenden Gräben **58**, die eine dreidimensional gefaltete Dünnschichtbatterie (dreidimensionale Dünnschichtbatterie **54**) entstehen lässt.

[0032] Durch die Vorstrukturierung der Schichten **16**, **18**, **20**, **36**, **38** lassen sich die Batterien **10** schlussendlich vereinzeln, ohne dass beispielsweise das Risiko eines Kurzschlusses aufgrund von Verschmieren der Batteriematerialien beim Sägen besteht. Die funktionalen Bereiche sind vom Rand des Halbleitersubstrats **12** isoliert. Im Bild ist die Schnittlinie **60** der Anode etwas nach außen bzgl. der Schnittlinie **62** des Kathodenschnitts verlegt. Durch geeignetes Platzieren der Einschnitte **22**, **40** lassen sich auch

Kurzschlüsse beispielsweise aufgrund von Materialaufwerfungen beim ersten Laserstrukturieren die zum Beispiel durch die Elektrolytschicht hindurch stehen, vermeiden.

[0033] **Fig. 7** zeigt das Substrat **14** beim Vereinzeln der Batterien **10**. Entscheidend ist, dass ein Kurzschluss beim Sägen durch die Laserstrukturierung zuverlässig unterbunden werden kann.

[0034] Alternativ kann – bei geeignetem Strukturieren der unterliegenden Schicht ohne störende Aufwerfungen – die Strukturierung der Anode auch mittels eines Schritts erfolgen, bei dem die obere Schicht (vierte Schicht **38**) der Dünnschichtbatterie lediglich angesägt wird. Der eine dabei entstehende Bereich dieser Schicht **38** ist der Anodenbereich **42** mit der Kontaktierungsfläche **52** der Anode, der andere Bereich ist der Kontaktierungsbereich **50** der unterhalb der Anode angeordneten Kathode im Kathodenbereich **28**.

[0035] In **Fig. 8** ist eine Variante dargestellt, bei der die empfindlichen Li-Ionen-haltigen Schichten durch die obere Metallschicht oder eine erste Passivierungsschicht bis zum Sägen geschützt sind. Erst durch gezieltes Ansägen der oberen Schicht (vierte Schicht **38**) sowie der Metall- oder Passivierungsschicht entlang der Linie **64** und dem anschließenden Vereinzeln der den einzelnen Batterien **10** zugeordneten Teile der Gesamtstruktur durch Zersägen selbiger entlang der Linien **66** werden die Batterien **10** fertig gestellt. Hierbei ist durch Strukturierung der verborgenen Schichten sicherzustellen, dass kein Kurzschluss beim Sägen entsteht. Eine (weitere) Passivierungsschicht (bspw. Al_2O_3 mittels ALD: Atomic Layer Deposition) kann anschließend aufgebracht werden.

[0036] Der Aufbau kann natürlich auch in anderer Reihenfolge, also vergrabener Anodenschicht und oben liegender Kathodenschicht realisiert werden.

[0037] Als Substrat kommen viele Materialien in Betracht, wichtig ist die Widerstandsfähigkeit gegen die bei der Abscheidung der Schichten erforderlichen Temperaturen, sowie gegebenenfalls eine ausreichende Selektivität bei der Laserstrukturierung. Exemplarisch seien genannt:

- Silizium-Substrat, gegebenenfalls mit integrierter Schaltung oder integriertem mikromechanischen Bauelement, oder mit Durchkontaktierungen,
- Glas-Substrat, gegebenenfalls mit integrierten Durchkontaktierungen,
- Keramik und
- temperaturstabile Polymere.

[0038] Die einzelnen funktionalen Ebenen der Dünnschichtbatterie (z. B. Stromsammler, Kathode, Elektrolyt, Anode, Stromsammler, Passivierung, verglei-

che Fig. 1) werden nacheinander aufgebracht, insbesondere abgeschieden. Durch Behandlung mit einem geeigneten Verfahren, typischerweise einem Laserverfahren mit angepasster Wellenlänge, Leistung, Pulslänge, Pulsfrequenz und/oder Schreibgeschwindigkeit, werden Isolationsschnitte in die jeweilige Schicht eingebracht. In der Regel erfolgt dies, bevor eine nächste Schicht aufgebracht wird: Ziel ist, die gewünschten Schichten zuverlässig lateral zu isolieren, darunterliegende Schichten aber gegebenenfalls nicht zu schädigen beziehungsweise in ihrer Funktion zu beeinträchtigen.

[0039] Die Strukturierung kann bei einem Laserverfahren auch in-situ bspw. durch ein entsprechendes optisches Fenster in einer Kammer einer Abscheidanlage erfolgen. Die Kontamination der Kammer durch abgelöste Partikel beim Schneiden ist durch geeignete Maßnahmen zu verhindern wie bspw. Evakuierung der Kammer oder Schutzgasspülung.

[0040] Die Laserstrukturierung ist unabhängig vom Substratzustand, das heißt es können beispielsweise auch vorstrukturierte Substrate mit großen Topographien prozessiert werden (3D-Dünnschichtbatterien).

[0041] Es ergeben sich die folgenden Vorteile:

- Deutlich verbesserte Möglichkeiten zur Strukturierung der Schichten, insbesondere im Vergleich zu Schattenmasken. Der Platz auf dem Substrat (insbesondere Wafer) kann wesentlich effizienter genutzt und Verschnitte reduziert werden.
- Durch die Beschränkung auf einfache Isolationsschnitte kann die Strukturierung einer Ebene auf einem Substrat zum Beispiel innerhalb weniger Minuten und somit sehr schnell im Vergleich zu beispielsweise lithographischen Verfahren und separatem Ätzschritt erfolgen.
- Die Strukturierung interagiert nur mit den tatsächlich entfernten Bereichen des Substrats. Die Struktur und Form der restlichen Bereiche ist beliebig, sofern keine Abschattung auftritt. Es können somit tiefe Strukturen oder Durchgangslöcher im Substrat vorhanden sein.
- Durch die Trennung von Abscheidung und Strukturierung erfolgt auch kein „Unterlaufen“ der Maskierung, wie es beispielsweise bei CVD-Verfahren und Schattenmasken auftreten würde – zum Beispiel bei einer Abscheidung unter einer nicht perfekt plan aufliegenden Schattenmaske.
- Die Batteriegröße und -form kann schnell und flexibel den Anforderungen angepasst werden, sowohl von einem Substrat zum nächsten als auch unter Berücksichtigung der Vereinzelbarkeit – auf einem einzigen Substrat. Es ist kein externer Schritt zur Maskenherstellung nötig, es muss nur die Laserprogrammierung geändert werden.
- Serielle Verschaltung verschiedener Batterien zur Erhöhung der Nutzspannung ist platzsparend

„on-chip“ möglich durch entsprechende Strukturierung der Schichten.

- Die Möglichkeit der In-Situ-Strukturierung erlaubt die Herstellung einer solchen Batterie **10** ohne Vakuumbruch beziehungsweise ohne Kontakt der auf Feuchte und Luft empfindlich reagierenden Lithiumschichten mit beeinträchtigender oder sogar schädigender Atmosphäre. Hierzu muss in der Abscheidanlage, welche alle erforderlichen Schichten gegebenenfalls in verschiedenen Kammern abzuscheiden erlaubt, lediglich ein optisches Fenster vorgesehen werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Dünnschichtbatterie (**10**), wobei zur Bildung einer Schichtfolge der Batterie (**10**) mehrere Schichten (**16**, **18**, **20**, **36**, **38**) nacheinander auf einer Substratoberfläche eines Substrats (**14**) aufgebracht werden und unterschiedliche Bereiche (**24**, **26**, **28**; **30**, **32**, **34**; **42**, **44**, **46**) mindestens einer der zuvor aufgetragenen Schichten (**18**, **20**, **38**) voneinander lateral getrennt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Trennen mittels Laserstrahl erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine der Schichten (**20**, **38**) eine Kathodenschicht und eine der Schichten (**38**, **20**) eine Anodenschicht ist.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- Aufbringen einer ersten Schicht (**18**) auf der Substratoberfläche oder auf einer zuvor auf der Substratoberfläche aufgetragenen Isolationsschicht (**16**) und Aufbringen einer zweiten Schicht (**20**) auf der ersten Schicht (**18**),
- laterales Trennen von Bereichen (**24**, **26**, **28**) der zweiten Schicht (**20**) voneinander oder laterales Trennen von Bereichen (**30**, **32**, **34**) der ersten Schicht (**18**) voneinander und Bereichen (**24**, **26**, **28**) der zweiten Schicht (**20**) voneinander,
- Aufbringen einer dritten Schicht (**36**) auf der zweiten Schicht (**20**) und einer vierten Schicht (**38**) auf der dritten Schicht (**36**)
- laterales Trennen von Bereichen (**42**, **44**, **46**) der vierten Schicht (**38**) voneinander oder laterales Trennen von Bereichen der dritten Schicht (**36**) voneinander und der vierten Schicht (**38**) voneinander.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathodenschicht und/oder die Anodenschicht als vergrabene Schicht (**18**, **20**, **36**) der Schichtfolge ausgebildet sind und eine Durchkontaktierung (**48**) zu deren Kontaktierung nach außen erstellt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass weiterhin ei-

ne Deckschicht aufgebracht wird, die die Schichten **(16, 18, 20, 36, 38)** vollständig oder teilweise abdeckt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Trennen der Bereiche **(24, 26, 28; 30, 32, 34; 42, 44, 46)** mindestens einer Schicht ein isolierendes Trennen ist, bei dem die zu trennenden Bereiche **(24, 26, 28; 30, 32, 34; 42, 44, 46)** der Schicht **(18, 20, 38)** innerhalb dieser Schicht **(18, 20, 38)** voneinander elektrisch isoliert werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Aufbringen mindestens einer der Schichten **(16, 18, 20, 36, 38)** in einer Gasphasenabscheidungsanlage durchgeführt wird und das Trennen der Bereiche **(18, 20, 38)** mindestens einer Schicht **(18, 20; 38)** ebenfalls in dieser Gasphasenabscheidungsanlage durchgeführt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine dreidimensional strukturierte Substratoberfläche bereitgestellt wird, auf der die Schichten **(16, 18, 20; 36; 38)** aufgebracht werden.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mittels des Laserstrahls mindestens eine der zuvor aufgetragenen Schichten **(16, 18, 20, 36, 38)** in mindestens einem Bereich entfernt wird.

10. Dünnschichtbatterie **(10)**, insbesondere hergestellt gemäß einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Substrat **(12)** und einer Schichtfolge der Batterie **(10)** mit mehreren nacheinander auf einer Substratoberfläche des Substrats **(14)** aufgetragenen Schichten **(16, 18, 20, 36, 38)**, wobei unterschiedliche Bereiche **(24, 26, 28; 30, 32, 34; 42, 44, 46)** mindestens einer der zuvor aufgetragenen Schichten **(18, 20, 38)** durch mindestens eine Trennstruktur **(22, 40)** voneinander lateral getrennt sind und wobei diese Trennstruktur **(22, 40)** von mindestens einem mittels Laserstrahl erstellten Einschnitt **(22, 40)** in diese Schicht **(18, 20, 38)** gebildet wird.

11. Dünnschichtbatterie nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine der Schichten **(20, 38)** eine Kathodenschicht und eine der Schichten **(38, 20)** eine Anodenschicht ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

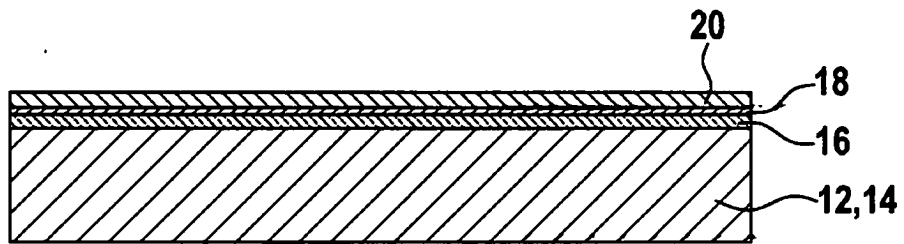


Fig. 2

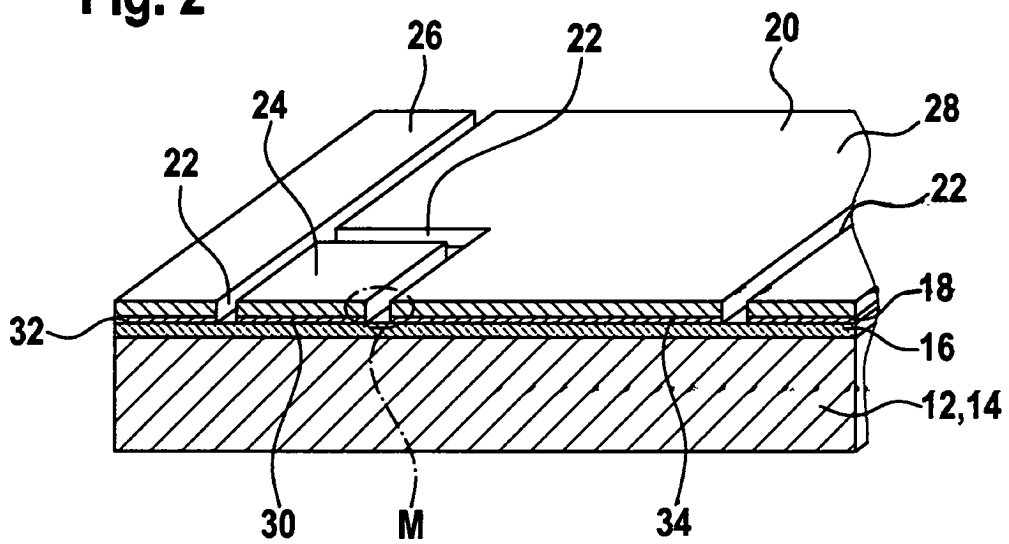


Fig. 3

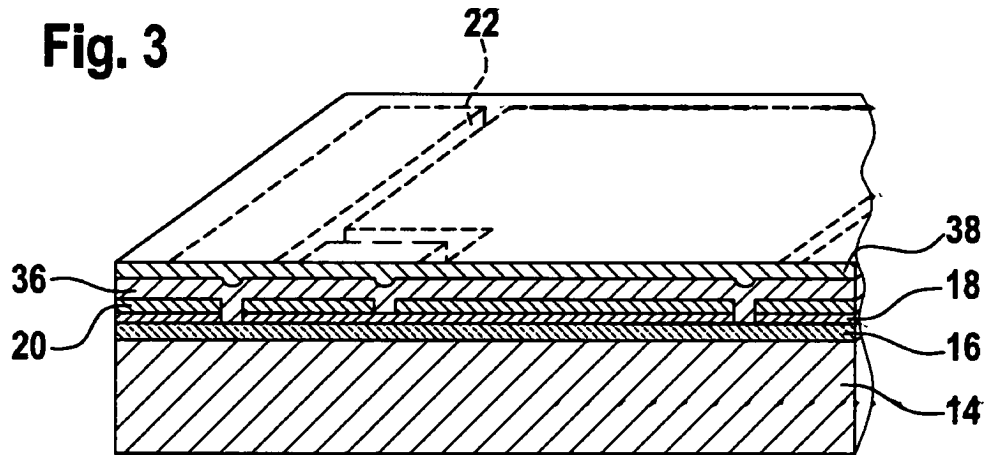


Fig. 4

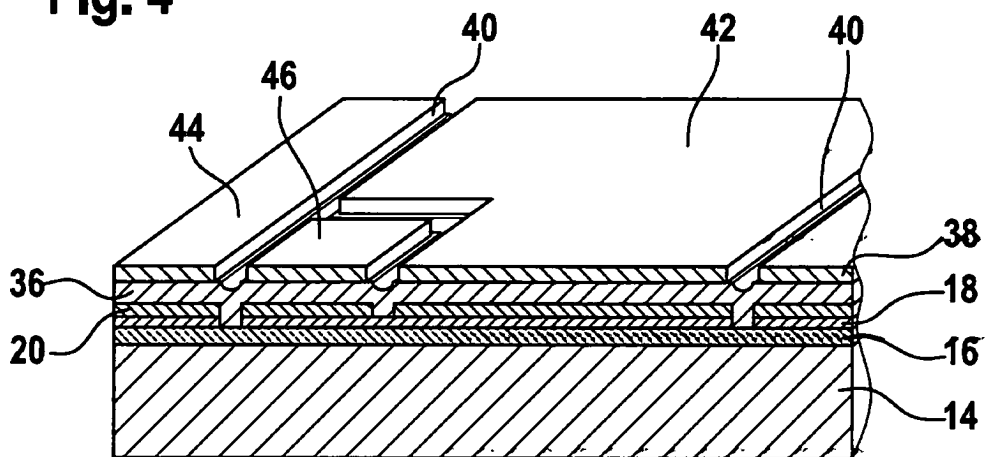


Fig. 5

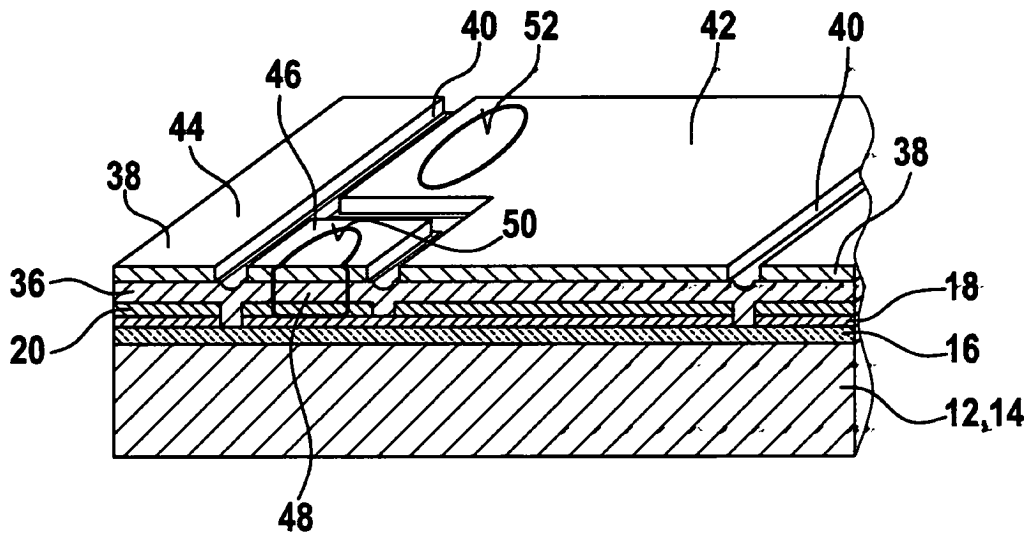


Fig. 6

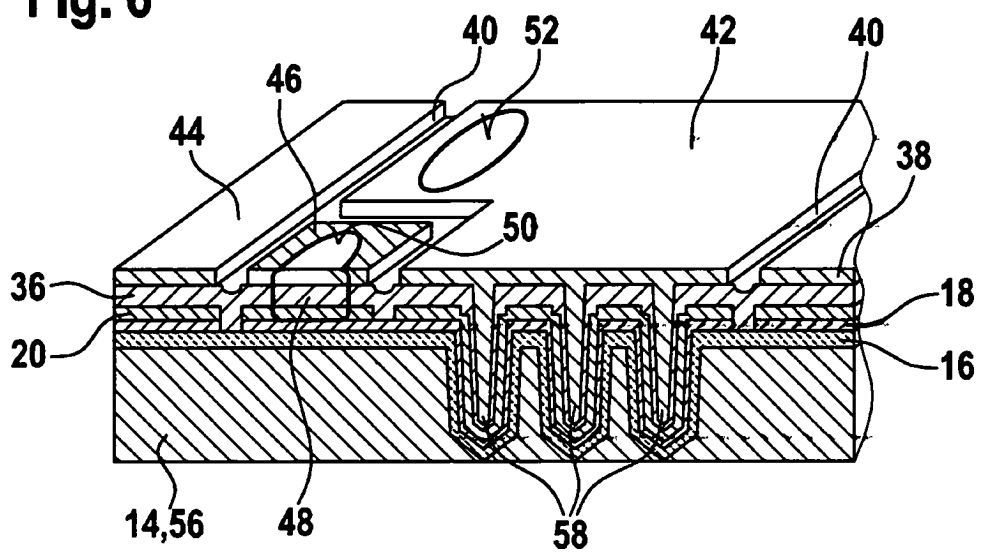


Fig. 7

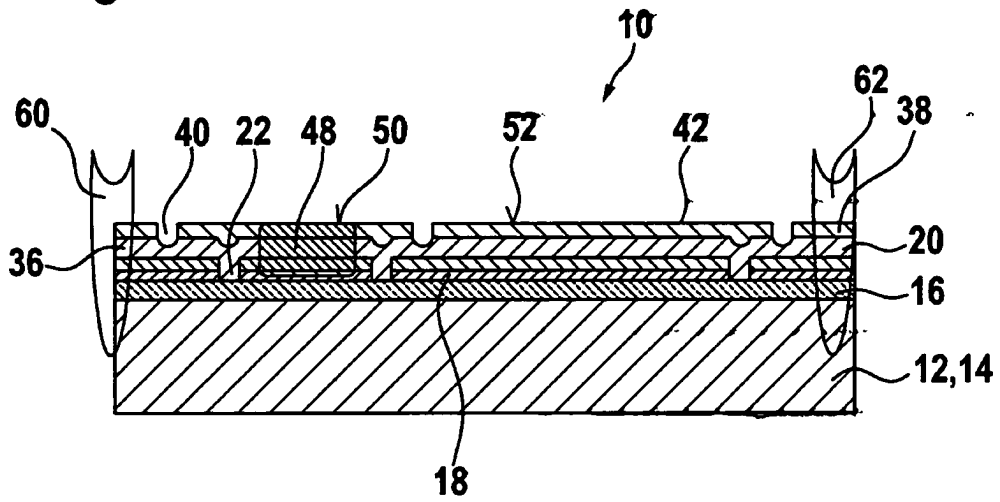


Fig. 8

