

- 1 -

Verfahren zur Herstellung von elektrischen Auslöseelementen für pyrotechnische Gegenstände

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von elektrischen Auslöseelementen für pyrotechnische Gegenstände wie Zünder oder Anzünder.

Elektrische Auslöseelemente dienen dazu, einen Primärexplosivstoff als erstes Glied einer Zünd- oder Anzündkette zu initiieren. Dazu wird die entstehende Wärme genutzt, die ein stromdurchflossener Widerstand abgibt. Der Primärexplosivstoff befindet sich in direktem Kontakt zum elektrischen Widerstand und wird durch Erreichen seiner Verpuffungstemperatur initiiert. Der elektrische Widerstand kann z.B. in Form eines Drahtes ausgeführt sein.

Das Herstellungsverfahren bezieht sich auf eine spezielle Form von Anzündelementen bei denen der elektrische Widerstand durch einen dünnen Metallfilm auf einer isolierenden Substratfläche gebildet wird. Derartige Auslöseelemente sind bereits seit vielen Jahren gebräuchlich. Die Widerstandsschicht aus einem Metall mit hohem spezifischem Widerstand wird dabei durch einen Physical Vapour Deposition-Prozess (PVD) auf das Substrat (z.B. Keramik oder Glas) aufgebracht und gegebenenfalls abseits der vorgesehenen wohldefinierten Widerstandsfläche durch eine weitere Schicht aus einem Material mit hoher elektrischer Leitfähigkeit verstärkt. Die Geometrie der Widerstandsfläche richtet sich nach den Anforderungen der Anwendung insbesondere in Bezug auf Widerstandswert und Initiierungscharakteristik (z.B. erforderliche Stromstärke). Bei gängigen Herstellungsverfahren wird die Form der Widerstandsfläche (deren Dicke durch die Schichtdicke des Metallfilm gegeben ist) durch Lasermaterialbearbeitung an jedem einzelnen Bauteil erzeugt.

Durch die Einwirkung der hohen Laserleistung während der Materialbearbeitung können an den Rändern des Laserschnitts unerwünschte Materialveränderungen auftreten. Diese Materialänderungen (sowohl geometrischer als auch substantieller Art) wirken sich negativ auf die Initiierungs-Charakteristiken der Widerstandsschicht aus. Außerdem ist die einzelne Bearbeitung jedes Auslöseelements sehr zeitaufwändig.

Die Erfindung hat sich die Aufgabe gestellt ein neues Verfahren zur Herstellung von Initialelemente basierend auf PVD-Schichten anzugeben, das eine saubere Ausgestaltung der Ränder der Widerstandsschichten zulässt. Außerdem war es wünschenswert, die

- 2 -

Herstellkosten zu reduzieren.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst, in dem zuerst photolithografisch ein Lack auf das Substrat aufgebracht wird. Dieser verhindert eine Beschichtung des Substrats in einem großflächigen Bereich, aber lässt einen in seiner Breite genau definierten Bereich der Substratoberfläche frei. Anschließend wird der PVD-Prozess auf Lack und Substrat durchgeführt. Dadurch wird eine elektrisch leitfähige Schicht zwischen den beiden Anschlusspolen des Auslöseelements hergestellt. Der Lack wird im Folgenden vom Substrat abgelöst, so dass man elektrisch nicht leitfähiges Substrat und einen in seiner Breite genau definierten Widerstandsbereich erhält, durch den später der Strom von einem Anschlusspol zum anderen fließen kann. Während des PVD-Prozesses wird die Dicke der Widerstandsschicht bereits eingestellt. Um die Länge ebenso genau zu erzeugen, wird erneut ein photolithografischer Prozess durchgeführt und ein genau definierter Bereich des Widerstandsstreifens mit Lack abgedeckt. Anschließend wird die gesamte Substratoberfläche mit einer relativ dicken Schicht gut leitfähigen Metalls überzogen (z.B. galvanische Vergoldung). Die Aufbringung des Metalls wird so gestaltet, dass in Bereichen die vom ersten Photolithographieprozess blankes Substrat aufweisen, kein Metall haftet. Anschließend wird der Lack vom zweiten Photolithographieprozess wieder abgelöst. Es bleibt ein durch den Photolack genau definierter Bereich übrig, der nur von der Schicht aus Metall mit hohem spezifischen Widerstand gebildet wird. Der erste Photolithographieprozess definiert die Breite der Widerstandsschicht und sorgt für Isolation in den umliegenden Gebieten, der zweite Prozess definiert die Länge und die zweite Schicht sorgt für gute elektrische Leitfähigkeit und gute Kontaktierung an den Anschlusspolen. Der PVD-Prozess selbst legt die Dicke der Widerstandsschicht fest. Zur genauen Einstellung des elektrischen Widerstands kann die PVD-Schicht ursprünglich zu dick ausgeführt werden und durch schrittweises Abtragen die Dicke verringert und damit der Widerstand genau eingestellt werden.

Falls keine Verstärkung der Kontaktflächen durch zusätzliche gut leitende Schichten erforderlich ist, kann die gesamte Widerstandsgeometrie mit einer geeigneten Fotomaske in einem einzigen Lithographieprozess realisiert werden.

Die Erfindung betrifft:

- ein Verfahren zur Herstellung von elektrischen Auslöseelementen für pyrotechnische Gegenstände, bei dem in einer ersten Stufe
 - a) photolithografisch ein Lack auf ein nicht elektrisch leitfähiges Substrat aufgebracht,

- 3 -

- b) mittels eines PVD-Prozesses ein leitfähiges Material in einer Schichtdicke von $0,02\ \mu\text{m}$ bis $8,0\ \mu\text{m}$ und mit einem spezifischen Widerstand von $0,1\ \Omega^*\text{mm}$ bis $5,0\ \Omega^*\text{mm}$ auf Lack und Substrat aufgebracht und
 - c) der Lack vom Substrat abgelöst wird
sowie gegebenenfalls in einer zweiten Stufe
 - d) erneut ein photolithografischer Prozess durchgeführt wird, bei dem ein genau definierter Bereich des Widerstandsstreifens mit Photolack abgedeckt,
 - e) die gesamte Substratoberfläche mit einer $0,1\ \mu\text{m}$ bis $20\ \mu\text{m}$ dicken Schicht eines Metalls mit einem spezifischen Widerstand von $0,01\ \Omega^*\text{mm}$ bis $0,1\ \Omega^*\text{mm}$ überzogen wird, wobei die Aufbringung des Metalls so gestaltet wird, dass in Bereichen die vom ersten Photolithographieprozess blankes Substrat aufweisen, kein Metall haftet und
 - f) der Lack vom zweiten Photolithografieprozess wieder abgelöst wird;
- ein Verfahren, bei dem durch den Photolithografieprozess in der ersten Stufe die Breite der Widerstandsschicht definiert und für Isolation in den umliegenden Gebieten gesorgt wird;
 - ein Verfahren, bei dem durch den Photolithografieprozess in der zweiten Stufe die Länge der Widerstandsschicht definiert wird;
 - ein Verfahren, bei dem durch den PVD-Prozess ein leitfähiges Material in einer Schichtdicke von $0,02\ \mu\text{m}$ bis $8,0\ \mu\text{m}$ und einem spezifischer Widerstand von $0,1\ \Omega^*\text{mm}$ bis $5,0\ \Omega^*\text{mm}$ aufgebracht sowie im Schritt b) die Dicke der Widerstandsschicht festgelegt wird;
 - ein Verfahren, bei dem die im Schritt b) aufgebrachte Schicht in einer den gewünschten Widerstandswert überschreitenden Dicke ausgeführt und durch schrittweises Abtragen die Dicke verringert sowie damit der Widerstand genau eingestellt wird;
 - ein Verfahren, bei dem für den Fall, dass keine Verstärkung der Kontaktflächen durch zusätzliche gut leitende Schichten erforderlich ist, die gesamte Widerstandsgeometrie mit einer Fotomaske in einem einzigen Lithografieprozess

- 4 -

realisiert wird;

- ein Verfahren, bei dem gegebenenfalls im Schritt e) eine gut elektrisch leitfähige Schicht aufgebracht wird;
- die Verwendung des Verfahrens zur Herstellung von pyrotechnischen Auslöseelementen und damit
- die photolithografische Erzeugung von Widerstandsschichten mit genau definierter Geometrie auf nichtleitendem Substrat,
- die Festlegung von Länge und Breite der Widerstandsschicht durch Nutzung von Photomasken zur gezielten Aushärtung von Photolack und
- Anwendung des beschriebenen Herstellverfahrens auf pyrotechnischen Auslöseelementen

Die besonderen Vorteile dieses Verfahrens liegen darin, dass sehr genau definierte Kanten des Widerstandsfilms entstehen und das Material über die gesamte Widerstandsfläche homogen ist (keine Materialveränderungen durch punktuelle Wärmeeinwirkung wie bei der Laserbearbeitung). Außerdem kann über Photomasken der Widerstand bei sehr vielen Auslöseelementen gleichzeitig aufgebracht werden und die Teile müssen im Fertigungsprozess erst zu einem späteren Zeitpunkt vereinzelt werden, was den Prozess schneller und kostengünstiger macht als herkömmliche Verfahren.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von elektrischen Auslöseelementen für pyrotechnische Gegenstände, dadurch gekennzeichnet, dass in einer ersten Stufe
 - a) photolithografisch ein Lack auf ein nicht elektrisch leitfähiges Substrat aufgebracht,
 - b) mittels eines PVD-Prozesses ein leitfähiges Material in einer Schichtdicke von $0,02\text{ }\mu\text{m}$ bis $8,0\text{ }\mu\text{m}$ und mit einem spezifischen Widerstand von $0,1\text{ }\Omega\cdot\text{mm}$ bis $5,0\text{ }\Omega\cdot\text{mm}$ auf Lack und Substrat aufgebracht und
 - c) der Lack vom Substrat abgelöst wirdsowie gegebenenfalls in einer zweiten Stufe
 - d) erneut ein photolithografischer Prozess durchgeführt wird, bei dem ein genau definierter Bereich des Widerstandsstreifens mit Photolack abgedeckt,
 - e) die gesamte Substratoberfläche mit einer $0,1\text{ }\mu\text{m}$ bis $20\text{ }\mu\text{m}$ dicken Schicht eines Metalls mit einem spezifischen Widerstand von $0,01\text{ }\Omega\cdot\text{mm}$ bis $0,1\text{ }\Omega\cdot\text{mm}$ überzogen wird, wobei die Aufbringung des Metalls so gestaltet wird, dass in Bereichen die vom ersten Photolithographieprozess blankes Substrat aufweisen, kein Metall haftet und
 - f) der Lack vom zweiten Photolithografieprozess wieder abgelöst wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass durch den Photolithografieprozess in der ersten Stufe die Breite der Widerstandsschicht definiert und für Isolation in den umliegenden Gebieten gesorgt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass durch den Photolithografieprozess in der zweiten Stufe die Länge der Widerstandsschicht definiert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass durch den PVD-Prozess im Schritt b) die Dicke der Widerstandsschicht festgelegt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die im Schritt b) aufgebrachte Schicht in einer den gewünschten Widerstandswert überschreitenden Dicke ausgeführt und durch schrittweises Abtragen die Dicke verringert sowie damit der Widerstand genau eingestellt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass für den Fall, das keine

- 6 -

Verstärkung der Kontaktflächen durch zusätzliche gut leitende Schichten erforderlich ist, die gesamte Widerstandsgeometrie mit einer Fotomaske in einem einzigen Lithografieprozess realisiert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass im Schritt e) eine gut elektrisch leitende Schicht aufgebracht wird.
8. Verwendung des Verfahrens nach Anspruch 1 bis 7 zur Herstellung von pyrotechnischen Auslöseelementen.