DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

# PATENTSCHRIFT

(12) Wirtschaftspatent

(19) DD (11) 276 697 A1

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

4(51) C 23 C 14/14

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| (21) | WP C 23 C / 321 400 6 | (22) | 03.11.88 | (44) | 07.03.90 |

(71) Technische Hochschule Wismar, Philipp-Müller-Straße, Wismar, 2400, DD
(72) Schippel, Erhard, Doz. Dr. sc. nat.; Völker, Torsten, Dipl.-Ing.; Breitlauch, Andreas, Dipl.-Ing., DD

## (54) Schichtsystem zur haftfesten Metallisierung piezoelektrischer Substratmaterialien

(55) Dünnschichttechnik, Aufdampfen im Vakuum, Aluminium-Aufdampfschicht, Aluminium-Legierungsschicht, Haftfestigkeit, Piezoelektrisches Material, Schichtsystem, Akustoelektronische Bauelemente, Oberflächenwellenfilter

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Schichtsystem zur haftfesten Metallisierung von piezoelektrischen Substratmaterialien für die Herstellung von mikroelektronischen und mikroakustischen Bauelementen der Elektronik, mit dem Ziel, die Ausbeute und Qualität dieser Bauelemente zu erhöhen. Die haftfeste Metallisierung, beispielsweise von einkristallinen Lithiumniobat-Substratscheiben, durch Aufdampfen im Vakuum wird erfindungsgemäß durch ein Schichtsystem erreicht, welches aus einer unteren Aluminium-Silizium-Mischschicht nicht konstanter Zusammensetzung und einer Aluminium-Deckschicht besteht. Die Mischschicht enthält an der Grenzfläche zum Substrat mindestens 70% Silizium. Der Siliziumanteil wird dann reduziert, so daß ab einer Schichtdicke von 30 bis 50 Nanometern die Deckschicht nur noch aus Aluminium besteht.

ISSN 0433-6461

3 Seiten

## Patentansprüche:

1. Schichtsystem zur haftfesten Metallisierung piezoelektrischer Substratmaterialien, insbesondere von polierten einkristallinen Lithiumnibat-Substraten, durch Aufdampfen im Vakuum, **dadurch gekennzeichnet,** daß an der Grenzfläche Substrat-Metallisierung die Aluminium-Aufdampfschicht mindestens 70% Silizium enthält, der Silizium-Anteil sich in Richtung der Substratoberfläche kontinuierlich verringert, so daß ab 30 bis 50 Nanometer die Metallisierung bis zur Gesamtschichtdicke nur noch aus Aluminium besteht.
2. Schichtsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß die mindestens 70% enthaltende Grenzschicht nicht dicker als 15 bis 20 Nanometer ist, darüber der Silizium-Anteil kontinuierlich abnimmt und ab 50 Nanometer Dicke die Schicht aus reinem Aluminium besteht.

### Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Schichtsystem zur haftfesten Metallisierung von piezoelektrischen Substratmaterialien für die Herstellung von mikroelektronischen und mikroakustischen Bauelementen mittels Verfahren der Aufdampftechnik im Hochvakuum.

### Charakteristik des bekannten Standes der Technik

In zunehmenden Maße werden in der Nachrichtentechnik frequenzselektive Bauelemente mit speziellen technischen Daten benötigt und eingesetzt. Zu deren Herstellung werden bestimmte piezoelektrische Materialien, insbesondere auch einkristallines Lithiumniobat verwendet. Anregung und Empfang der auf dem piezoelektrischen Material erzeugten und sich ausbreitenden Oberflächenwellen erfolgt durch kammerartige, ineinandergreifende Elektroden, die fotolithographisch aus einer aufgedampften Metallschicht hergestellt werden. Da die Strukturbreiten dieser Interdigitalwandler zum Teil kleiner als drei Mikrometer sind, werden an die Haftfestigkeit der aufgedampften Metallschicht, vorzugsweise Aluminium, hohe Forderungen gestellt, denn Ausbeute, Qualität und Zuverlässigkeit der Bauelemente hängen davon ab. Voraussetzung für eine fehlerfreie Metallisierung ist eine saubere Oberfläche. Es ist bekannt, daß durch eine Glimmbehandlung im Restgas und auch durch eine erhöhte Substrattemperatur die Haftfestigkeit der aufgedampften Schicht verbessert werden kann. Substratoberflächen piezoelektrischer Materialien, insbesondere auch Lithiumniobat, können jedoch durch Temperaturerhöhung stark statisch aufgeladen werden, wodurch die Haftfestigkeit der aufgedampften Metallschicht beeinträchtigt wird. Es ist auch bekannt, daß Zwischenschichten die Haftfestigkeit verbessern können, wenn sie eine Reaktion zwischen Substrat und Metallisierung unterbinden. Weiterhin werden für Aluminium-Aufdampfschichten aus Lithiumniobatsubstraten gute Haftfestigkeiten erreicht, wenn Chrom- oder Siliziumoxid-Zwischenschichten in Kombination mit einer Glimmentladung aufgebracht werden. Ohne Minderung der Haftfestigkeit wird auch der Aluminiumaufdampfschicht auf Siliziumsubstraten Silizium bis 5% zugegeben, um die Siliziumdiffusion aus dem Substrat in die Aufdampfschicht zu reduzieren. Silizium wird nach den Patentschriften DD 19324, DD 209484 und DD 29960 dem Aluminium zur Erhöhung der Härte und der Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit zugesetzt. Die Metallisierung muß für den elektrischen Anschluß bei der Bauelementeherstellung gut bondfähig sein. Zusätze über 1% zum Aluminium reduzieren jedoch schon merklich die Bondfähigkeit. Aluminium-Aufdampfschichten auf Lithiumniobatsubstratscheiben, insbesondere wenn diese abweichend vom YZ-Schnitt hergestellt worden sind, haben nachweislich den Nachteil, daß sie keine ausreichende und ganzflächig gute Schichthaftung besitzen.
Durch diesen Nachteil ergeben sich Probleme bei der Realisierung technisch derzeitig möglicher kleiner Strukturbreiten für den Interdigitalwandler und erhebliche Materialverluste durch die nicht optimale Nutzung der gesamten Substratscheibe für Chips zur Bauelementekomplettierung.

### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, den Nachteil der unzureichenden Haftfestigkeit der Aluminium-Metallisierung auf piezoelektrischen Substratmaterialien durch ein im Vakuum aufgedampftes Schichtsystem zu beseitigen, welches aus einer unteren Aluminium-Silizium-Mischschicht, nicht konstanter Zusammensetzung und einer Aluminium-Deckschicht besteht.

### Darlegung des Wesens der Erfindung

Die technische Aufgabe der Erfindung besteht darin, auf piezoelektrischen Substratmaterialien, die sich auch statisch aufladen können, ein beispielsweise einkristallines Lithiumniobat, geschnitten abweichend vom YZ-Schnitt, durch Aufdampfen im Vakuum mit einem Schichtsystem zu versehen, das reproduzierbar, ganzflächig äußerst haftfest und gut bondfähig ist und nach bekannten Verfahren fotolithographisch strukturiert werden kann, so daß die Strukturbreiten des Interdigitalwandlers verkleinert werden können, die Chipausbeute zur Bauelementeherstellung pro Substratscheibe steigt und die Qualität und Zuverlässigkeit der damit hergestellten Bauelemente sich erhöht. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Schichtsystem gelöst, daß aus einer Aluminium-Silizium-Mischschicht und einer Aluminiumschicht besteht, deren Aufbau durch die Steuerung der Aufdampfung so gestaltet wird, daß an der Grenzfläche zum piezoelektrischen Substrat die Mischschicht mindestens 70% Silizium enthält, dann der Siliziumanteil stark reduziert wird, so daß aber einer Schichtdicke von 30 bis 50 Nanometern bis zu einer Gesamtschichtdicke von etwa 400 Nanometern die Schicht nur aus Aluminium besteht. Dieses Schichtsystem hat sich

gegenüber der reinen Aluminiumschicht als besonders haftfest erwiesen, offenbar weil Silizium selbst und mit dem Restgas entstehende nichtstöchiometrische $SiO_x$-Verbindungen die Haftfestigkeit zum Substratmaterial beträchtlich steigern. Die geringe Dicke der eigentlichen Mischschicht gegenüber der Gesamtschichtdicke von etwa 400 Nanometern beeinträchtigt nicht die Qualität der fotolithographisch zu erzeugenden Interdigitalstruktur. Die dicke Deckschicht aus reinem Aluminium garantiert hier die für Aluminium typische gute Bondfähigkeit für den elektrischen Anschluß. Gegenüber unter gleichen Bedingungen aufgedampften reinen Aluminiumschichten die bei Haftfestigkeitsuntersuchungen teilweise oder ganzflächig Schichtablösungen zeigten, konnte bei dem erfindungsgemäßen Schichtsystem keine Schichtablösung vom Substrat festgestellt werden.

**Ausführungsbeispiel**

Die Aufdampfung des erfindungsgemäßen Schichtsystems erfolgt im Vakuum auf die gründlich gereinigte Substratoberfläche, beispielsweise auf polierte einkristalline Lithiumniobatscheiben. Eine Glimmbehandlung der Substratoberfläche im Restgas des Vorvakuums kann entfallen.
Durch getrennte zeitgleiche Verdampfung der Schichtkomponenten Aluminium und Silizium im Hochvakuum kann das Schichtsystem aufgedampft werden. Es ist dabei vorteilhaft, zu Beginn der Verdampfung die Substrate mittels einer Blende abzudecken, um die erforderlichen Aufdampfraten der beiden Komponenten zu messen und einzustellen. Wenn der Siliziumanteil mindestens 70% beträgt, ist die Blende zu öffnen und mit dem Aufdampfen der Mischschicht zu beginnen. Dann wird kontinuierlich die Aufdampfrate des Siliziums verringert, bei gleichzeitiger Erhöhung der Aufdampfrate des Aluminiums, so daß die Siliziumkonzentration ab einer Schichtdicke von 30 bis 50 Nonometern gleich Null ist und bis zur gewünschten Gesamtschichtdicke nur noch aus Aluminium besteht.
Das thermische Aufdampfen des erfindungsgemäßen Schichtsystems kann auch aus einem entsprechend gestalteten Doppelverdampfer erfolgen, wobei auch die unterschiedliche Verdampfbarkeit von Aluminium und Silizium genutzt werden kann.