



AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21) WP H 01 G/ 223 286

(22) 13.08.20

(45) 30.06.82

(71) siehe (72)

(72) STEINFELDER, KARL, DR. DIPL.-ING.; HEISIG, ULLRICH, DR. RER. NAT. DIPL.-PHYS.; SCHILLER, SIEGFRIED, DR. RER. NAT. DIPL.-PHYS.; MEHR, DIETRICH, DR. DIPL.-ING.; DD; THUSS, BERND, DR. RER. NAT. DIPL.-PHYS.; HOLZMUELLER, KARL, DIPL.-ING.; DD;

(73) siehe (72)

(74) HORST SCHMIDT, FORSCHUNGSIINSTITUT M. V. ARDENNE, 8051 DRESDEN, ZEPPELINSTR. 7

(54) VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG DER ELEKTRODEN VON KERAMIKKONDENSATOREN

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung der Elektroden von Keramikkondensatoren, wie Miniaturfolienkondensatoren und Scheibenkondensatoren. Das Ziel der Erfindung ist die Schaffung eines wirtschaftlichen Beschichtungsprozesses, und die Aufgabe ist die Verringerung des Materialeinsatzes und guenstige Materialauswahl. Geloest wird die Aufgabe durch strukturiertes Hochratezerstauben mittels Plasmation dadurch, daß beidseitig ein Loetschichtsystem < 300 nm dick aufgebracht wird, indem beidseitig selbstfedernde Masken aufgedrueckt werden, bei einem Druck von $7 \cdot 10^{-2}$ bis $7 \cdot 10^{-1}$ Pa beidseitig eine Haftschiicht und danach eine loeffaehige Schicht mit Auftreffwinkel < 70° aufgestaeubt werden und danach auerhalb des Vakuums die Elektroden durch Flaechenbelotung aufgebracht werden.

223286 -1-

Verfahren zur Herstellung der Elektroden von Keramikkondensatoren

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung der Elektroden von Keramikkondensatoren, besonders für keramische Kleinkondensatoren, wie Miniaturfolienkondensatoren und Scheibenkondensatoren.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Die gebräuchlichsten Verfahren zur Herstellung von Elektroden für Keramikkondensatoren sind die chemische Vernickelung, das Aufspritzen, Aufschleudern und Siebdrucken mit anschließendem Einbrennen von Silbersuspensionen und das Aufdampfen von dicken Kupfer- oder Nickelschichten im Hochvakuum.

Material und Schichtdicke der Elektroden werden dabei so gewählt, daß eine ausreichend große elektrische Leitfähigkeit in einem einzelnen Beschichtungsprozeß erreicht wird. Die erforderliche Schichtdicke liegt z. B. für eingearbeitete Silberschichten im Bereich von mehreren μm und für aufgedampfte Kupferschichten im Bereich von $1 \mu\text{m}$. Diese Schichtdicken sind erforderlich, um auf der rauen Oberfläche der Kondensatorkeramik eine Schicht mit ausreichender Leitfähigkeit zu erhalten. Elektroden mit schlechter Leitfähigkeit führen zu einer Erhöhung der dielektrischen Verluste des Kondensators. Diese rela-

tiv großen Schichtdicken sind außerdem erforderlich, weil die gebräuchlichen Elektrodenmaterialien wie Silber oder Kupfer eine große Lösungstension in üblichen Zinnloten aufweisen. Dünnerne Schichten führen beim Armieren des Bauelementes zu Parameterverschlechterungen bzw. Ausfällen infolge Durchlegierens der Lötschicht.

Zur Einhaltung eines engen Toleranzbereiches der Kapazitätswerte müssen die Elektroden eine definierte Geometrie und eine Kantenschärfe von kleiner als 0,1 mm besitzen. Kann die Beschichtung der Kondensatoren aus verfahrenstechnischen Gründen, wie z. B. bei der chemischen Vernickelung, nicht strukturiert erfolgen, so muß der erforderliche Isolationsabstand zwischen den Elektroden durch aufwendige mechanische Schleifprozesse erzeugt werden, wobei zusätzlich die Gefahr der Verschleppung des Elektrodenmaterials in die Poren der Keramik im Bereich der geschliffenen Isolationsflächen besteht.

Beim Aufspritzen und nachfolgendem Einbrennen der Elektroden erfolgt die Strukturierung durch die Verwendung von massiven Schablonen beim Aufspritzen.

Es ist bekannt, beim Hochvakuumbedampfen die Strukturierung der Elektroden durch die Verwendung von geätzten oder gestanzten Blechmasken durchzuführen. Die erforderliche Kantenschärfe wird bei diesen Verfahren auch bei relativ großem Abstand zwischen Maske und Keramikoberfläche erreicht, da die Verdampferquellen im allgemeinen eine geringe flächenhafte Ausdehnung besitzen und weil außerdem im Hochvakuum, also bei großer freier Weglänge der Dampfteilchen, gearbeitet wird. Außerdem liegt der Abstand zwischen Verdampfer und Substrat im Bereich von mehreren 100 mm. Der Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, daß die Materialauswahl für die Elektroden im wesentlichen auf Reinmetalle beschränkt ist und daß sich das Verfahren wegen der zu geringen Standzeit der Verdampferquellen nur wenig für die automatisierte Beschichtung eignet.

Weiterhin ist es bekannt, Elektroden für Keramikkondensatoren durch Hochrate-Zerstäuben aufzubringen. Dabei wird nach dem Aufstäuben einer Haftschicht aus Cr oder CrNi ohne Vakuumunterbrechung eine dicke Kontaktschicht aus Cu von ca. 500 nm Dicke aufgestäubt (DD-PS 132 090).

Das Verfahren ist mit dem Mangel behaftet, daß Kupferschichten bis zu einer Dicke von 500 nm bei der industriell durchgeführten lokalen Armierung in Lötautomaten zu Ausfällen des Bauelementes infolge Durchlegierens der Kupferschicht führen. Andererseits können Schichten mit Dicken wesentlich über 500 nm mit üblicherweise verwendeten Blechmasken durch Hochrate-Zerstäuben nicht mit ausreichender Strukturgenauigkeit hergestellt werden, da hierbei großflächige Teilchenquellen in geringem Abstand zum Substrat benutzt werden und eine Streuung der Teilchen am Entladungsgas eintritt.

Ziel der Erfindung

Durch die Erfindung sollen die beschriebenen Mängel des Standes der Technik überwunden werden und gleichzeitig eine Erhöhung der Wirtschaftlichkeit des Beschichtungsprozesses unter Beibehaltung der elektrischen Parameter der Kondensatoren erreicht werden.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung der Elektroden für Keramikkondensatoren zu schaffen, welches unter Nutzung der vorteilhaften Eigenschaften des Hochrate-Zerstäubens hinsichtlich der Materialauswahl und des geringen Materialverbrauchs ermöglicht, Festwertkondensatoren mit geringer Toleranz herzustellen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch Hochratezerstäubung mit dem Plasmatron unter Verwendung von Masken in einem einzigen Vakuumprozeß dadurch gelöst, daß beidseitig ein Lötenschichtsystem mit einer Gesamtschichtdicke von kleiner als 300 nm aufgebracht

wird. Die Strukturierung dieses dünnen Lötschichtsystems erfolgt durch beidseitig auf die Keramikoberfläche aufgedrückte, selbstfedernde Masken, die im Bereich ihrer Strukturkanten dicht auf das Substrat aufgedrückt werden. Durch das federnde Aufdrücken wird nicht nur die erforderliche Kantenschärfe erreicht, sondern es werden auch gleichzeitig Unebenheiten der Keramikkörper und herstellungsbedingte Dickeuntoleranzen der Keramik ausgeglichen, die bis zu 0,1 mm betragen können.

Das Aufstäuben des Lötschichtsystems erfolgt bei einem Druck zwischen $7 \cdot 10^{-2}$ Pa und $7 \cdot 10^{-1}$ Pa. Dabei wird zunächst eine Haftschicht beidseitig auf das Substrat und anschließend ebenfalls beidseitig eine lötfähige Schicht aufgebracht. Der Auf treffwinkel der kondensierenden Teilchen beträgt weniger als 70° zur Flächennormalen.

Anschließend an den Prozeß der Aufstäubung der Lötschicht wird in bekannter Weise außerhalb des Vakuums eine gut leitende Elektrode durch Flächenbelotung der strukturierten Lötschicht, vorzugsweise mit einem Kupferzinnlot, aufgebracht.

Durch die geringe Schichtdicke des Lötschichtsystems, die federnd aufgedrückten Masken sowie durch die Begrenzung der Auf treffwinkel der kondensierenden Teilchen im Vakuumbeschichtungsprozeß auf weniger als 70° zur Flächennormalen wird eine hohe Strukturgenauigkeit beider Teilschichten des Lötschichtsystems erreicht. Die Geometrie beider Teilschichten stimmt mit hoher Genauigkeit überein. Auf diese Weise wird eine Verschlechterung der elektrischen Parameter durch eine nicht deckungsgleiche Haftschicht vermieden. Außerdem tritt kein Randbereich mit schlechter Haftung der lötfähigen Schicht auf, wie das insbesondere der Fall ist, wenn sehr dicke Lötschichten zur Anwendung kommen.

Es ist zweckmäßig, die Haftschicht aus Cr oder NiCr in einer Dicke von 20 nm bis 60 nm aufzubringen.

Die lötfähige Schicht wird zweckmäßig in einer Dicke bis zu 250 nm aus einer Kupferlegierung, vorzugsweise aus CuNi, hergestellt. Das Haftschichtmaterial und das vorgeschlagene Material für die lötfähige Schicht sind ausgesprochene Widerstandsmaterialien und führen in Verbindung mit der geringen Schichtdicke zu einer sehr schlechten elektrischen Leitfähigkeit des Gesamtschichtsystems. Daher kann dieses Schichtsystem nicht gleichzeitig als Elektrode des Kondensators dienen.

Überraschenderweise zeigt sich, daß bei einer geringen Schichtdicke des Lötschichtsystems von kleiner als 300 nm die schlechte Leitfähigkeit des Lötschichtmaterials in diesem Fall keinen nachteiligen Einfluß auf die elektrischen Parameter des Kondensators ausübt. Andererseits erlaubt der Einsatz von z. B. Kupfernickel-Legierungen die Anwendung derartig geringer Schichten, da die Löslichkeit dieses Materials im Lot nur gering ist. Die Flächenbelotung ist äußerst produktiv, so daß sich die Gesamtökonomie der Herstellung der Elektroden wesentlich verbessert, obwohl zusätzlich zur Vakuumbeschichtung ein weiterer Verfahrensschritt erforderlich ist. Entscheidend für die Verbesserung der Ökonomie ist die Verringerung der Beschichtungskosten im Teilschritt Vakuumbeschichtung, da hier gegenüber bekannten Verfahren zur Herstellung der Elektroden nur eine sehr geringe Schichtdicke zur Anwendung kommt.

Ausführungsbeispiel

Zur Durchführung des Verfahrens ist eine Hochrate-Zerstäubungsanlage erforderlich, die die beidseitige Beschichtung der Substrate mit zwei Teilschichten, die das Lötschichtsystem, bestehend aus Haftschicht und lötfähiger Schicht, bilden, in Vakuumfolge ermöglicht. Die beidseitige Beschichtung der Kondensatoren mit dem Lötschichtsystem kann durch die Anordnung von je zwei Plasmatronquellen auf beiden Seiten der Substrate erfolgen. Einen anderen Lösungsweg für die beidseitige Beschichtung stellt das Wenden der Substrate in der Vakumanlage bei Verwendung von nur je einer Plasmatronquelle mit Targets aus

dem Material der Haft- bzw. lötfähigen Schicht dar. Außerdem ist eine Einrichtung zur Flächenbelotung, z. B. ein Tauchlöt-automat, erforderlich.

Die scheibenförmigen Grundkörper der Keramikkondensatoren mit einem Durchmesser von 12 mm aus dem Werkstoff N 750 werden unmittelbar nach dem Sintern in die Paletten der Zerstäubungsanlage eingelegt. In den Paletten werden selbstfedernde Masken mit einer Bohrung von 10 mm Ø beidseitig durch entsprechende Einrichtungen auf die Keramikscheiben aufgedrückt. In der Zerstäubungsanlage werden die Paletten zunächst in einer Vakuumkammer mit dem Haftsichtmaterial Nickelchrom 80/20 mit einer Dicke von 50 nm beidseitig beschichtet. Unmittelbar daran schließt sich die beidseitige Beschichtung mit einer 200 nm dicken Kupfernickelschicht 90/10 an. Durch Blenden, die zwischen den Plasmatronquellen und den Paletten angeordnet sind, werden die Auftreffwinkel der kondensierenden Teilchen auf Werte von kleiner als 70° zur Flächennormalen beschränkt. Unmittelbar nach der Beschichtung werden die Paletten aus der Zerstäubungsanlage entnommen, und die Kondensatoren werden in eine Halterung für das Tauchlöten umgesetzt. In einem Tauchlöt-automaten erfolgt die Flächenbelotung und gleichzeitige Armierung der Keramikkörper im Bereich des strukturiert aufgebrachten Lötschichtsystems unter Verwendung eines Kupferzinnlotes. Damit sind die Elektroden auf den Trägerkörpern hergestellt. Die fertiggestellten Kondensatoren weisen in ihren Parametern vergleichbar gute Werte auf wie die mit den bisher angewendeten Beschichtungsverfahren hergestellten Bauelemente.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur Herstellung der Elektroden von Keramikkondensatoren durch Hochratezerstäuben mittels Masken in einem Vakuumprozeß, dadurch gekennzeichnet, daß beidseitig ein Lötenschichtsystem mit einer Gesamtschichtdicke von kleiner als 300 nm aufgebracht wird, indem beidseitig auf die Keramikoberfläche selbstfedernde Masken aufgedrückt werden und bei einem Druck von $7 \cdot 10^{-2}$ Pa bis $7 \cdot 10^{-1}$ Pa beidseitig eine Haftschicht und anschließend eine lötfähige Schicht mit einem Auftreffwinkel von kleiner als 70° zur Flächennormalen aufgebracht wird und daß danach eine gut leitende Elektrode durch Flächenbelotung außerhalb des Vakuums aus einem Kupferzinnlot aufgebracht wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Haftschicht Cr oder NiCr in einer Dicke von 20 nm bis 60 nm aufgebracht wird.
3. Verfahren nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß als lötfähige Schicht CuNi in einer Dicke von 250 nm aufgebracht wird.