



(10) **DE 10 2019 112 238 A1** 2020.11.12

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2019 112 238.4**

(22) Anmeldetag: **10.05.2019**

(43) Offenlegungstag: **12.11.2020**

(51) Int Cl.: **G01B 11/06** (2006.01)

**G01K 7/16** (2006.01)

**G01N 25/20** (2006.01)

**G01R 31/50** (2020.01)

**H01L 21/66** (2006.01)

(71) Anmelder:

**HELLA GmbH & Co. KGaA, 59557 Lippstadt, DE**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Jabbusch Siekmann & Wasiljoff,  
26131 Oldenburg, DE**

(72) Erfinder:

**Neumann, Arndt, 28816 Stuhr, DE**

(56) Ermittelte Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>40 17 440</b>	<b>A1</b>
<b>CN</b>	<b>108 413 882</b>	<b>A</b>

**CN 108 413 882 A Maschinenübersetzung,  
Espacenet, abgerufen am 28.01.2020**

**D. Nowak, S.Plawski, A. Dziedzic: Temperature fields and reliability of thick-film components under pulse mode operation. In: Proc. 17th Intern. Conf. Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES, Breslau, 2010**

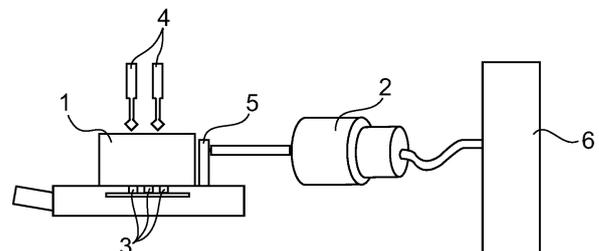
**P. Winiarski et al.: Analysis of steady-state and transient thermal properties of cermet, polymer and LTCC thick-film resistors. In: Emerald Circuit World 40/1 (2014) 17-22**

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Kontrolle der Beschichtung eines elektronischen Bauteils**

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zur Kontrolle der Beschichtung eines elektronischen Bauteils, wobei das elektronische Bauteil mindestens ein elektrisches Widerstandselement aufweist und wobei die Schichtdicke mindestens einer Beschichtung thermographisch bestimmt wird, ist erfindungswesentlich vorgesehen, dass das elektrische Widerstandselement elektrisch kontaktiert wird, dass an das Widerstandselement eine elektrische Spannung angelegt wird, dass die Temperatur des elektronischen Bauteils im Bereich des Widerstandselementes in zeitlicher Abhängigkeit erfasst wird und dass aus dem zeitlichen Temperaturverlauf auf die Schichtdicke der Beschichtung des elektronischen Bauteils im Bereich des Widerstandselementes geschlossen wird.



### Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kontrolle der Beschichtung eines elektronischen Bauteils, wobei das elektronische Bauteil mindestens ein elektrisches Widerstandselement aufweist und wobei die Schichtdicke mindestens einer Beschichtung thermographisch bestimmt wird.

**[0002]** Die Qualitätskontrolle von Beschichtungen ist insbesondere in der Serienproduktion von elektronischen Bauteilen von großer Bedeutung. Beispielsweise können Beschichtungen dazu eingesetzt werden, ein elektronisches Bauteil gegen äußere Umwelteinflüsse wie Luftfeuchtigkeit oder Ähnliches zu schützen. Eine unvollständige oder zu dünne Beschichtung kann beispielsweise zu einer Undichtigkeit des elektronischen Bauteils führen, so dass eine ordnungsgemäße Funktion nicht gewährleistet werden kann.

**[0003]** Bekannt sind beispielsweise automatische optische Inspektionsverfahren, sogenannter AOI-Verfahren, bei denen mittels Bildverarbeitungsverfahren die hergestellten Bauteile untersucht werden. Insbesondere im Bereich der Qualitätskontrolle von Beschichtungen können optische Inspektionsverfahren fehlerbehaftet und zeitaufwendig sein, da fehlerhafte Beschichtungen optisch nur schwer zu erkennen sind. Weiterhin ist es möglich, eine Wärmefluss-Thermographie einzusetzen, bei der der zu untersuchende Beschichtungsbereich mittels einer Energiequelle, beispielsweise mittels eines Infrarotblitzes, thermisch angeregt und der Temperaturverlauf nach der thermischen Anregung untersucht wird. Insbesondere kann durch einen Infrarotblitz die Oberfläche einer Beschichtung thermisch angeregt werden. Die an der Oberfläche eingebrachte Wärme verteilt sich zeitabhängig in dem Beschichtungsmaterial, wobei aus dem zeitlichen Verlauf der Temperaturverteilung auf die Schichtdicke geschlossen werden kann. Materialfehler können hierbei als Temperaturdifferenzen wahrgenommen werden.

**[0004]** Bei der Untersuchung der Schichtdicke einer Beschichtung eines elektronischen Bauteils ist es zumeist notwendig, die Beschichtungsdicke über einem bestimmten Bauelement, beispielsweise über einem Widerstandselement, zu ermitteln. Die Verwendung von Wärmefluss-Thermographie zur Bestimmung der Schichtdicke über einem bestimmten elektrischen Element des elektronischen Bauteils ist problematisch, da bei der Wärmefluss-Thermographie ein ganzer Bereich an der Oberfläche der Beschichtung thermisch angeregt wird und eine Zuordnung einer erfassten Temperaturentwicklung zu einem unter der Beschichtung angeordneten elektrischen Element schwierig ist.

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zur Kontrolle der Beschichtung eines elektronischen Bauteils vorzuschlagen, bei dem eine Bestimmung der Schichtdicke über einem unter der Beschichtung befindlichen elektrischen Element mit geringem Zeitaufwand möglich ist.

**[0006]** Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Weiterbildungen und vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

**[0007]** Bei einem Verfahren zur Kontrolle der Beschichtung eines elektronischen Bauteils, wobei das elektronische Bauteil mindestens ein elektrisches Widerstandselement aufweist und wobei die Schichtdicke mindestens einer Beschichtung thermographisch bestimmt wird, ist erfindungswesentlich vorgesehen, dass das elektrische Widerstandselement elektrisch kontaktiert wird, dass an das Widerstandselement eine elektrische Spannung angelegt wird, dass die Temperatur des elektronischen Bauteils im Bereich des Widerstandselementes in zeitlicher Abhängigkeit erfasst wird und dass aus dem zeitlichen Temperaturverlauf auf die Schichtdicke der Beschichtung des elektronischen Bauteils im Bereich des Widerstandselementes geschlossen wird. Bei einem Verfahren zur Kontrolle der Beschichtung eines elektronischen Bauteils wird ein Bauteil mit einem elektrischen Widerstandselement untersucht. Insbesondere soll hierbei eine ausreichende Beschichtung, also eine hinreichende Schichtdicke der Beschichtung über dem elektrischen Widerstandselement, gewährleistet sein, sodass das elektrische Widerstandselement gegen Umwelteinflüsse geschützt ist. Zur Bestimmung der Schichtdicke über dem elektrischen Widerstandselement kommt ein thermographisches Verfahren zum Einsatz, bei dem das elektronische Bauteil thermisch angeregt wird und die zeitliche Entwicklung der thermischen Anregung erfasst wird. Zur thermischen Anregung des elektronischen Bauteils wird das Bauteil elektrisch kontaktiert. Insbesondere kann das elektronische Bauteil Kontaktbereiche, beispielsweise eine Schnittstelle wie eine Steckerverbindung, aufweisen, mit der das elektronische Bauteil auch im späteren Betrieb, also in der Verwendung, kontaktiert werden kann. Durch die Kontaktbereiche ist auf einfache Art und Weise eine elektrische Kontaktierung des elektronischen Bauteils und insbesondere des Widerstandselementes des elektronischen Bauteils gegeben. An das Widerstandselement wird über die elektrische Kontaktierung eine Spannung angelegt. Durch das Anlegen einer Spannung kommt es zu einem Aufheizen des Widerstandselementes. Die Temperatur des elektronischen Bauteils im Bereich des Widerstandselementes wird durch eine Temperaturerfassungseinrichtung, beispielsweise durch ein Pyrometer oder eine Wärmebildkamera oder Ähnliches, von außen insbesondere berührungslos bestimmt. Insbesondere

re wird hierbei die Temperaturentwicklung der Außenbeschichtung des elektronischen Bauteils im Bereich des Widerstandselementes, also der das Widerstandelement bedeckenden Beschichtung, untersucht. Hierbei kann beispielsweise die Anfangstemperatur beim Anlegen der elektrischen Spannung, also die Normaltemperatur der Beschichtung, und die Temperatur nach einem Zeitintervall bestimmt werden. Aus dem zeitlichen Verlauf der Temperatur, insbesondere aus dem Temperaturanstieg, lässt sich auf die Schichtdicke der Beschichtung schließen. Insbesondere kann beispielsweise bei einer dünnen Beschichtungsdicke die Temperatur der Außenbeschichtung im Bereich des Widerstandselementes wesentlich schneller ansteigen als bei einem ausreichend beschichteten Widerstandselement. Für den zeitlichen Verlauf der Temperatur nach Anlegen der elektrischen Spannung können Grenzwerte definiert werden, oberhalb derer das elektronische Bauteil als in Ordnung anzusehen ist und unterhalb derer das elektronische Bauteil als nicht in Ordnung anzusehen ist. Durch die Verwendung des Widerstandselementes als Energiequelle für eine thermographische Schichtdickenbestimmung ist eine genaue lokale Auflösung des Widerstandselementes und eine genaue Bestimmung der Schichtdicke der über dem Widerstandelement angeordneten Beschichtung ermöglicht. Die Schichtdickenbestimmung kann beispielsweise mittels einer Auswerteeinrichtung ausgewertet werden und an eine allgemeine Prozesssteuerung, die den Herstellungsprozess des elektronischen Bauteils steuert, ausgegeben werden.

**[0008]** In einer Weiterbildung des Verfahrens wird der Temperaturverlauf mittels mindestens eines Pyrometers erfasst.

**[0009]** Bei einem Pyrometer handelt es sich um ein Strahlungsthermometer, mit dem berührungslos Temperaturen erfasst werden können. Somit kann nach Anlegen der Spannung die Temperaturentwicklung an der Außenseite des elektronischen Bauteils, insbesondere die Temperatur der Beschichtung über dem elektrischen Widerstandselement, berührungslos und mit hoher zeitlicher Auflösung erfasst werden.

**[0010]** In einer Weiterbildung des Verfahrens wird der Temperaturverlauf mittels mindestens einer Wärmebildkamera erfasst. Mittels einer Wärmebildkamera lässt sich die Temperatur berührungslos und mit hoher lokaler und zeitlicher Auflösung erfassen. Durch das Aufheizen des Widerstandselementes lässt sich die Position des Widerstandselementes unter der Beschichtung mittels des Wärmebildes gut erfassen. Insbesondere können Temperaturmessungen an einer Vielzahl von baugleichen Bauteilen in rascher Abfolge, beispielsweise bei einer Massenproduktion in einer Fabrik, durchgeführt werden.

**[0011]** In einer Weiterbildung des Verfahrens wird der zeitliche Temperaturverlauf in Form eines Temperaturanstieges in einem festgelegten Messzeitintervall erfasst und aus dem Temperaturanstieg wird auf die Schichtdicke der Beschichtung geschlossen. Beim Anlegen einer Messspannung an ein Widerstandselement kommt es zu einer Wärmeentwicklung und zu einer Verbreitung der Wärme in dem auf das Widerstandselement aufgebracht Beschichtungsmaterial. Je höher die Temperatur an der Oberfläche der Beschichtung in einem bestimmten Messzeitintervall nach Anlegen der Messspannung steigt, desto geringer ist die Schichtdicke der Beschichtung. Zur Bestimmung der Schichtdicke wird eine bestimmte Messspannung, beispielsweise eine Messspannung von 10 V - 30 V, an das Widerstandselement angelegt und der Temperaturanstieg der Außenbeschichtung des elektronischen Bauteils im Bereich des Widerstandselementes innerhalb eines Messzeitintervalls wird bestimmt. Aus dem Temperaturanstieg innerhalb des Messzeitintervalls wird auf die Schichtdicke geschlossen. Beispielsweise kann ein Schwellwert für den Temperaturanstieg festgelegt werden, der eine Schichtdicke als in Ordnung oder nicht in Ordnung ausgibt.

**[0012]** In einer Weiterbildung des Verfahrens weist das Messzeitintervall eine Länge von mindestens 0,5 Sekunden und höchstens 5 Sekunden, insbesondere von 1 Sekunde, auf. Es wird ein Messzeitintervall definiert, um einen Vergleich des Temperaturanstieges an der Außenbeschichtung eines Widerstandselementes mit einem Schwellwert zu ermöglichen. Um eine Messung einer Vielzahl von Bauteilen in rascher Abfolge zu ermöglichen, ist das Messzeitintervall kurz gewählt. Vorzugsweise beträgt das Messzeitintervall eine Sekunde. Zur Bestimmung des Temperaturanstieges wird die Temperatur zu Beginn des Messzeitintervalls, also die Normaltemperatur der Beschichtung über dem Widerstandselement, ohne angelegte Spannung bestimmt und die Temperatur der Beschichtung über dem Widerstandselement nach einer Sekunde nach Anlegen der Messspannung bestimmt. Aus dem Startwert und dem Endwert der Temperatur wird eine Differenz gebildet, durch die der Temperaturanstieg innerhalb des Messzeitintervalls definiert ist.

**[0013]** In einer Weiterbildung des Verfahrens wird ein Messzeitintervall mit dem Anlegen der elektrischen Spannung an das Widerstandselement gestartet. Ein erster Messwert der Temperatur der Beschichtung des elektronischen Bauteils im Bereich des Widerstandselementes wird zu Beginn des Messzeitintervalls bei Anlegen der elektrischen Spannung, also bei Normaltemperatur des Widerstandselementes, aufgenommen. Ein zweiter Temperaturmesswert wird am Ende des Messzeitintervalls, beispielsweise nach einer Sekunde, bestimmt. Aus Starttemperaturwert und Endtempera-

turwert kann der Temperaturanstieg innerhalb des Messzeitintervalls bestimmt werden und somit auf die Schichtdicke der Beschichtung geschlossen werden. Ebenfalls können mehrere Temperaturmesswerte fortlaufend, also kontinuierlich, erfasst werden, wobei zur Bestimmung des Temperaturanstieges bestimmte Messwerte aus der Vielzahl an Messwerten ausgewählt werden.

**[0014]** In einer Weiterbildung des Verfahrens handelt es sich bei dem elektronischen Bauteil um eine Sensorvorrichtung und bei dem Widerstandselement um ein Widerstandsthermometer. Bei dem elektronischen Bauteil kann es sich um eine Sensorvorrichtung, insbesondere um eine Temperaturmesseinrichtung, handeln. Bei dem Widerstandselement kann es sich um ein Widerstandsthermometer handeln, das zur Temperaturbestimmung eingesetzt werden kann. Somit eignet sich das Widerstandsthermometer durch Anlegen einer Spannung auch zum Heizen, wodurch die Beschichtung über dem Widerstandselement überprüft werden kann.

**[0015]** In einer Weiterbildung des Verfahrens wird die Schichtdicke durch einen im Vorfeld bestimmten und in einer Auswerteeinrichtung hinterlegten Zusammenhang zwischen Temperaturverlauf und Schichtdicke bestimmt. Zur Bestimmung der Schichtdicke der Beschichtung aus dem Temperaturverlauf nach thermischer Anregung ist die Bestimmung eines Zusammenhanges, insbesondere eines Formelzusammenhanges, zwischen dem Temperaturverlauf und der Schichtdicke notwendig. Dieser Zusammenhang wird im Vorfeld bestimmt und beispielsweise in einer Auswerteeinrichtung, beispielsweise in einer Steuerungseinrichtung, hinterlegt, sodass der formelmäßige Zusammenhang zur Auswertung zur Verfügung steht.

**[0016]** In einer Weiterbildung des Verfahrens wird anhand einer Auswahl an elektronischen Bauteilen mit bekannten Schichtdicken ein Formelzusammenhang zwischen dem Temperaturanstieg in dem Messzeitintervall und der Schichtdicke bestimmt. Die Schichtdicke einer Beschichtung wird anhand des Temperaturanstieges der Beschichtung über einem Widerstandselement nach Anlegen einer Spannung innerhalb eines Messzeitintervalls bestimmt. Hierzu ist ein Formelzusammenhang zwischen der Schichtdicke und dem Temperaturanstieg in dem Messzeitintervall notwendig. Der Formelzusammenhang wird im Vorfeld anhand einer Auswahl an elektronischen Bauteilen bestimmt. Die ausgewählten elektronischen Bauteile weisen vorzugsweise unterschiedliche Schichtdicken der Beschichtung über dem Widerstandselement auf. Diese Schichtdicken können genau mittels röntgentechnischer Methoden ermittelt werden. An die elektronischen Bauteile mit bekannten Schichtdicken, insbesondere an deren Widerstandselemente, wird eine Messspannung, die

auch in späteren Serienüberprüfungen zur Verwendung kommt, angelegt. Es wird beispielsweise die Normaltemperatur vor Anlegen der Spannung sowie die Temperatur nach einem bestimmten Messzeitintervall erfasst und hieraus der Temperaturanstieg der Beschichtung im Bereich des Widerstandselementes bestimmt. Für verschiedene elektronische Bauteile mit verschiedenen Schichtdicken sind somit die jeweiligen zu erwartenden Temperaturanstiege bekannt. Entsprechend lässt sich aus den Messwerten der verschiedenen elektronischen Bauteile ein Formelzusammenhang errechnen, aus dem sich bei bekanntem Messzeitintervall und bekannter Messspannung zu einem erfassten Temperaturanstieg die Schichtdicke der Beschichtung berechnen lässt.

**[0017]** In einer Weiterbildung des Verfahrens wird die Schichtdicke der Auswahl an elektronischen Bauteilen mittels röntgentechnischer Methoden bestimmt. Zur Bestimmung des Formelzusammenhanges zwischen dem Temperaturanstieg in einem Messzeitintervall und der Schichtdicke ist im Vorfeld eine genaue Bestimmung der Schichtdicken an einer Auswahl an elektronischen Bauteilen notwendig. Hierzu werden die Schichtdicken der Beschichtung über dem Widerstandselementes röntgentechnisch bestimmt. Hierbei wird das elektronische Bauteil abschnittsweise mit Röntgenstrahlung bestrahlt und im Röntgenbild wird die Schichtdicke bestimmt.

**[0018]** In einer Weiterbildung des Verfahrens wird aus den jeweils aus Schichtdicke und erfasstem Temperaturanstieg bestehenden Wertepaaren der Auswahl elektronischer Bauteile eine Übertragungsfunktion bestimmt. Zu einer Auswahl an elektronischen Bauteilen mit bekannten Schichtdicken wird bei bekannter angelegter Messspannung der Temperaturanstieg an der Außenseite der Beschichtung über dem Widerstandselement in einem Messzeitintervall mit bekannter Länge erfasst. Die Schichtdicke der Beschichtung über dem Widerstandselement kann beispielsweise jeweils mittels Röntgentechnik bestimmt sein. Der Temperaturanstieg kann hierbei durch die Temperaturdifferenz der Starttemperatur, also der Normaltemperatur bei Anlegen der Spannung, und der Temperatur, die am Ende des Messzeitintervalls erreicht ist, bestimmt werden. Somit ist für jedes elektronische Bauteil der Auswahl ein Wertepaar aus Schichtdicke und Temperaturanstieg bekannt. Aus den verschiedenen Wertepaaren der elektronischen Bauteile lässt sich, beispielsweise durch eine Näherungsfunktion, eine Übertragungsfunktion bestimmen, aus der zu einem gegebenen Temperaturanstieg die entsprechende Schichtdicke bestimmt werden kann. Bei der Näherungsfunktion kann es sich beispielsweise um eine Ausgleichsgerade, also um eine Geradengleichung, handeln. Die Übertragungsfunktion kann linear oder auch nicht linear sein.

**[0019]** In einer Weiterbildung der Erfindung wird für jedes zur Schichtdickenkontrolle eingesetzte Pyrometer und/oder jede zur Schichtdickenkontrolle eingesetzte Wärmebildkamera eine Übertragungsfunktion zur Bestimmung der Schichtdicken aus dem erfassten Temperaturanstieg bestimmt. Zur Temperaturbestimmung der Außenbeschichtung des elektronischen Bauteils werden Wärmebildkameras und/oder Pyrometer eingesetzt. Um eine genaue Bestimmung der zu bestimmenden Schichtdicke aus dem jeweils erfassten Temperaturanstieg zu ermöglichen, werden Formelzusammenhänge zwischen dem Temperaturanstieg und der Schichtdicke zu jeder in der Serienmessung verwendeten Wärmebildkamera und zu jedem verwendetem Pyrometer bestimmt.

**[0020]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Im Einzelnen zeigen die schematischen Darstellungen in:

**Fig. 1:** eine Messanordnung zur Bestimmung der Schichtdicke mit einer Temperaturerfassungseinrichtung und einem elektronischen Bauteil;

**Fig. 2:** den zeitlichen Verlauf der Messspannung sowie den zeitlichen Verlauf der Außentemperatur der Beschichtung;

**Fig. 3:** Wertepaare aus Schichtdicke und Temperaturanstieg mehrerer elektronischer Bauteile mit Ausgleichsgerade in einem Koordinatensystem;

**Fig. 4:** den Temperaturanstieg eines funktionsfähigen elektronischen Bauteils; und

**Fig. 5:** den Temperaturanstieg eines nicht funktionsfähigen elektronischen Bauteils.

**[0021]** In **Fig. 1** ist eine Messanordnung zur Bestimmung der Schichtdicke einer Beschichtung auf einem elektronischen Bauteil **1** mit einer Temperaturerfassungseinrichtung **2**, beispielsweise einem Pyrometer oder einer Wärmebildkamera, dargestellt. Das elektronische Bauteil **1** weist Kontaktbereiche **3** auf, die durch Kontaktfinger **4** kontaktiert werden können. Das elektronische Bauteil **1** weist ein Widerstandselement **5** auf, wobei die Schichtdicke einer Beschichtung über dem Widerstandselement **5** erfasst werden soll. Hierzu wird an das Widerstandselement **5** über die Kontaktbereiche **3** und die Kontaktfinger **4** eine elektrische Spannung angelegt. Durch das Anlegen einer elektrischen Spannung kommt es zu einer Erwärmung des Widerstandselementes **5**, wobei die Temperaturentwicklung an der Oberfläche der Beschichtung über dem Widerstandselement **5** mittels der Temperaturerfassungseinrichtung **2** berührungslos erfasst werden kann. Insbesondere kann die Temperaturerfassungseinrichtung **2** einen Abstand von 100 mm zum elektronischen Bauteil **1** aufweisen. Aus dem zeitlichen Verlauf des Temperatur-

anstieges kann auf die Schichtdicke der Beschichtung über dem Widerstandselement **5** geschlossen werden. Der zeitliche Verlauf kann an eine Steuerungseinrichtung **6**, beispielsweise an eine speicherprogrammierbare Steuerung, ausgegeben werden.

**[0022]** In **Fig. 2** ist der idealisierte schematische zeitliche Verlauf der Temperatur **8** sowie der zeitliche Verlauf der Messspannung **7** dargestellt. Mit Anlegen einer elektrischen Messspannung **7** an das Widerstandselement **5** kommt es zu einer Temperaturentwicklung, die an der Oberseite der auf das Widerstandselement **5** aufgetragenen Beschichtung mittels einer Temperaturerfassungseinrichtung **2** erfasst werden kann. Der Temperaturverlauf **8** ist hierbei von der Schichtdicke der Beschichtung abhängig. Je geringer die Schichtdicke der Beschichtung über dem Widerstandselement **5** ist, desto höher ist der Temperaturanstieg **9** innerhalb eines Messzeitintervalls **10**. Das Messzeitintervall **10** weist eine definierte Länge, beispielsweise eine Sekunde auf. Innerhalb des Messzeitintervalls **10** wird der Temperaturanstieg **9**, also die Differenz zwischen der Endtemperatur **11** und der Starttemperatur **12** ermittelt. Aus dem Temperaturanstieg **9** innerhalb des Messzeitintervalls **10** wird auf die Schichtdicke der Beschichtung oberhalb des Widerstandselementes **5** geschlossen.

**[0023]** In **Fig. 3** sind Messwertpaare **13** des Temperaturanstiegs **9** sowie der beispielsweise mittels Röntgentechnik ermittelten Schichtdicken von sechs baugleichen elektronischen Bauteilen **1** dargestellt. Die elektronischen Bauteile **1** weisen hierbei produktionsbedingt unterschiedliche Schichtdicken der Beschichtung über dem Widerstandselement **5** auf. Aus den verschiedenen Messwertpaaren **13** lässt sich eine Übertragungsfunktion, insbesondere eine Ausgleichsgerade **14**, bestimmen. Durch die Übertragungsfunktion der Ausgleichsgeraden **14** lässt sich somit über den erfassten Temperaturanstieg **9** innerhalb eines Messzeitintervalls **10** die Schichtdicke berechnen. Beispielsweise kann die Geradengleichung die Form  $y = mx + b$  aufweisen. In diesem Fall wäre  $y$  die Schichtdicke und  $x$  der Temperaturanstieg,  $m$  und  $b$  geben die weiteren die Gerade beschreibenden Faktoren an.

**[0024]** In **Fig. 4** ist die Temperaturentwicklung an der Oberfläche der über einem Widerstandselement **5** aufgetragenen Beschichtung mit ausreichender Schichtdicke nach Anlegen einer Messspannung an das Widerstandselement **5** dargestellt. Innerhalb des Messzeitintervalls **10**, das in diesem Fall eine Länge von einer Sekunde aufweist, steigt die Temperatur an der Außenseite der Beschichtung um die Temperaturdifferenz **9**, in diesem Fall um  $1,9\text{ °C}$  an.

**[0025]** In **Fig. 5** ist die Temperaturentwicklung an der Oberfläche der über einem Widerstandselementes **5** aufgetragenen Beschichtung mit nicht ausreichender

Schichtdicke nach Anlegen einer Messspannung an das Widerstandselement **5** dargestellt. Innerhalb des Messzeitintervalls **10**, das in diesem Fall eine Länge von einer Sekunde aufweist, steigt die Temperatur an der Außenseite der Beschichtung um die Temperaturdifferenz **9**, in diesem Fall um 7,4 °C an.

**[0026]** Alle in der vorstehenden Beschreibung und in den Ansprüchen genannten Merkmale sind in einer beliebigen Auswahl mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs kombinierbar. Die Offenbarung der Erfindung ist somit nicht auf die beschriebenen bzw. beanspruchten Merkmalskombinationen beschränkt, vielmehr sind alle im Rahmen der Erfindung sinnvollen Merkmalskombinationen als offenbart zu betrachten.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Kontrolle der Beschichtung eines elektronischen Bauteils (1), wobei das elektronische Bauteil (1) mindestens ein elektrisches Widerstandselement (5) aufweist und wobei die Schichtdicke mindestens einer Beschichtung thermographisch bestimmt wird,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass das elektrische Widerstandselement (5) elektrisch kontaktiert wird,

dass an das Widerstandselement (5) eine elektrische Spannung angelegt wird,

dass die Temperatur des elektronischen Bauteils (1) im Bereich des Widerstandselementes (5) in zeitlicher Abhängigkeit erfasst wird und

dass aus dem zeitlichen Temperaturverlauf (8) auf die Schichtdicke der Beschichtung des elektronischen Bauteils (1) im Bereich des Widerstandselementes (5) geschlossen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Temperaturverlauf (8) mittels mindestens eines Pyrometers erfasst wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Temperaturverlauf (8) mittels mindestens einer Wärmebildkamera erfasst wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,** dass der zeitliche Temperaturverlauf (8) in Form eines Temperaturanstieges (9) in einem festgelegten Messzeitintervall (10) erfasst wird und dass aus dem Temperaturanstieg (9) auf die Schichtdicke der Beschichtung geschlossen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Messzeitintervall (10) eine Länge von mindestens 0,5 Sekunden und höchstens 5 Sekunden, insbesondere von 1 Sekunde, aufweist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Messzeitintervall (10) mit dem Anlegen der elektrischen Spannung an das Widerstandselement (5) gestartet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet,** dass es sich bei dem elektronischen Bauteil (1) um eine Sensorvorrichtung und bei dem Widerstandselement (5) um ein Widerstandsthermometer handelt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Schichtdicke durch einen im Vorfeld bestimmten und in einer Auswerteeinrichtung hinterlegten Zusammenhang zwischen Temperaturverlauf (8) und Schichtdicke bestimmt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet,** dass anhand einer Auswahl an elektronischen Bauteilen (1) mit bekannten Schichtdicken ein Formelzusammenhang zwischen dem Temperaturanstieg (9) in dem Messzeitintervall (10) und der Schichtdicke bestimmt wird.

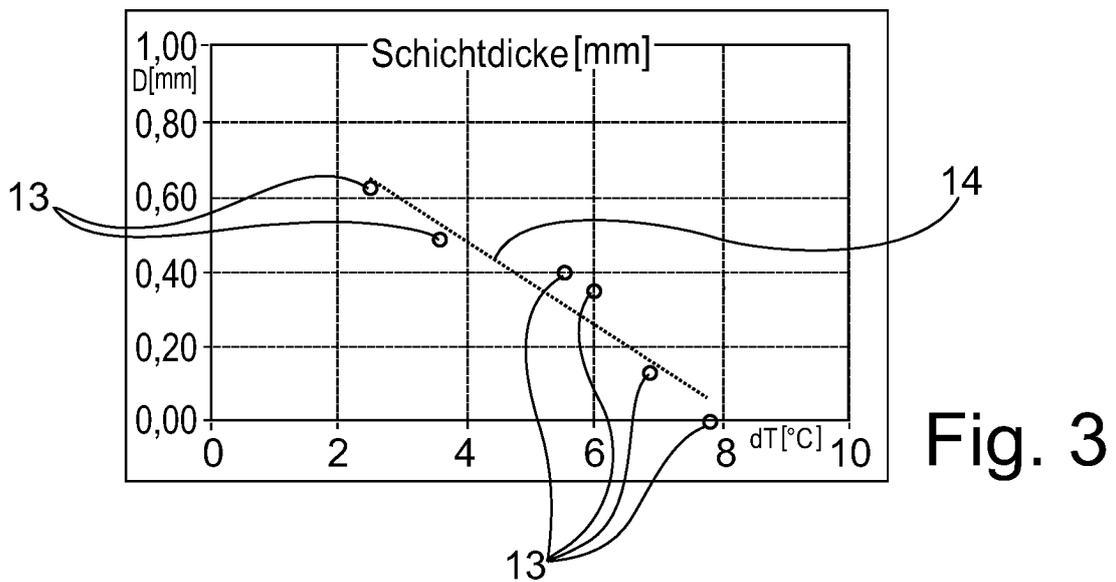
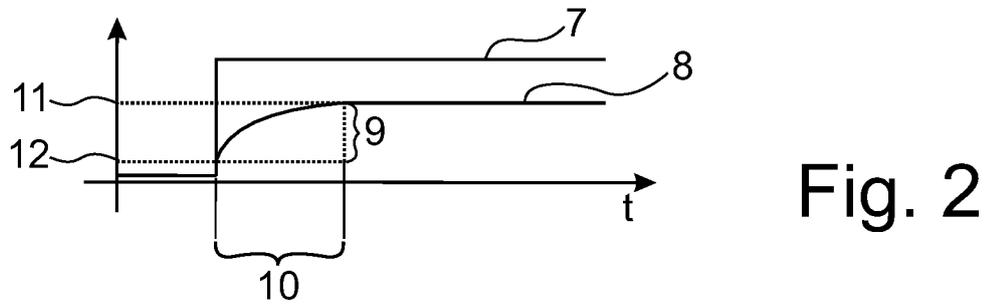
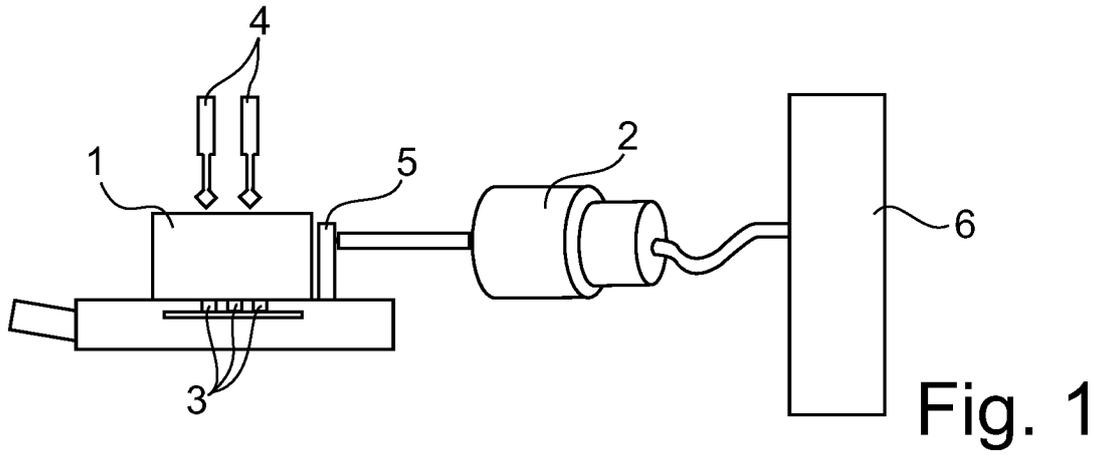
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Schichtdicken der Auswahl an elektronischen Bauteilen (1) mittels röntgentechnischer Methoden bestimmt werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet,** dass aus den jeweils aus Schichtdicke und erfasstem Temperaturanstieg (9) bestehenden Wertepaaren (13) der Auswahl elektronischer Bauteile (1) eine Übertragungsfunktion (14) bestimmt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet,** dass für jedes zur Schichtdickenkontrolle eingesetzte Pyrometer und/oder jede zur Schichtdickenkontrolle eingesetzte Wärmebildkamera eine Übertragungsfunktion (14) zur Bestimmung der Schichtdicken aus dem erfassten Temperaturanstieg (9) bestimmt wird.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



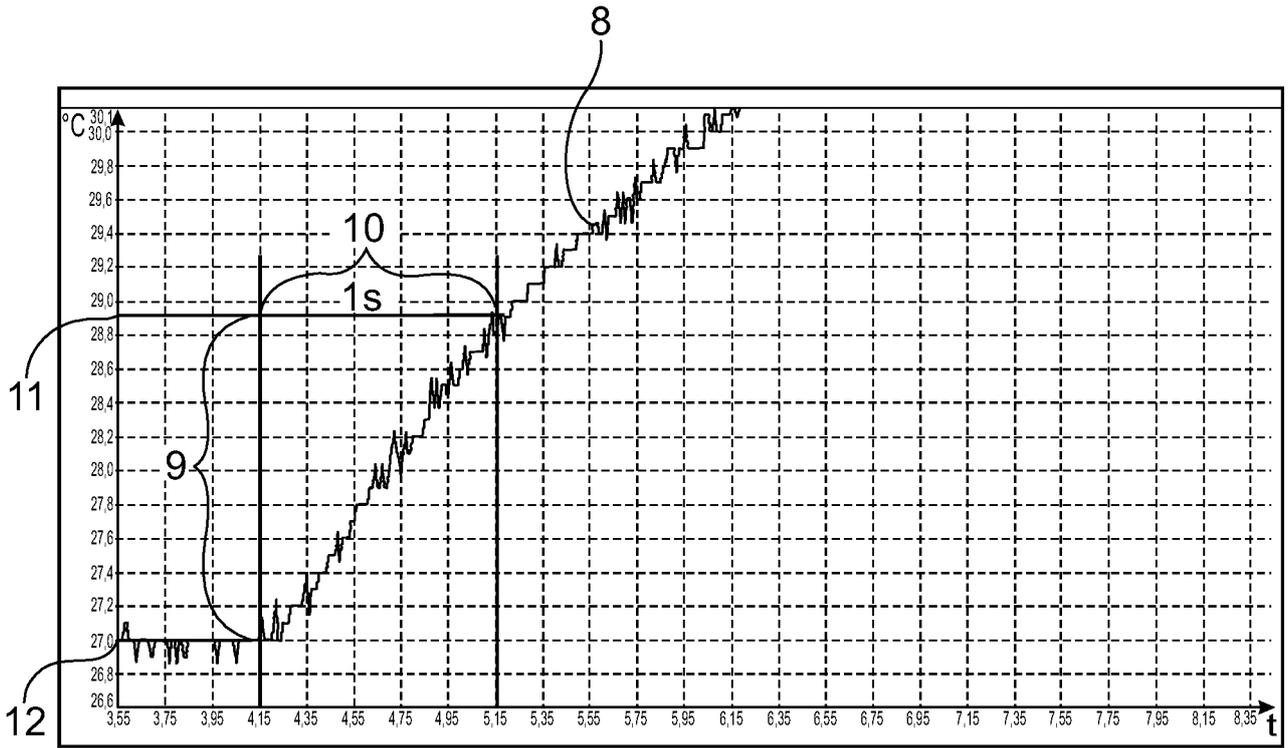


Fig. 4

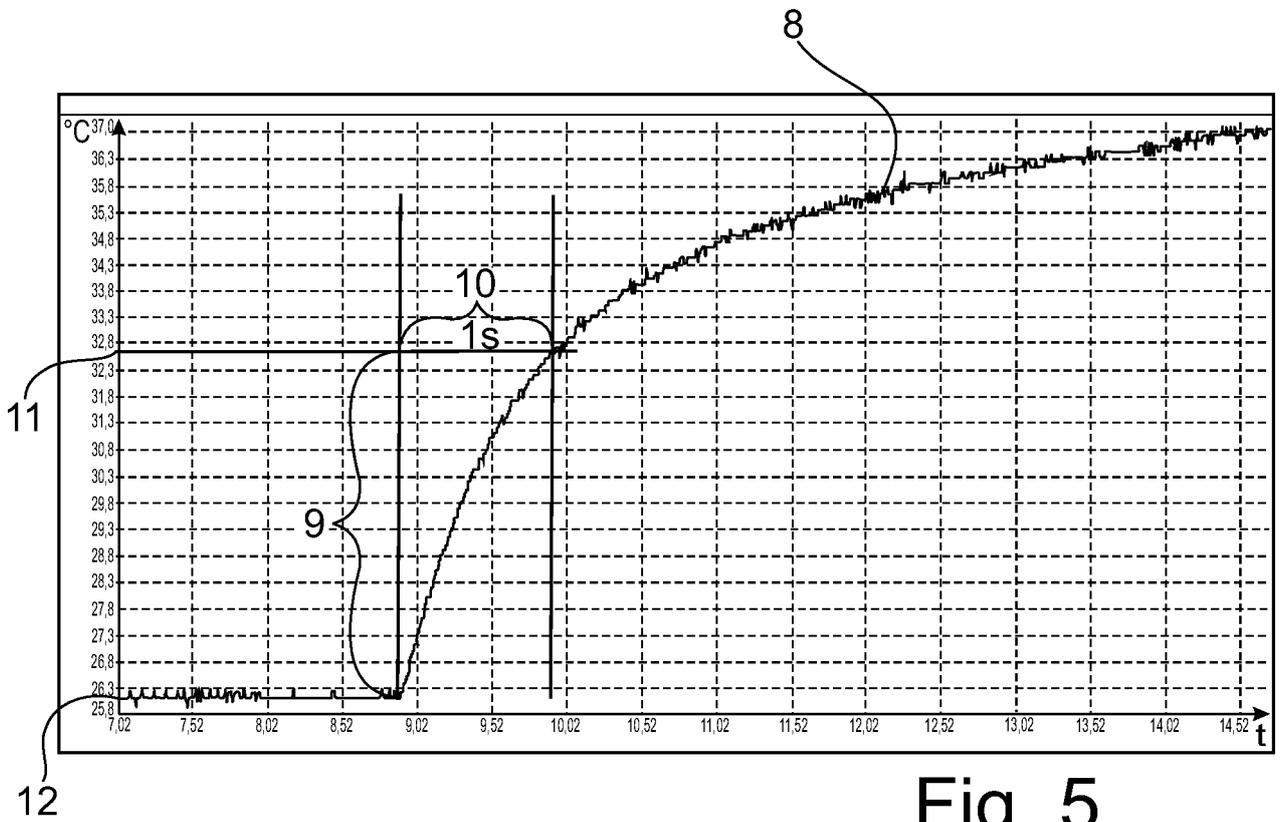


Fig. 5