



(11) **EP 1 497 838 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
02.07.2008 Patentblatt 2008/27

(51) Int Cl.:
H01C 1/14 ^(2006.01) **H01C 7/02** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03747078.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2003/001264

(22) Anmeldetag: **14.04.2003**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2003/092019 (06.11.2003 Gazette 2003/45)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES PTC-BAUELEMENTS**

METHOD FOR THE PRODUCTION OF A PTC COMPONENT

PROCÉDÉ POUR LA FABRICATION D'UN COMPOSANT PTC

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(72) Erfinder: **KIRSTEN, Lutz**
A-8510 Stainz (AT)

(30) Priorität: **23.04.2002 DE 10218154**

(74) Vertreter: **Epping - Hermann - Fischer**
Patentanwalts-gesellschaft mbH
Ridlerstrasse 55
80339 München (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.01.2005 Patentblatt 2005/03

(73) Patentinhaber: **EPCOS AG**
81669 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 040 391 EP-A- 0 974 982
DE-A- 19 622 690 DE-A- 19 719 174
DE-C- 10 018 377 GB-A- 1 186 116

EP 1 497 838 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines PTC-Bauelementes.

[0002] Für keramische Kaltleiter, d.h. Bauelemente mit positivem Temperaturkoeffizient des Widerstands, sogenannte PTC-Elemente, sind keine üblicherweise verwendete temperaturstabile Elektroden aus Edelmetall geeignet. Diese können keinen ohmschen Kontakt zwischen der Keramik und den metallischen Elektroden aufbauen. Daher weisen PTC-Elemente mit (Innen-) Elektroden aus Edelmetall einen unzulässig hohen Widerstand auf. Die als Elektrodenmaterial geeigneten unedlen Metalle überstehen jedoch in der Regel nicht den Sinterprozeß, der für den Aufbau von Vielschichtbauelementen erforderlich ist.

[0003] Aus der Druckschrift DE 19719174 A1 ist ein keramischer Kaltleiter in Vielschichtbauweise bekannt, der Aluminium umfassende Elektrodenschichten aufweist. Diese bilden zur Keramik einen ohmschen Kontakt auf und lassen sich bei Temperaturen bis 1200° ohne Beschädigung sintern. Nachteilig an diesem Vielschichtkaltleiterbauelement ist jedoch, daß das Aluminium aus den Elektrodenschichten teilweise in die Keramik eindiffundiert und dabei die Bauelementeigenschaften mittel- oder langfristig beeinträchtigt oder das Bauelement gar unbrauchbar macht.

[0004] Aus der Druckschrift DE 100 18 377 C1 ist ein PTC-Bauelement bekannt, das ein Vielschichtbauelement aus übereinandergestapelten Keramiksichten ist und das in einer Atmosphäre mit hohem Sauerstoffgehalt gesintert beziehungsweise nachgetempert wird. Entbindern und Sintern des Schichtstapels erfolgen in einer Atmosphäre, die gegenüber Luft einen abgesenkten Sauerstoffgehalt aufweist. Das PTC-Bauelement enthält Innenelektroden mit Wolfram. Wolfram übersteht zwar den Sinterprozeß.

[0005] Durch die Sinterung beziehungsweise anschließende Temperung bei hohem Sauerstoff-Partialdruck besteht jedoch die Gefahr der Oxidation der Innenelektroden, woraus PTC-Bauelemente mit hohem ohmschen Widerstand resultieren, was unerwünscht ist.

[0006] Eine Sinterung an sauerstoffhaltiger Atmosphäre ist andererseits notwendig, um die Korngrenzenaktiven Schichten der PTC-Keramik (auf Basis von dotiertem BaTiO₃) beim Abkühlen aufzubauen. Es resultiert die Eigenschaft, daß bei einer bestimmten Temperatur, abhängig von der genauen Zusammensetzung der Keramik, der Widerstand der Keramik sprunghaft ansteigt.

[0007] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines PTC-Bauelements anzugeben, das es erlaubt, PTC-Bauelemente mit niedrigem Volumen und gleichzeitig geringem ohmschen Widerstand herzustellen.

[0008] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den abhängigen Patentansprüchen 2 bis 10 zu entnehmen.

[0009] Es wird ein Verfahren zur Herstellung eines PTC-Bauelements angegeben mit den Schritten:

- a) Herstellen eines Schichtstapels aus keramischen Grünfolien mit dazwischenliegenden Elektrodenschichten
- b) Entbindern und Sintern des Schichtstapels in einer Atmosphäre, die gegenüber Luft einen abgesenkten Sauerstoffgehalt aufweist.

[0010] Unter einem PTC-Bauelement ist ein Bauelement zu verstehen mit einem Grundkörper, enthaltend übereinanderliegende Keramiksichten, die durch Elektrodenschichten voneinander getrennt sind, bei dem die Keramiksichten ein Keramikmaterial enthalten, das zumindest in einem Kennlinienteil der R/T-Kennlinie einen positiven Temperaturkoeffizienten aufweist.

[0011] Ferner weist das Bauelement seitlich angebrachte Sammelelektroden auf, wobei die Elektrodenschichten alternierend mit diesen Sammelelektroden kontaktiert sind.

[0012] Dadurch, daß sowohl das Entbindern als auch das Sintern in einer Atmosphäre mit niedrigem Sauerstoffgehalt durchgeführt wird, kann eine Oxidation des in den Innenelektroden enthaltenen Metalls gehemmt werden, was die Herstellung von PTC-Bauelementen mit verbesserten Eigenschaften erlaubt.

[0013] Erfindungsgemäß wird der Sauerstoffgehalt während des Sinterns, wo i. a. höhere Temperaturen als beim Entbindern verwendet werden, weiter erniedrigt.

[0014] Insbesondere erlaubt das erfindungsgemäße Verfahren die Herstellung von PTC-Bauelementen, die ein Volumen V und einen ohmschen Widerstand R aufweisen, der zwischen den Sammelelektroden bei einer Temperatur zwischen 0° C und 40° C gemessen wird, wobei gilt: $V \cdot R < 600$.

[0015] Es gelingt also die Herstellung von PTC-Bauelementen, die bei kleinem Volumen gleichzeitig einen geringen ohmschen Widerstand aufweisen, was im Zuge der fortschreitenden Miniaturisierung von PTC-spezifischen Anwendungen wünschenswert ist.

[0016] Es hat sich gezeigt, daß aus Wolfram bestehende oder wolframhaltige Elektroden den für das keramische Bauelement erforderlichen Sinterprozeß überstehen und dabei einen guten ohmschen Kontakt zur Keramik ausbilden. Beim Sintern werden höchstens geringe Diffusionsprozesse des Wolframs in die Keramik beobachtet, die die keramischen Bauelementeigenschaften beeinträchtigen könnten. Gleichzeitig weist Wolfram eine mit Edelmetallen vergleichbare gute elektrische Leitfähigkeit auf, die für reines Wolfram etwa drei mal so hoch ist wie die von Silber, so daß

Elektrodenschichten mit ausreichender elektrischer Tragfähigkeit bereits mit dünneren Wolframschichten erzielt werden können. Außerdem stellt Wolfram ein kostengünstiges Elektrodenmaterial dar, das z.B. wesentlich kostengünstiger ist als Edelmetalle wie Palladium oder Platin.

[0017] Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und der dazugehörigen Figuren näher erläutert. Die Figuren dienen nur der Veranschaulichung der Erfindung und sind nur schematisch und nicht maßstabgetreu.

Figur 1 zeigt eine mit einer Elektrodenschicht bedruckte keramische Grünfolie in perspektivischer Darstellung

Figur 2 zeigt ein Vielschichtbauelement im schematischen Querschnitt

Figur 3 zeigt eine in mehrere Bauelemente aufteilbare keramische Grünfolie mit aktiven und passiven Bereichen in der Draufsicht

Figur 4 zeigt einen Schichtenstapel keramischer Grünfolie im Querschnitt.

Figuren 5 A bis D zeigen je ein Temperatur-/Sauerstoffprofil für die Entbinderung beziehungsweise Sinterung eines Schichtstapels.

[0018] Zur Herstellung keramischer Grünfolien wird das keramische Ausgangsmaterial fein vermahlen und homogen mit einem Bindermaterial vermischt. Die Folie wird anschließend durch Folienziehen oder Foliengießen in einer gewünschten Dicke hergestellt.

[0019] Figur 1 zeigt eine solche Grünfolie 1 in perspektivischer Darstellung. Auf eine Oberfläche der Grünfolie 1 wird nun in dem für die Elektrode vorgesehenen Bereich eine Elektrodenpaste 2 aufgebracht. Dazu eignen sich eine Reihe von insbesondere Dickschichtverfahren, vorzugsweise Aufdrucken, beispielsweise mittels Siebdruck. Zumindest im Bereich einer Kante der Grünfolie 1, wie beispielsweise in Figur 1 dargestellt, oder nur im Bereich einer Ecke der Grünfolie verbleibt ein nicht von Elektrodenpaste bedeckter und hier als passiver Bereich 3 bezeichneter Oberflächenbereich. Möglich ist es auch, die Elektrode nicht als flächige Schicht aufzubringen, sondern strukturiert, gegebenenfalls als durchbrochenes Muster.

[0020] Die Elektrodenpaste 2 besteht aus metallischen, metallisches Wolfram oder eine Wolframverbindung umfassenden Partikeln zur Herstellung der gewünschten Leitfähigkeit, ggf. sinterfähigen keramischen Partikeln zur Anpassung der Schwundeigenschaften der Elektrodenpaste an die der Keramik und einem ausbrennbaren organischen Binder, um eine Formbarkeit der keramischen Masse bzw. einen Zusammenhalt der Grünkörper zu gewährleisten. Dabei können Partikel aus reinem Wolfram, Partikel aus Wolframlegierung, Wolframverbindung oder gemischte Partikel aus Wolfram und anderen Metallen verwendet werden. Die Elektrodenschichten und damit die Elektrodenpaste können auch weitere Wolframverbindungen wie beispielsweise Wolframcarbid, Wolframnitrid oder auch Wolframoxid (WO) enthalten. Entscheidend ist lediglich, daß das Wolfram in einer Oxidationsstufe vorliegt, die kleiner als + 6 ist, so daß es seine Funktion beim Sperrschichtabbau noch erfüllen kann.

[0021] Bei keramischen Vielschichtbauelementen, die einer nur geringen mechanischen Belastung ausgesetzt sind, ist es auch möglich, in der Elektrodenpaste auf die keramischen Anteile ganz zu verzichten. Der Wolframanteil kann in weiten Bereichen variieren, wobei ggf. die Sinterbedingungen auf die Elektrodenpastenzusammensetzung anzupassen sind. Der Abbau der Sperrschicht bei Kaltleitermaterial wird regelmäßig mit Wolframanteilen von 3 und mehr Gewichtsprozent (bezogen auf die metallischen Partikel) erreicht.

[0022] Anschließend werden die bedruckten Grünfolien 9 in einer gewünschten Anzahl so zu einem Folienstapel übereinandergeschichtet, daß (grüne) Keramikschichten 1 und Elektrodenschichten 2 alternierend übereinander angeordnet sind.

[0023] Bei der späteren Kontaktierung werden die Elektrodenschichten außerdem alternierend auf unterschiedlichen Seiten des Bauelements mit Sammelelektroden verbunden, um die Einzelelektroden parallel zu verschalten. Dazu ist es vorteilhaft, erste und zweite Grünfolien 9 mit unterschiedlicher Orientierung der aufgedruckten Elektrodenschichten 2 so zu stapeln, daß deren passive Bereiche 3 alternierend nach unterschiedlichen Seiten weisen. Vorzugsweise wird dazu eine einheitliche Elektrodengeometrie gewählt, wobei erste und zweite Grünfolie 9 sich dadurch unterscheiden, daß sie im Folienstapel gegeneinander um 180° gedreht sind. Möglich ist es jedoch auch, für das Bauelement einen Grundriß mit höherer Symmetrie auszuwählen, so daß zur Herstellung einer alternierenden Kontaktierung ein Verdrehen um andere Winkel als 180° möglich ist, beispielsweise um 90° bei Vorsehen eines quadratischen Grundrisses. Möglich ist es jedoch auch, bei jeder zweiten Grünfolie 9 das Elektrodenmuster um einen bestimmten Betrag gegen das der ersten Grünfolien so zu versetzen, daß jeder passive Bereich 3 in der jeweils benachbarten Grünfolie über einem mit Elektrodenpaste bedruckten Bereich angeordnet ist.

[0024] Anschließend wird der auf Grund des Binders noch formelastische Folienstapel durch Pressen und gegebenenfalls Zuschneiden in die gewünschte äußere Form gebracht. Danach wird der Folienstapel entbindet und gesintert, und zwar entweder getrennt oder in einem Schritt.

[0025] Nach der Sinterung entsteht aus den einzelnen Grünfoliensichten ein monolithischer keramischer Bauelementkörper 8, der einen festen Verbund der einzelnen Keramiksichten 4 aufweist. Dieser feste Verbund ist auch an den Verbindungsstellen Keramik/Elektrode/Keramik gegeben. Figur 2 zeigt ein fertiges Vielschichtbauelement 8 im schematischen Querschnitt. Im Bauelementkörper sind alternierend Keramiksichten 4 und Elektrodenschichten 5 übereinander angeordnet. An zwei einander gegenüberliegenden Seiten des Bauelementkörpers werden nun Sammel-
elektroden 6, 6' erzeugt, die jeweils mit jeder zweiten Elektrodenschicht 5 in elektrischem Kontakt stehen. Dazu kann beispielsweise zunächst eine Metallisierung, üblicherweise aus Silber auf der Keramik erzeugt werden, beispielsweise durch stromlose Abscheidung. Diese kann anschließend galvanisch verstärkt werden, z.B. durch Aufbringen einer Schichtfolge Ag/Ni/Sn. Dadurch wird die Lötbarkeit auf Platinen verbessert. Es sind jedoch auch andere Möglichkeiten der Metallisierung beziehungsweise der Erzeugung der Sammelelektroden 6, 6', beispielsweise Sputtern geeignet.

[0026] Das in der Figur 2 dargestellte Bauelement 8 weist auf beiden Hauptoberflächen Keramiksichten als Abschlußschichten auf. Dazu kann zum Beispiel als oberste Schicht eine unbedruckte Grünfolie 1 vor dem Sintern in den Folienstapel eingebaut werden, so daß der Stapel nicht mit einer Elektrodenschicht 2 abschließt. Für mechanisch besonders beanspruchte keramische Bauelemente ist es auch möglich, die oberste und die unterste keramische Schicht im Stapel dicker zu gestalten als die übrigen Keramiksichten 4 im Stapel. Dazu können beim Aufstapeln des Folienstapels als unterste und oberste Schichten mehrere unbedruckte Grünfolien 1 ohne Elektrodenschicht eingebaut und zusammen mit dem restlichen Grünfolienstapel verpreßt und gesintert werden.

[0027] Figur 3 zeigt eine mit einem Elektrodennmuster 2 bedruckte Grünfolie, die ein Aufteilen in mehrere Bauelemente mit jeweils kleinerer Grundfläche ermöglicht. Die nicht mit Elektrodenpaste bedruckten passiven Bereiche 3 werden so angeordnet, daß sich durch abwechselndes Stapeln von ersten und zweiten Grünfolien der zur Kontaktierung geeignete alternierende Versatz der Elektroden im Stapel einstellen läßt. Dies kann erreicht werden, wenn die ersten und zweiten Grünfolien jeweils gegeneinander um z.B. 180° verdreht sind, oder wenn allgemein erste und zweite Grünfolien ein gegeneinander versetzt Elektrodenmuster aufweisen. Die Schnittlinien 7, entlang der sich die Grünfolie beziehungsweise der daraus hergestellte Schichtenstapel in einzelne Bauelemente vereinzeln läßt, sind mit gestrichelten Linien gekennzeichnet. Möglich sind jedoch auch Elektrodennmuster, bei denen die Schnittführungen zum Vereinzeln so gelegt werden können, daß keine Elektrodenschicht durchtrennt werden muß. Jede zweite Elektrodenschicht ist dann aber vom Stapelrand her kontaktierbar. Gegebenenfalls werden dazu die Stapel nach dem Vereinzeln und Sintern vor dem Aufbringen der Sammelelektroden 6, 6' noch abgeschliffen, um die zu kontaktierenden Elektrodenschichten freizulegen.

[0028] Figur 4 zeigt einen so hergestellten Schichtenstapel im schematischen Querschnitt. Man erkennt, daß bei der Vereinzelnung des Schichtenstapels entlang der Schnittlinien 7 Bauelemente entstehen, die jeder für sich den gewünschten Versatz der Elektroden 4 aufweisen. Die Zerteilung eines solchen mehrere Bauelementgrundrisse umfassenden Folienstapels in einzelne Folienstapel der gewünschten Bauelementgrundfläche erfolgt vorzugsweise nach dem Verpressen der Folienstapel, beispielsweise durch Schneiden oder Stanzen. Anschließend werden die Folienstapel gesintert. Möglich ist es jedoch auch, den mehrere Grundrisse von Bauelementen umfassenden Folienstapel zunächst zu sintern und die Einzelbauelemente erst anschließend durch Sägen der fertig gesinterten Keramik zu vereinzeln. Abschließend werden wiederum Sammelelektroden 6 aufgebracht.

[0029] Ein PTC-Bauelement besteht aus einer Bariumtitanat-Keramik der allgemeinen Zusammensetzung (Ba,Ca, Sr,Pb)TiO₃, die mit Donatoren und/oder Akzeptoren, beispielsweise mit Mangan und Yttrium dotiert ist.

[0030] Das Bauelement kann beispielsweise 5 bis 20 oder auch mehr Keramiksichten samt der dazugehörigen Elektrodenschichten, zumindest aber zwei innenliegende Elektrodenschichten umfassen. Die Keramiksichten weisen üblicherweise jeweils eine Dicke von 30 bis 200 µm auf. Sie können jedoch auch größere oder kleinere Schichtdicken besitzen.

[0031] Die äußere Dimension eines Kaltleiterbauelements kann variieren, liegt jedoch für mit SMD verarbeitbare Bauelemente üblicherweise im Bereich weniger Millimeter. Eine geeignete Größe ist beispielsweise die von Kondensatoren bekannte Bauform 2220. Geometrien und Bauelementtoleranzen ergeben sich dabei aus der Norm CECC 32101-801 oder auch aus anderen Normen. Das Kaltleiterbauelement kann jedoch auch noch kleiner sein.

[0032] Die Figuren 5 A bis D zeigen ein Temperatur-/Sauerstoffprofil für die Entbinderung beziehungsweise Sinterung eines Schichtstapels mit variablem Sauerstoffgehalt.

[0033] Die Figuren 5 A bis D zeigen jeweils ein gleiches Temperaturprofil, das mit unterschiedlich verlaufenden Sauerstoffprofilen kombiniert ist. Der Temperaturverlauf ist durch die durchgezogene Kurve G angegeben. Der Bereich I zwischen den Zeiten 0 und 560 Minuten ist der Bereich der Entbinderung. Dabei steigt die Temperatur gleichmäßig von 20° C bis 500° C an. In diesem Zeitbereich beträgt der Sauerstoffgehalt 2 Vol.-%.

[0034] An den Bereich I schließt sich der Bereich II an, der bei der Zeit 560 Minuten beginnt und bei der Zeit 1000 Minuten endet. In diesem Bereich II erfolgt die Sinterung des Schichtstapels. Dabei wird die Temperatur ausgehend von der Endtemperatur 500° C der Entbinderung weiter erhöht bis zu einer Temperatur 1200° C und danach wieder

abgesenkt.

[0035] Während des Sinterns (Bereich II) kann der Sauerstoffgehalt entweder bei 2 Vol.-%, also bei dem Wert der Entbinderung gehalten werden (Kurve A in Figur 5 A) oder aber der Sauerstoffgehalt wird nach Abschluß des Entbinderns auf einem niedrigeren Wert wie beispielsweise 1 Vol.-% (Kurve B in Figur 5 A) oder auch 0,5 Vol.-% (Kurve C in Figur 5 A) abgesenkt.

[0036] Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Sauerstoffgehalt stufenweise, gegenläufig zur ansteigenden Temperatur abzusenken (vergleiche Kurve D in Figur 5 B). In Figur 5 C ist eine weitere Variante dargestellt, wonach gemäß Kurve E der Sauerstoffgehalt während des Sinterns kontinuierlich abgesenkt wird auf einen Wert von 0,5 Vol.-%.

[0037] Desweiteren kann es von Vorteil sein wie in Figur 5 D, Kurve F dargestellt, den Sauerstoffgehalt mit steigender Temperatur abzusenken und ihn nach Überschreiten des Temperaturmaximums von 1200° C wieder schrittweise ansteigen zu lassen. Dies hat den Vorteil, daß bei kleineren Temperaturen als der maximalen Sintertemperatur wieder vermehrt Sauerstoff für die Keramik zur Verfügung steht, was die Eigenschaften der Keramik verbessert. Dadurch können die korngrenzenaktiven Schichten der PTC-Keramik besser aufgebaut werden.

[0038] Desweiteren ist es vorteilhaft, wenn die Prozesse Entbinderung und Sinterung unmittelbar aufeinanderfolgen, ohne daß zwischendurch die Temperatur auf Raumtemperatur beziehungsweise unterhalb der maximalen Entbinderungstemperatur 500° C abgesenkt wird. Daraus ergibt sich eine Verkürzung der Prozeßzeit sowie eine geringere Oxidation von Wolfram.

[0039] Vorzugsweise wird für die Prozesse Entbinderung beziehungsweise Sinterung eine Atmosphäre verwendet, die ein Gemisch aus Stickstoff oder Edelgas oder einem anderen inerten Gas mit Luft oder Sauerstoff darstellt. Beispielsweise kann Stickstoff und Luft so gemischt werden, daß ein Sauerstoffgehalt der Atmosphäre von 2 Vol.-% resultiert. Bis zu einer Temperatur von 500° C werden die Schichtstapel entbindert, wobei die Sinterung in der gleichen Atmosphäre erfolgt. Es können beispielsweise Bariumtitanat-Keramiken verwendet werden, wobei die Sinterung bei den dafür üblichen Temperaturen erfolgt.

[0040] In der nachfolgenden Tabelle 1 sind Bauteilwiderstände von nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gefertigten PTC-Bauelementen in der Bauform 1210 mit 23 Elektroden in Abhängigkeit vom Sauerstoffgehalt während des Sinterns dargestellt und mit der Sinterung an Luft verglichen.

Tabelle 1

Sauerstoffgehalt in Vol.-%	Bauteilwiderstand in Ω
21 (Luft)	40
7	25
1	9
0,5	2,5

[0041] Es ist deutlich zu erkennen, wie durch Reduktion des Sauerstoffgehalts der Bauteilwiderstand verringert werden kann. Dies ist eine Folge der verringerten Oxidation des in den Innenelektroden enthaltenen metallischen Materials.

[0042] Durch die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens gelingt die Herstellung von PTC-Bauelementen mit kleinem Volumen und gleichzeitig geringem elektrischen Widerstand.

[0043] Die folgende Tabelle 2 zeigt PTC-Bauteilwiderstände in Abhängigkeit von dem Volumen des PTC-Bauelements.

Tabelle 2

Bauform	Länge in mm	Breite in mm	Höhe in mm	erreich- barer Bauteilwiderstand in Ohm	Volumen in mm ³	V · R in Ohm · mm ³
0805	1,25	1,0	2,0	< 100	2,5	< 250
0805	1,25	1,7	2,0	< 100	4,25	< 425
1206	1,6	1,0	3,2	< 50	5,12	< 256
1206	1,6	1,7	3,2	< 50	8,7	< 435
1210	2,5	1,0	3,2	< 30	8,0	< 240
1210	2,5	2,0	3,2	< 30	16,0	< 480
1812	3,2	1,0	4,5	< 20	14,4	< 288

EP 1 497 838 B1

(fortgesetzt)

Bauform	Länge in mm	Breite in mm	Höhe in mm	erreich- barer Bauteilwiderstand in Ohm	Volumen in mm ³	V · R in Ohm · mm ³
1812	3,2	2,0	4,5	< 20	28,8	< 576
2220	5,0	1,0	5,7	< 10	28,5	< 285
2220	5,0	2,0	5,7	< 10	57,0	< 570

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines PTC-Bauelements mit den Schritten:

- a) Herstellen eines Schichtstapels aus keramischen Grünfolien (1) mit dazwischenliegenden Elektrodenschichten (5),
- b) Entbindern und Sintern des Schichtstapels in einer Atmosphäre, die gegenüber Luft einen abgesenkten Sauerstoffgehalt aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sauerstoffgehalt nach dem Entbindern weiter abgesenkt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
wobei der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre kleiner als 8 Vol.-% ist.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
wobei das Entbindern bei einer Temperatur < 600° C erfolgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
wobei das Sintern in einem Temperaturintervall zwischen 1000° C und 1200° C erfolgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
wobei die Temperatur des Schichtstapels nach dem Entbindern wenigstens solange auf einer Temperatur gehalten wird, die mindestens der maximalen Temperatur des Entbinderns entspricht, bis das Sintern abgeschlossen ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
wobei das Entbindern bei einem Sauerstoffgehalt zwischen 0,5 und < 8 Vol.-% durchgeführt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
wobei das Sintern bei einem Sauerstoffgehalt zwischen 0,1 und 5 Vol.-% durchgeführt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
wobei der Sauerstoffgehalt nach dem Entbindern kontinuierlich abgesenkt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
wobei nach dem Entbindern der Sauerstoffgehalt mit steigender Temperatur abgesenkt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
wobei nach Überschreiten einer maximalen Temperatur beim Sintern der Sauerstoffgehalt wieder erhöht wird.

Claims

1. Method for the production of a PTC component comprising the steps of:

- a) producing a stack of layers comprising green ceramic sheets (1) with electrode layers (5) lying in between,
- b) removing binding agents and sintering the stack of layers in an atmosphere having a lower oxygen content than that of air, **characterized in that** the oxygen content is lowered further after the removal of the binding agents.

EP 1 497 838 B1

2. Method according to Claim 1, the oxygen content of the atmosphere being less than 8% by volume.
3. Method according to either of Claims 1 and 2, the removal of binding agents taking place at a temperature < 600°C.
- 5 4. Method according to one of Claims 1 to 3, the sintering taking place in a temperature interval between 1000°C and 1200°C.
- 10 5. Method according to one of Claims 1 to 4, the temperature of the stack of layers being kept at a temperature that corresponds at least to the maximum temperature of the removal of binding agents after the removal of binding agents, at least until the sintering is completed.
6. Method according to one of Claims 1 to 5, the removal of binding agents being carried out with an oxygen content of between 0.5 and < 8% by volume.
- 15 7. Method according to one of Claims 1 to 6, the sintering being carried out with an oxygen content of between 0.1 and 5% by volume.
8. Method according to one of Claims 1 to 7, the oxygen content being lowered continuously after the removal of binding agents.
- 20 9. Method according to one of Claims 1 to 7, the oxygen content being lowered with increasing temperature after the removal of binding agents
- 25 10. Method according to one of Claims 1 to 9, the oxygen content being increased again after a maximum temperature is exceeded during the sintering.

Revendications

- 30 1. Procédé de fabrication d'un composant PTC comprenant les stades :
 - a) on produit une pile de couches en feuilles (1) céramiques crues ayant des couches (5) d'électrode entre elles,
 - b) on élimine le liant et on fritte la pile de couches dans une atmosphère qui a une teneur en oxygène abaissée par rapport à l'air, **caractérisé en ce que** l'on continue à abaisser la teneur en oxygène après l'élimination du liant.
- 35 2. Procédé suivant la revendication 1, dans lequel la teneur en oxygène de l'atmosphère est plus petite que 8 % en volume.
- 40 3. Procédé suivant l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel on effectue l'élimination du liant à une température inférieure à 600°C.
- 45 4. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 3, dans lequel on effectue le frittage dans un intervalle de température compris entre 1000°C et 1200°C.
- 50 5. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 4, dans lequel on maintient la température de la pile de couches, après l'élimination du liant, au moins jusqu'à ce que le frittage soit terminé, à une température qui correspond au moins à la température maximum de l'élimination du liant.
6. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 5, dans lequel on effectue l'élimination du liant à une teneur en oxygène comprise entre 0,5 et inférieure à 8 % en volume.
7. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 6, dans lequel on effectue le frittage à une teneur en oxygène comprise entre 0,1 et 5 % en volume.
- 55 8. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 7, dans lequel on abaisse continuellement la teneur en oxygène après l'élimination du liant.
9. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 7, dans lequel, après l'élimination du liant, on abaisse la teneur en

EP 1 497 838 B1

oxygène en ayant une température croissante.

10. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 9, dans lequel, après avoir dépassé une température maximum, on augmente à nouveau la teneur en oxygène.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

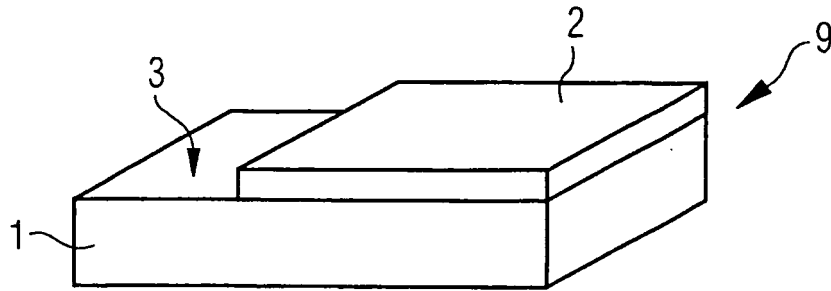


FIG 2

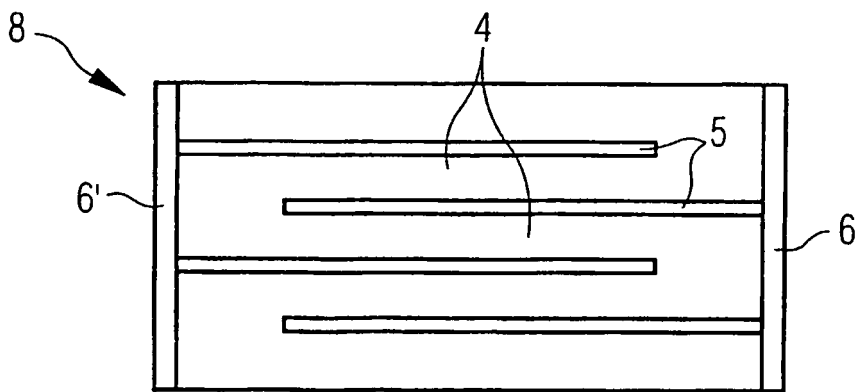


FIG 3

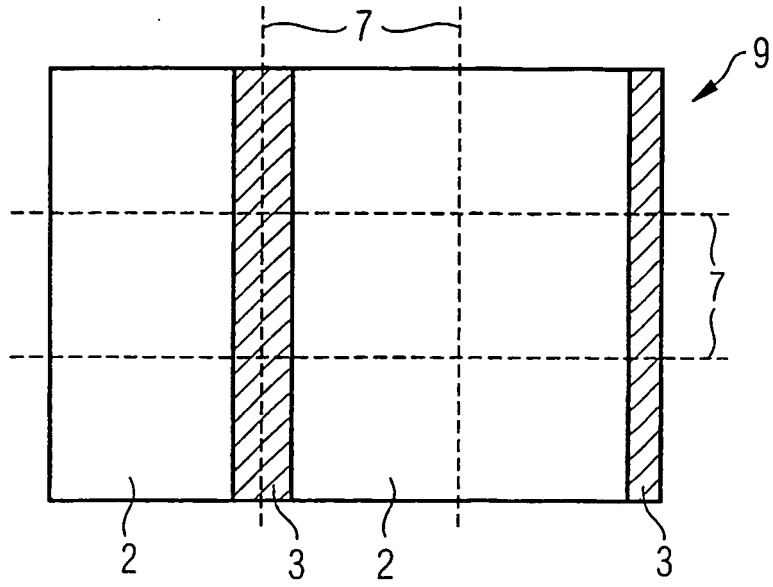


FIG 4

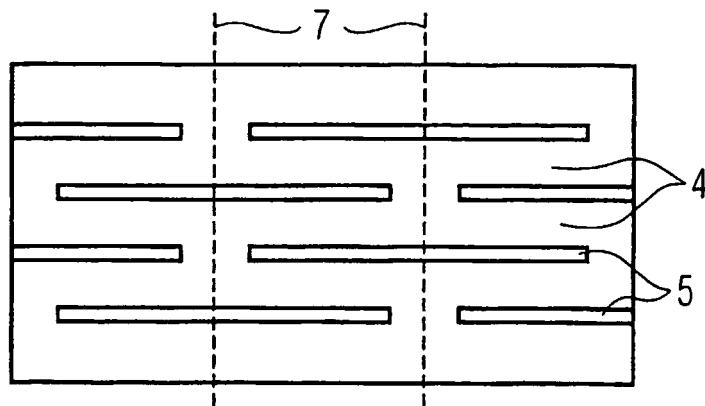


FIG 5A

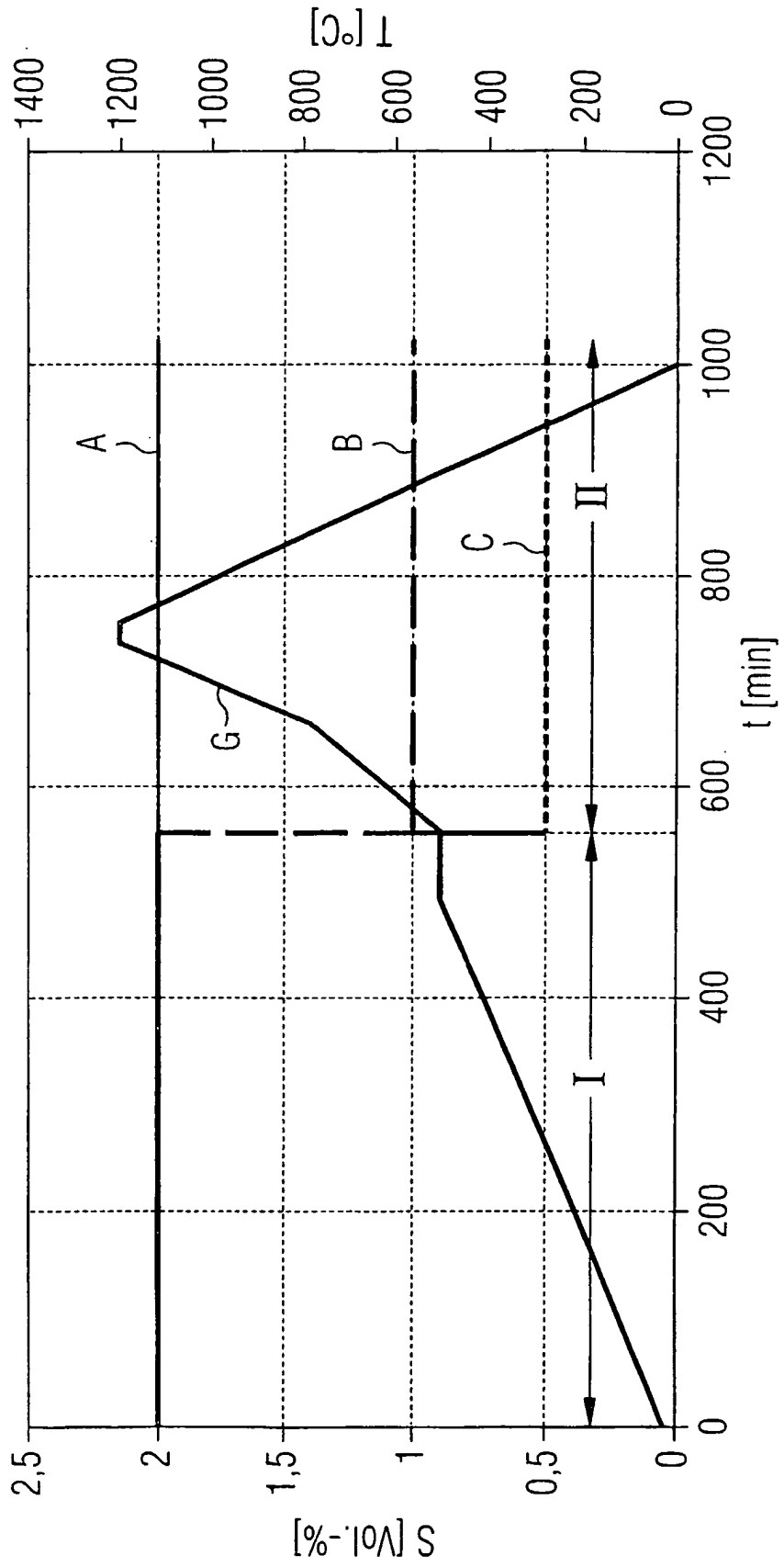


FIG 5B

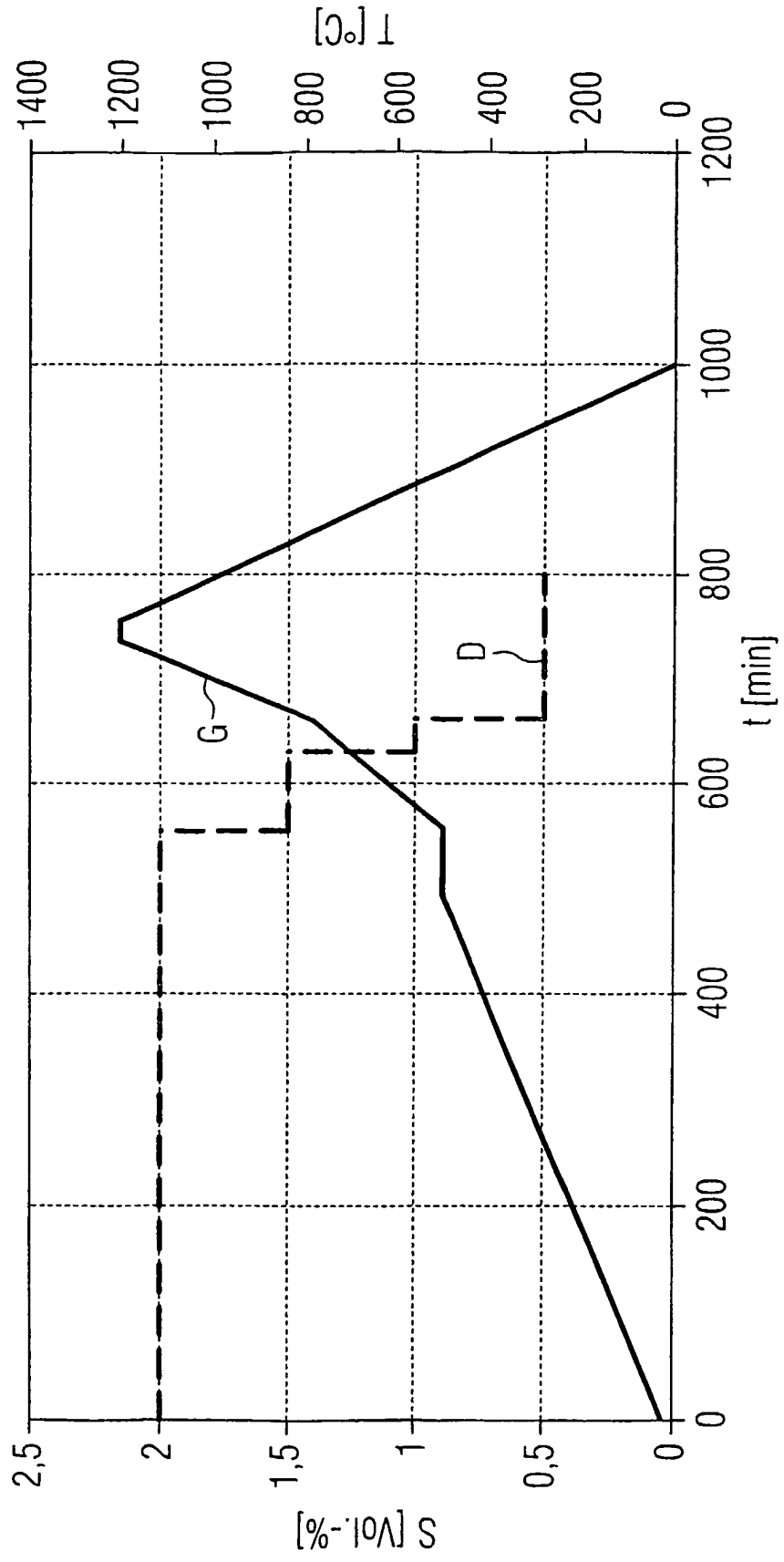


FIG 5C

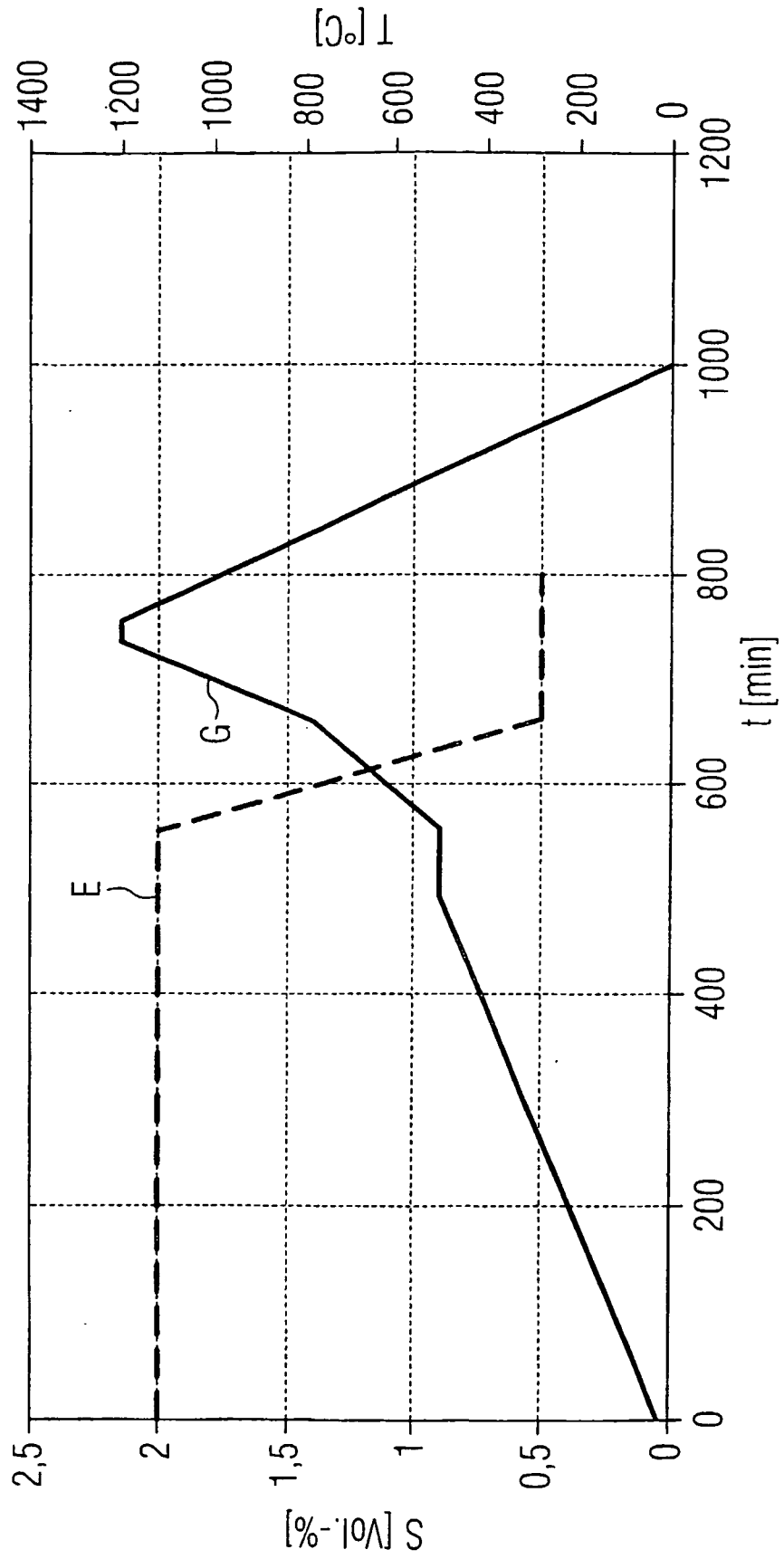
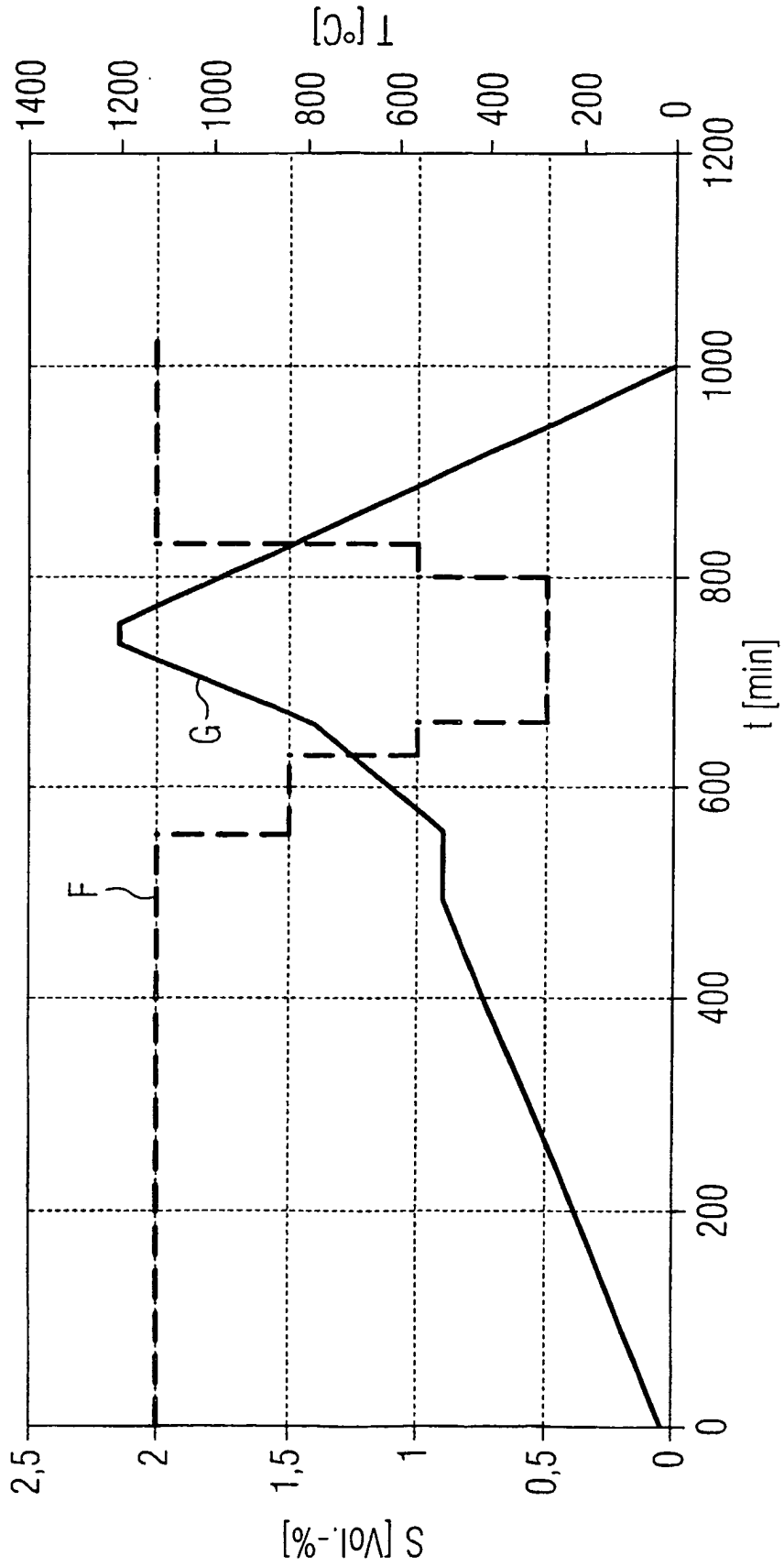


FIG 5D



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19719174 A1 [0003]
- DE 10018377 C1 [0004]