

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-92930

(P2018-92930A)

(43) 公開日 平成30年6月14日(2018.6.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 R 4/02 (2006.01)	HO 1 R 4/02 Z	3D025
HO 1 R 12/51 (2011.01)	HO 1 R 12/51	4G059
HO 1 R 4/58 (2006.01)	HO 1 R 4/58 A	5E051
HO 1 R 43/02 (2006.01)	HO 1 R 43/02 A	5E085
B60J 1/00 (2006.01)	B60J 1/00 B	5E123

審査請求 有 請求項の数 21 O L 外国語出願 (全 76 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-228683 (P2017-228683)  
 (22) 出願日 平成29年11月29日(2017.11.29)  
 (62) 分割の表示 特願2015-175885 (P2015-175885) の分割  
 原出願日 平成24年4月17日(2012.4.17)  
 (31) 優先権主張番号 11165504.9  
 (32) 優先日 平成23年5月10日(2011.5.10)  
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)  
 (31) 優先権主張番号 11165506.4  
 (32) 優先日 平成23年5月10日(2011.5.10)  
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(71) 出願人 512212885  
 サンゴバン グラス フランス  
 Saint-Gobain Glass France  
 フランス国 クールブヴォア アヴニュ  
 ダルザス 18  
 18, avenue d'Alsace  
 , F-92400 Courbevoie,  
 France  
 (74) 代理人 100114890  
 弁理士 アインゼル・フェリックス＝ライ  
 ンハルト  
 (74) 代理人 100116403  
 弁理士 前川 純一

最終頁に続く

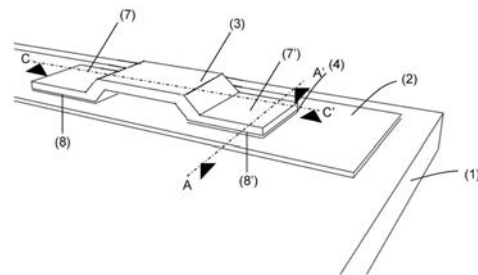
(54) 【発明の名称】 電気的な接続素子を備えているガラス板

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 少なくとも一つの電気的な接続素子を備えているガラス板を提供する。

【解決手段】 ガラス板は、サブストレート(1)と、サブストレートの所定の領域上の導電性の構造体(2)と、導電性の構造体の所定の領域上のはんだ材料(4)の層と、はんだ材料上の接続素子(3)とを有している。接続素子は、第1、第2の脚部領域と、第1、第2の移行領域と、第1、第2の移行領域間のブリッジ領域とを有している。第1、第2の脚部領域(7, 7')の下面には第1、第2のコンタクト面(8, 8')が設けられている。第1、第2のコンタクト面と、第1、第2の移行領域のサブストレート側の面は、はんだ材料によって導電性の構造体と接続されている。サブストレートの表面と、第1、第2の移行領域のサブストレート側の面の各接平面とが成す角度は90°未満である。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

少なくとも一つの電気的な接続素子を備えているガラス板において、  
 サブストレート(1)と、  
 前記サブストレート(1)の所定の領域上の導電性の構造体(2)と、  
 前記導電性の構造体(2)の所定の領域上のはんだ材料(4)の層と、  
 前記はんだ材料(4)上の接続素子(3)と、

を有しており、

前記接続素子(3)は、第1の脚部領域(7)と、第2の脚部領域(7')と、第1の移行領域(9)と、第2の移行領域(11)と、前記第1の移行領域(9)と前記第2の移行領域(11)との間のブリッジ領域(10)と、を有しており、

前記第1の脚部領域(7)、前記第2の脚部領域(7')、前記第1の移行領域(9)、前記第2の移行領域(11)及び前記ブリッジ領域(10)は、同一の幅を有し、

前記第1の脚部領域(7)の下面には第1のコンタクト面(8)が設けられており、且つ、前記第2の脚部領域(7')の下面には第2のコンタクト面(8')が設けられており、

前記第1のコンタクト面(8)と、前記第2のコンタクト面(8')と、前記第1の移行領域(9)のサブストレート(1)側の面(9')と、前記第2の移行領域(11)のサブストレート(1)側の面(11')とは、前記はんだ材料(4)によって前記導電性の構造体(2)と接続されており、

前記サブストレート(1)の表面と、前記第1の移行領域(9)の前記サブストレート(1)側の面(9')の接平面(12)と、が成す角度( $\theta_1$ )、並びに、前記サブストレート(1)の表面と、前記第2の移行領域(11)の前記サブストレート(1)側の面(11')の接平面(12)と、が成す角度( $\theta_2$ )は、それぞれ $2^\circ$ 以上 $90^\circ$ 未満であり、

前記導電性の構造体(2)と、前記第1の移行領域(9)と、前記第2の移行領域(11)と、前記ブリッジ領域(10)と、によって画定される中空部の全部又は一部は、前記はんだ材料によって充填されている、

ガラス板。

## 【請求項 2】

前記サブストレート(1)は、ガラス、ポリマー、及び/又は、それらの混合物を含んでいる、

請求項 1 に記載のガラス板。

## 【請求項 3】

前記サブストレート(1)は、平板ガラス、フロートガラス、石英ガラス、ホウケイ酸ガラス、又は、ソーダ石灰ガラスを含んでいる、

請求項 2 に記載のガラス板。

## 【請求項 4】

前記サブストレート(1)は、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリカーボネート、又は、ポリメチルメタクリレートを含んでいる、

請求項 2 に記載のガラス板。

## 【請求項 5】

前記サブストレート(1)の前記表面と、前記第1の移行領域(9)の前記サブストレート(1)側の面(9')の接平面(12)と、が成す角度( $\theta_1$ )、並びに、前記サブストレート(1)の前記表面と、前記第2の移行領域(11)の前記サブストレート(1)側の面(11')の接平面(12)と、が成す角度( $\theta_2$ )は、それぞれ $2^\circ$ から $75^\circ$ の間である、

請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載のガラス板。

## 【請求項 6】

前記サブストレート(1)の前記表面と、前記第1の移行領域(9)の前記サブストレ

ート(1)側の面(9')の接平面(12)と、が成す角度( $\theta_1$ )、並びに、前記サブストレート(1)の前記表面と、前記第2の移行領域(11)の前記サブストレート(1)側の面(11')の接平面(12)と、が成す角度( $\theta_2$ )は、それぞれ5°から50°の間である、

請求項5に記載のガラス板。

【請求項7】

前記第1の移行領域(9)、前記第2の移行領域(11)及び前記ブリッジ領域(10)は、部分的に平坦に成形されている、

請求項1乃至6のいずれか一項に記載のガラス板。

【請求項8】

前記第1の移行領域(9)、前記第2の移行領域(11)及び/又は前記ブリッジ領域(10)は、湾曲されている、

請求項1乃至6のいずれか一項に記載のガラス板。

【請求項9】

前記第1の移行領域(9)、前記第2の移行領域(11)及び/又は前記ブリッジ領域(10)は、同一の湾曲方向を有している、

請求項8に記載のガラス板。

【請求項10】

前記第1の移行領域(9)及び前記第2の移行領域(11)は、平坦に成形されており、且つ、前記ブリッジ領域(10)は、角張らせて成形されている、

請求項1乃至6のいずれか一項に記載のガラス板。

【請求項11】

前記第1のコンタクト面(8)及び前記第2のコンタクト面(8')にはスペーサ(19)が配置されている、

請求項1乃至10のいずれか一項に記載のガラス板。

【請求項12】

前記接続素子(3)は、少なくとも鉄・ニッケル合金、鉄・ニッケル・コバルト合金又は鉄・クロム合金を含んでいる、

請求項1乃至11のいずれか一項に記載のガラス板。

【請求項13】

前記接続素子(3)は、少なくとも50重量パーセントから75重量パーセントの鉄、25重量パーセントから50重量パーセントのニッケル、0重量パーセントから20重量パーセントのコバルト、0重量パーセントから1.5重量パーセントのマグネシウム、0重量パーセントから1重量パーセントのケイ素、0重量パーセントから1重量パーセントの炭素、又は、0重量パーセントから1重量パーセントのマンガンを含んでいる。

請求項12に記載のガラス板。

【請求項14】

前記接続素子(3)は、少なくとも50重量パーセントから89.5重量パーセントの鉄、10.5重量パーセントから20重量パーセントのクロム、0重量パーセントから1重量パーセントの炭素、0重量パーセントから5重量パーセントのニッケル、0重量パーセントから2重量パーセントのマンガン、0重量パーセントから2.5重量パーセントのモリブデン、又は、0重量パーセントから1重量パーセントのチタンを含んでいる、

請求項1に記載のガラス板。

【請求項15】

前記はんだ材料(4)は、スズ及びビスマス、インジウム、亜鉛、銅、銀又はそれらの混合物を含んでいる、

請求項1乃至14のいずれか一項に記載のガラス板。

【請求項16】

前記はんだ材料(4)の組成におけるスズの割合は、3重量パーセントから99.5重量パーセントであり、ビスマス、インジウム、亜鉛、銅、銀又はそれらの混合物の割合は

10

20

30

40

50

、0.5重量パーセントから97重量パーセントである、  
請求項15に記載のガラス板。

【請求項17】

前記接続素子(3)は、ニッケル、スズ、銅及び/又は銀で被覆されている、  
請求項1乃至16のいずれか一項に記載のガラス板。

【請求項18】

前記接続素子(3)は、0.1 $\mu$ mから0.3 $\mu$ mのニッケル及び/又は3 $\mu$ mから20 $\mu$ mの銀で被覆されている、  
請求項17に記載のガラス板。

【請求項19】

請求項1乃至18のいずれか一項に記載の、少なくとも一つの電気的な接続素子(3)  
を備えているガラス板の製造方法において、

a) はんだ材料(4)を、所定の層厚、体積及び形状を有している小型のプレートとして、  
接続素子(3)のコンタクト面(8, 8')上に配置及び被着させるステップと、

b) 導電性の構造体(2)をサブストレート(1)の所定の領域上に被着させるステップ  
と、

c) 前記接続素子(3)をはんだ材料(4)によって前記導電性の構造体(2)上に配置  
するステップと、

d) 前記接続素子(3)を前記導電性の構造体(2)にはんだ付けするステップと、  
を備えており、

前記コンタクト面(8, 8')と、前記接続素子(3)の第1の移行領域(9)のサブ  
ストレート(1)側の面(9')と、前記接続素子(3)の第2の移行領域(11)のサ  
ブストレート(1)側の面(11')と、は、前記はんだ材料(4)によって前記導電性  
の構造体(2)に接続されており、

前記サブストレート(1)の表面と、前記第1の移行領域(9)の前記サブストレート  
(1)側の面(9')の接平面(12)と、が成す角度( $\theta_1$ )、並びに、前記サブスト  
レート(1)の表面と、前記第2の移行領域(11)の前記サブストレート(1)側の面  
(11')の接平面(12)と、が成す角度( $\theta_2$ )は、それぞれ2°以上90°未満で  
あり、

前記導電性の構造体(2)と、前記第1の移行領域(9)と、前記第2の移行領域(1  
1)と、前記第1の移行領域(9)と前記第2の移行領域(11)との間のブリッジ領域  
(10)と、によって画定される中空部の全部又は一部を、前記はんだ材料によって充填  
する、  
製造方法。

【請求項20】

導電性の構造体を備えている車両のための、請求項1乃至18のいずれか一項に記載の  
電気的な接続素子を少なくとも1つ備えているガラス板の使用。

【請求項21】

加熱導体及び/又はアンテナ導体を備えている車両のための、請求項1乃至18のい  
ずれか一項に記載の電気的な接続素子を少なくとも1つ備えているガラス板の使用。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電気的な接続素子を備えているガラス板、並びに、その種のガラス板の経済  
的で環境に優しい製造方法に関する。

【0002】

更に本発明は、加熱導体又はアンテナ導体のような導電性の構造体が設けられている車  
両用の、電気的な接続素子を備えているガラス板に関する。導電性の構造体は通常の場合  
、はんだ付けされた電気的な接続素子を介して搭載電気系統に接続されている。使用され  
る複数の材料の熱膨張率が異なることから、製造時又は動作時に機械的応力が発生し、そ

10

20

30

40

50

の機械的応力がガラス板に負荷を掛け、それによりガラス板が割れる可能性がある。

【背景技術】

【0003】

鉛含有はんだは高い延性を有しているので、この延性により電気的な接続素子とガラス板との間に生じる機械的応力を可塑性の変形によって補償することができる。もっとも、EU内での使用済み車両に関する指令2000/53/ECにより、鉛含有はんだは、鉛フリーはんだに置き換えられなければならない。この指令はELV (End of life vehicles) 指令と略される。その目的は、使い捨てされる電子製品が急増する中で、それらの製品から極めて問題となる構成要素を排除することである。該当する構成要素として、鉛、銀及びカドミウムが挙げられる。このことは特に、ガラス板における電気的な用途への鉛フリーはんだの適用及び相応の代替製品の導入に関する。

10

【0004】

EP 1 942 703 A2には車両のガラス板における電気的な接続素子が開示されており、ここではガラス板の熱膨張率と電気的な接続素子の熱膨張率との差が $5 \times 10^{-6} /$ を下回っており、また接続素子が主としてチタンを含有している。十分な機械的安定性及び加工性を実現するために、過剰量のはんだ材料を使用することが提案されている。はんだ材料の過剰分は接続素子と導電性の構造体との間の間隙から漏れ出る。このはんだ材料の過剰分は板ガラス板内に高い機械的応力を惹起する。この機械的応力によって最終的にはガラス板が割れる。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明の課題は、ガラス板における危険な機械的応力が回避される、電気的な接続素子を備えているガラス板、並びに、その種のガラス板の経済的で環境に優しい製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明によれば、上記の課題は、独立請求項である請求項1に記載されている装置によって解決される。有利な実施の形態は縦続請求項に記載されている。

【0007】

電気的な接続素子を備えている本発明によるガラス板は、

- サブストレートと、
- サブストレートの所定の領域上の導電性の構造体と、
- 導電性の構造体の所定の領域上のはんだ材料の層と、
- はんだ材料上の接続素子とを有しており、
- 接続素子は、第1の脚部領域と、第2の脚部領域と、第1の移行領域と、第2の移行領域と、第1の移行領域と第2の移行領域との間のブリッジ領域とを有しており、
- 第1の脚部領域の下面には第1のコンタクト面が設けられており、且つ、第2の脚部領域の下面には第2のコンタクト面が設けられており、
- 第1のコンタクト面と、第2のコンタクト面と、第1の移行領域及び第2の移行領域のサブストレート側の面とは、はんだ材料によって導電性の構造体と接続されており、
- サブストレートの表面と、移行領域のサブストレート側の面の各接平面とが成す角度は $90^\circ$ 未満である。

30

40

【0008】

ガラス板には導電性の構造体が被着されている。電気的な接続素子は、はんだ材料を用いて、所定の部分領域において導電性の構造体と接続されている。第1のコンタクト面と、第1の移行領域のサブストレート側の面とは、導電性の構造体の第1の部分領域と接続されている。第2のコンタクト面と、第2の移行領域のサブストレート側の面とは、導電性の構造体の第2の部分領域と接続されている。はんだ材料は、1mm未満の漏れ幅でしか、接続素子と導電性の構造体との間の間隙から漏れ出ない。

50

## 【 0 0 0 9 】

一つの有利な実施の形態においては、最大漏れ幅は有利には0.5mm未満、特にほぼ0である。このことは、ガラス板における機械的応力の低減、接続素子の固着及びはんだの節約に関して非常に有利である。

## 【 0 0 1 0 】

最大漏れ幅は、接続素子の外縁と、はんだ材料の層厚が50μmを下回っている、はんだ材料の末端個所との間の距離として規定されている。最大漏れ幅は、はんだプロセスの終了後に、凝固したはんだ材料において測定される。

## 【 0 0 1 1 】

所望の最大漏れ幅は、はんだ材料の体積と、接続素子と導電性の構造体との間の垂直方向の距離とを適切に選択することによって達成され、このことは簡単な実験によって求めることができる。接続素子と導電性の構造体との間の垂直方向の距離を、相応のプロセスツール、例えば、スペーサが組み込まれているツールによって設定することができる。

## 【 0 0 1 2 】

最大漏れ幅が負の値を有していることも考えられる。即ち、最大漏れ幅は、電気的な接続素子及び導電性の構造体によって形成される間隙内にまで後退していることも考えられる。

## 【 0 0 1 3 】

本発明によるガラス板の一つの有利な実施の形態においては、最大漏れ幅が、電気的な接続素子及び導電性の構造体によって形成される間隙において凹状のメニスカスを形成するように後退している。凹状のメニスカスは例えば、はんだプロセスの際にはんだが未だ液体である間に、スペーサと導電性の構造体との間の垂直方向の距離を広げることによって生じる。

## 【 0 0 1 4 】

従来技術によれば、はんだ材料は接続素子を導電性の構造体にはんだ付けする際に熔融される。続いて、接続素子のコンタクト面と導電性の構造体との間の所望の距離が調整される。この場合、過剰な液体のはんだ材料は、制御されずに接続素子と導電性の構造体との間の間隙から漏れ出る。接続素子の外縁を超える、はんだ材料の制御できない末端部によって、最大漏れ幅が大きくなる。これによって、ガラス板において高い機械的応力が生じる。

## 【 0 0 1 5 】

本発明による接続素子の利点は、導電性の構造体と接続素子の移行領域との間の毛細管現象が効果を発揮することである。毛細管現象の効果は、接続素子の移行領域と導電性の構造体との間の距離が短いことの結果である。サブストレートの表面と、移行領域のサブストレート側の面の接平面との間の角度が90°未満であることによりそのような短い距離が得られる。接続素子と導電性の構造体との間の所望の距離は、はんだ材料の熔融後に調整される。過剰量のはんだ材料は毛細管現象の効果によって制御されて、移行領域及び導電性の構造体によって制限される容積内に吸収される。これによって、接続素子の外縁における過剰量のはんだ材料、従って最大漏れ幅が低減される。従って本発明による接続素子によって、ガラス板における機械的応力の低減が達成される。このことは特に鉛フリーはんだ材料を使用する場合には有利である。鉛フリーはんだ材料は、鉛含有はんだ材料に比べて延性が低いので、機械的応力を余り良好には補償できない。

## 【 0 0 1 6 】

最大漏れ幅の定義の意味において、移行領域に続くコンタクト面のエッジ（稜）は接続素子の外縁ではない。

## 【 0 0 1 7 】

導電性の構造体、移行領域及びブリッジ領域によって画定される中空部をはんだ材料で完全に充填することができる。有利には、中空部は完全にははんだ材料で充填されていない。

## 【 0 0 1 8 】

サブストレータは有利には、ガラス、特に有利には平板ガラス、フロートガラス、石英ガラス、ホウケイ酸ガラス、ソーダ石灰ガラスを含んでいる。一つの択一的な有利な実施の形態においては、サブストレータがポリマー、特に有利にはポリエチレン、ポリプロピレン、ポリカーボネート、ポリメチルメタクリレート、及び/又は、それらの混合物を含んでいる。

【0019】

サブストレータは第1の熱膨張率を有している。接続素子は第2の熱膨張率を有している。

【0020】

第1の熱膨張率は有利には  $8 \times 10^{-6}/$  から  $9 \times 10^{-6}/$  である。サブストレータは有利にはガラスを含んでおり、有利には0 から300 の温度範囲において  $8.3 \times 10^{-6}/$  から  $9 \times 10^{-6}/$  の熱膨張率を有しているガラスを含んでいる。

10

【0021】

本発明による接続素子は、有利には少なくとも一つの鉄・ニッケル合金、鉄・ニッケル・コバルト合金又は鉄・クロム合金を含んでいる。

【0022】

本発明による接続素子は、有利には少なくとも50重量パーセントから89.5重量パーセントの鉄、0重量パーセントから50重量パーセントのニッケル、0重量パーセントから20重量パーセントのクロム、0重量パーセントから20重量パーセントのコバルト、0重量パーセントから1.5重量パーセントのマグネシウム、0重量パーセントから1重量パーセントのケイ素、0重量パーセントから1重量パーセントの炭素、0重量パーセントから2重量パーセントのマンガン、0重量パーセントから5重量パーセントのモリブデン、0重量パーセントから1重量パーセントのチタン、0重量パーセントから1重量パーセントのニオブ、0重量パーセントから1重量パーセントのバナジウム、0重量パーセントから1重量パーセントのアルミニウム、及び/又は、0重量パーセントから1重量パーセントのタングステンを含んでいる。

20

【0023】

本発明の一つの有利な実施の形態においては、第1の熱膨張率と第2の熱膨張率との差は  $5 \times 10^{-6}/$  以上である。第2の熱膨張率は、0 から300 の温度範囲において有利には  $0.1 \times 10^{-6}/$  から  $4 \times 10^{-6}/$  、特に有利には  $0.3 \times 10^{-6}/$  から  $3 \times 10^{-6}/$  である。

30

【0024】

本発明による接続素子は、有利には少なくとも50重量パーセントから75重量パーセントの鉄、25重量パーセントから50重量パーセントのニッケル、0重量パーセントから20重量パーセントのコバルト、0重量パーセントから1.5重量パーセントのマグネシウム、0重量パーセントから1重量パーセントのケイ素、0重量パーセントから1重量パーセントの炭素、及び/又は、0重量パーセントから1重量パーセントのマンガンを含んでいる。

【0025】

本発明による接続素子は有利には、クロム、ニオブ、アルミニウム、バナジウム、タングステン及びチタンを0重量パーセントから1重量パーセントの割合で含んでおり、モリブデンを0重量パーセントから5重量パーセントの割合で含んでおり、また製造に起因する添加物を含んでいる。

40

【0026】

本発明による接続素子は、有利には少なくとも55重量パーセントから70重量パーセントの鉄、30重量パーセントから45重量パーセントのニッケル、0重量パーセントから5重量パーセントのコバルト、0重量パーセントから1重量パーセントのマグネシウム、0重量パーセントから1重量パーセントのケイ素、及び/又は、0重量パーセントから1重量パーセントの炭素を含んでいる。

【0027】

50

本発明による接続素子は有利にはインバー (FeNi) を含んでいる。

【0028】

インバーは、例えば36重量パーセントのニッケルを含有している、鉄・ニッケル合金 (FeNi36) である。これは、特定の温度領域においては熱膨張率が極端に小さいか、又は部分的に負である特性を有している合金及び化合物のグループである。Fe65Ni35インバーは65重量パーセントの鉄及び35重量パーセントのニッケルを含んでいる。1重量パーセントまでのマグネシウム、ケイ素及び炭素は通常の場合、機械的な特性を変化させるために合金にされる。5重量パーセントのコバルトの合金によって、熱膨張率を更に低下させることができる。その合金の名称は、 $0.55 \times 10^{-6}/$  の熱膨張率 (20 から100 の温度範囲) を有しているInovco, FeNi33Co4.5 10

【0029】

$4 \times 10^{-6}/$  未満の極端に低い熱膨張率を有しているインバーのような合金が使用される場合、ガラスにおける危険ではない圧縮強さ又は合金における危険ではない引張強さによる機械的応力の過補償が行われる。

【0030】

本発明の一つの別の有利な実施の形態においては、第1の熱膨張率と第2の熱膨張率との差は $5 \times 10^{-6}/$  未満である。第1の熱膨張率と第2の熱膨張率との差が僅かであることによって、ガラス板における危険な機械的応力が回避され、より良好な固着が維持される。第2の熱膨張率は、0 から300 の温度範囲において有利には $4 \times 10^{-6}/$  20 から $8 \times 10^{-6}/$ 、特に有利には $4 \times 10^{-6}/$  から $6 \times 10^{-6}/$  である。

【0031】

本発明による接続素子は、有利には少なくとも50重量パーセントから60重量パーセントの鉄、25重量パーセントから35重量パーセントのニッケル、15重量パーセントから20重量パーセントのコバルト、0重量パーセントから0.5重量パーセントのケイ素、0重量パーセントから0.1重量パーセントの炭素、及び/又は、0重量パーセントから0.5重量パーセントのマンガンを含んでいる。

【0032】

本発明による接続素子は有利にはコパール (FeCoNi) を含んでいる。

【0033】

コパールは、通常、約 $5 \times 10^{-6}/$  の熱膨張率を有している鉄・ニッケル・コバルト合金である。従って、熱膨張率は一般的な金属の係数よりも低い。組成は例えば54重量パーセントの鉄、29重量パーセントのニッケル及び17重量パーセントのコバルトを含んでいる。従って、マイクロエレクトロニクス及びマイクロシステム技術の分野においては、コパールはケーシング材料又はサブマウントとして使用される。サブマウントはサンドウィッチ方式により本来の支持体材料と、大抵の場合は著しく高い熱膨張率を有している材料との間に設けられる。従ってコパールは、別の材料の異なる熱膨張率によって惹起される熱機械的応力を吸収及び低減する補償要素として使用される。同様に、コパールは電子素子のガラス金属封着 (Glass-to-Metal Seal) 及び真空チャンバ内の材料転位に使用される。 40

【0034】

本発明による接続素子は、アニーリングによって熱後処理された鉄・ニッケル合金及び/又は鉄・ニッケル・コバルト合金を含んでいる。

【0035】

本発明の一つの別の有利な実施の形態においては、第1の熱膨張率と第2の熱膨張率との差は同様に $5 \times 10^{-6}/$  未満である。第2の熱膨張率は、0 から300 の温度範囲において有利には $9 \times 10^{-6}/$  から $13 \times 10^{-6}/$ 、特に有利には $10 \times 10^{-6}/$  から $11.5 \times 10^{-6}/$  である。

【0036】

本発明による接続素子は、有利には少なくとも50重量パーセントから89.5重量パ 50

ーセントの鉄、10.5重量パーセントから20重量パーセントのクロム、0重量パーセントから1重量パーセントの炭素、0重量パーセントから5重量パーセントのニッケル、0重量パーセントから2重量パーセントのマンガン、0重量パーセントから2.5重量パーセントのモリブデン、及び/又は、0重量パーセントから1重量パーセントのチタンを含んでいる。接続素子は、付加的に、別の成分の添加物として、バナジウム、アルミニウム、ニオブ及び窒素を含むことができる。

**【0037】**

本発明による接続素子は、少なくとも66.5重量パーセントから89.5重量パーセントの鉄、10.5重量パーセントから20重量パーセントのクロム、0重量パーセントから1重量パーセントの炭素、0重量パーセントから5重量パーセントのニッケル、0重量パーセントから2重量パーセントのマンガン、0重量パーセントから2.5重量パーセントのモリブデン、0重量パーセントから2重量パーセントのニオブ、及び/又は、0重量パーセントから1重量パーセントのチタンを含むこともできる。

10

**【0038】**

本発明による接続素子は、有利には少なくとも65重量パーセントから89.5重量パーセントの鉄、10.5重量パーセントから20重量パーセントのクロム、0重量パーセントから0.5重量パーセントの炭素、0重量パーセントから2.5重量パーセントのニッケル、0重量パーセントから1重量パーセントのマンガン、0重量パーセントから1重量パーセントのモリブデン、及び/又は、0重量パーセントから1重量パーセントのチタンを含んでいる。

20

**【0039】**

本発明による接続素子は、少なくとも73重量パーセントから89.5重量パーセントの鉄、10.5重量パーセントから20重量パーセントのクロム、0重量パーセントから0.5重量パーセントの炭素、0重量パーセントから2.5重量パーセントのニッケル、0重量パーセントから1重量パーセントのマンガン、0重量パーセントから1重量パーセントのモリブデン、0重量パーセントから1重量パーセントのニオブ、及び/又は、0重量パーセントから1重量パーセントのチタンを含むこともできる。

**【0040】**

本発明による接続素子は、有利には少なくとも75重量パーセントから84重量パーセントの鉄、16重量パーセントから18.5重量パーセントのクロム、0重量パーセントから0.1重量パーセントの炭素、0重量パーセントから1重量パーセントのマンガン、及び/又は、0重量パーセントから1重量パーセントのチタンを含んでいる。

30

**【0041】**

本発明による接続素子は、少なくとも78.5重量パーセントから84重量パーセントの鉄、16重量パーセントから18.5重量パーセントのクロム、0重量パーセントから0.1重量パーセントの炭素、0重量パーセントから1重量パーセントのマンガン、0重量パーセントから1重量パーセントのニオブ、及び/又は、0重量パーセントから1重量パーセントのチタンも含むこともできる。

**【0042】**

本発明による接続素子は有利にはクロム含有鋼を含んでおり、これは10.5重量パーセント以上の割合のクロムを含み、また $9 \times 10^{-6}/$  から $13 \times 10^{-6}/$  の熱膨張率を有している。別の合金構成要素、例えばモリブデン、マンガン又はニオブによって腐食耐性が改善されるか、又は機械的な特性、例えば引っ張り耐性又は冷態成形性が変化する。

40

**【0043】**

チタンから成る従来技術による接続素子に対する、クロム含有鋼から成る接続素子の利点ははんだ付け適性が改善されている点にある。この改善されたはんだ付け適性は、22 W/m Kのチタンの熱伝導率よりも高い25 W/m Kから30 W/m Kの熱伝導率によって得られる。熱伝導率が比較的高いことによって、はんだプロセス中に接続素子が一様に加熱され、またそれによって点状の非常に熱い個所(「ホットスポット」)が形成される

50

ことが回避される。それらの個所はガラス板の将来的な損傷の起因となる。ガラス板における接続素子の固着が改善される。更にクロム含有鋼は容易に溶接することができる。これによって、導電性の材料、例えば銅を介して、接続素子と搭載電気系統とを溶接によってより良好に接続させることができる。冷態成形性が改善されていることから、接続素子も良好に導電性材料に圧着させることができる。更には、クロム含有鋼はより良好な可用性を有している。

【0044】

本発明による導電性の構造体は有利には5 μmから40 μm、特に有利には5 μmから20 μm、非常に有利には8 μmから15 μm、またとりわけ有利には10 μmから12 μmの層厚を有している。本発明による導電性の構造体は有利には銀、特に有利には銀粒子及びガラスフリットを含んでいる。

10

【0045】

はんだの本発明による層厚は有利には $3.0 \times 10^{-4}$  m未満である。

【0046】

はんだ材料は有利には鉛フリーである。つまりはんだ材料は鉛を含んでいない。このことは、電気的な接続素子を備えている本発明によるガラス板の環境適合性に関して特に有利である。鉛フリーのはんだ材料は一般的に鉛含有はんだ材料よりも低い延性を有しているので、接続素子とガラス板との間の機械的応力を余り良好には補償することができない。しかしながら、本発明による接続素子によって危険な機械的応力を回避できることが分かった。本発明によるはんだ材料は、有利にはスズ及びビスマス、インジウム、亜鉛、銅、銀又はそれらの混合物を含む。本発明によるはんだの組成におけるスズの割合は3重量パーセントから99.5重量パーセント、有利には10重量パーセントから95.5重量パーセント、特に有利には15重量パーセントから60重量パーセントである。本発明によるはんだの組成におけるビスマス、インジウム、亜鉛、銅、銀又はそれらの混合物の割合は0.5重量パーセントから97重量パーセント、有利には10重量パーセントから67重量パーセントである。但し、ビスマス、インジウム、亜鉛、銅又は銀の割合は0重量パーセントであることも考えられる。本発明によるはんだの組成はニッケル、ゲルマニウム、アルミニウム又は蛍光体を0重量パーセントから5重量パーセントの割合で含むことができる。本発明によるはんだの組成は非常に有利には、Bi40Sn57Ag3, Sn40Bi57Ag3, Bi59Sn40Ag1, Bi57Sn42Ag1, In97Ag3, Sn95.5Ag3.8Cu0.7, Bi67In33, Bi33In50Sn17, Sn77.2In20Ag2.8, Sn95Ag4Cu1, Sn99Cu1, Sn96.5Ag3.5又はそれらの混合物を含む。

20

30

【0047】

本発明による接続素子は有利には、ニッケル、スズ、銅及び/又は銀で被覆されている。本発明による接続素子には、特に有利には固着媒介層、有利にはニッケル及び/又は銅から成る固着媒介層が設けられており、また付加的にははんだ付け可能な層、有利には銀から成る層も設けられている。本発明による接続素子は極めて有利には、0.1 μmから0.3 μmのニッケル、及び/又は、3 μmから20 μmの銀で被覆されている。接続素子をニッケルめっき、スズめっき、銅めっき及び/又は銀めっきすることができる。ニッケル及び銀は接続素子の許容電流及び腐食耐性を改善し、またははんだ材料との湿潤性も改善する。

40

【0048】

サブストレートの表面に対して、接続素子の移行領域のサブストレート側の面の各接平面が成す角度は有利には1°から85°の間、特に有利には2°から75°の間、極めて有利には3°から60°の間、とりわけ有利には5°から50°の間である。サブストレートの表面に対して接平面が成す角度は移行領域全体において0°であってはならない。何故ならばその場合には、過剰分のはんだ材料を収容するための、移行領域と導電性の構造体との間の間隙が形成されないからである。更に本発明による接続素子は、接平面が直接的に接している脚部領域とは反対側の方向に傾斜しているように成形されている。

50

## 【0049】

本発明の一つの有利な実施の形態においては、接続素子の移行領域及びブリッジ領域が部分的に平坦に成形されている。平坦とは接続素子の下面が平面を形成していることを意味する。

## 【0050】

特に有利には、移行領域が平坦に成形されており、且つ、ブリッジ領域が平坦であるか、又は部分的に平坦に成形されている。移行領域のサブストレート側の面の各接平面は移行領域の平坦な下面と一致する。サブストレートの表面に対して、第1の移行領域のサブストレート側の面は角度 $\theta_1$ を成している。サブストレートの表面に対して、第2の移行領域のサブストレート側の面は角度 $\theta_2$ を成している。本発明の特に有利な実施の形態においては角度 $\theta_1$ と角度 $\theta_2$ が等しい。角度 $\theta_1$ 及び角度 $\theta_2$ は $0^\circ$ ではない。

10

## 【0051】

移行領域を部分的に平坦に成形することもできる。角度 $\theta_1$ 及び $\theta_2$ を、脚部領域に接している、移行領域の平坦な区間において決定することができる。角度 $\theta_1$ 及び角度 $\theta_2$ は $0^\circ$ ではない。移行領域の残りの平坦な区間のサブストレート側の面は、サブストレートの表面に対して $0^\circ$ の角度を成していても良い。

## 【0052】

本発明の一つの別の有利な実施の形態においては、二つの移行領域及び/又はブリッジ領域が湾曲している。二つの移行領域及びブリッジ領域は有利には同一の湾曲方向を有しており、また、有利には卵形に湾曲した輪郭、特に有利には楕円状に湾曲した輪郭、また極めて有利には円弧の輪郭を有している。円弧の曲率半径は、例えば有利には、接続素子の長さが24mmの場合には5mmから15mmである。二つの移行領域及びブリッジ領域が同一の湾曲方向を有している場合には、コンタクト面と、移行領域のサブストレート側の面との間の接続部はエッジとして成形されている。移行領域及び/又はブリッジ領域の湾曲方向を変化させることもできる。

20

## 【0053】

本発明の一つの別の有利な実施の形態においては、二つの移行領域が平坦に成形されており、且つ、ブリッジ領域に角度が付けられている。ブリッジ領域は二つの平坦の部分領域から成り、それらの部分領域は角度 $\theta$ を成している。サブストレートの表面に対して、第1の移行領域のサブストレート側の面は角度 $\theta_1$ を成している。サブストレートの表面に対して、第2の移行領域のサブストレート側の面は角度 $\theta_2$ を成している。角度 $\theta$ は $180^\circ - \theta_1 - \theta_2$ である。本発明の特に有利な実施の形態においては角度 $\theta_1$ と角度 $\theta_2$ が等しい。

30

## 【0054】

鉄・ニッケル合金、鉄・ニッケル・コバルト合金又は鉄・クロム合金を補償プレートとして、例えば鋼、アルミニウム、チタン、銅から成る接続素子に溶接、圧着又は接着させることができる。パイメタルとして、ガラスの膨張に相対的な、接続素子の好適な膨張特性を達成することができる。補償プレートは有利には帽子状である。

## 【0055】

電氣的な接続素子は、はんだ材料に向けられている面において、被覆部、銅、亜鉛、スズ、銀、金又は合金若しくはそれらの層、有利には銀を含む層を含んでいる。これによって、はんだ材料が被覆部を超えて広がることが阻止されており、また漏れ幅が制限されている。

40

## 【0056】

接続素子は平面図で見て、例えば有利には1mmから50mmの長さ及び幅、特に有利には2mmから30mmの長さ及び幅、また極めて有利には2mmから5mmの幅且つ12mmから24mmの長さを有している。

## 【0057】

脚部領域の下面におけるコンタクト面は例えば有利には1mmから15mmの長さ及び幅、特に有利には2mmから8mmの長さ及び幅、また極めて有利には2mmから5mm

50

の幅且つ2 mmから5 mmの長さを有している。

【0058】

電氣的な接続素子の形状によって、接続素子と導電性の構造体との間の間隙にはんだ貯蔵部を形成することができる。はんだ貯蔵部及び接続素子におけるはんだの湿潤特性は、間隙からのはんだ材料の漏れを阻止する。はんだ貯蔵部は矩形であるか、丸み付けられているか、又は、多角形に形成されている。

【0059】

はんだの熱の分散、従ってはんだプロセスにおけるはんだ材料の分散を、接続素子の形状によって規定することができる。はんだ材料は最も高温の点に向かって流れる。例えば、接続素子は一重又は二重の帽子の形状を有することができ、これによりはんだプロセス中に熱を有利には接続素子において分散させることができる。

10

【0060】

本発明の一つの有利な実施の形態においては、各コンタクト面に少なくとも一つ、有利には少なくとも二つのスペーサが配置されている。スペーサは有利には接続素子と同一の合金を含んでいる。各スペーサは例えば立方体として、角錐として、回転楕円体のセグメントとして、又は球台として成形されている。スペーサは有利には $0.5 \times 10^{-4}$  mから $10 \times 10^{-4}$  mの幅且つ $0.5 \times 10^{-4}$  mから $5 \times 10^{-4}$  mの高さ、特に有利には $1 \times 10^{-4}$  mから $3 \times 10^{-4}$  mの高さを有している。スペーサによって均一なはんだ材料層の形成が支援される。このことは接続素子の固着に関して特に有利である。一つの有利な実施の形態においては、スペーサは接続素子とワンピースで形成されている。

20

【0061】

電氣的な接続素子及び導電性の構造体の電氣的な接続の際のエネルギーの導入は、有利には、パンチ、熱極、ピストンのはんだ、有利にはレーザのはんだ付け、熱空のはんだ付け、誘導のはんだ付け、抵抗のはんだ付けによって、及び/又は、超音波によって行われる。

【0062】

本発明の上記の課題は、更に、少なくとも一つの接続素子を備えているガラス板の製造方法によって解決され、この製造方法は、

- a) はんだ材料を、所定の層厚、体積及び形状を有している小型のプレートとして、接続素子のコンタクト面に配置及び被着させるステップと、
- b) 導電性の構造体をサブストレートの所定の領域上に被着させるステップと、
- c) 接続素子をはんだ材料によって導電性の構造体上に配置するステップと、
- d) 接続素子を導電性の構造体にはんだ付けするステップとを備えている。

30

【0063】

はんだ材料は、有利には所定の層厚、体積、形状及び接続素子上の配置構成を有する小型のプレートとして、有利には事前に接続素子に被着される。

【0064】

例えば接続素子を、例えば銅から成る金属薄板、撚り線又は網状体と溶接することができるか、又は圧着することができ、また、搭載電気系統に接続することができる。

【0065】

本発明による接続素子は有利にはワンピースで形成されているが、しかしながら、相互に接続されている、例えば溶接されている二つ以上の部分素子から接続素子を形成することもできる。

40

【0066】

接続素子は有利には、建物、特に自動車、鉄道、飛行機又は船舶における加熱可能ガラス板、又はアンテナを備えているガラス板に利用される。接続素子はガラス板の導体構造をガラス板の外部に配置されている電気系統と接続するために使用される。電気系統は増幅器、制御ユニット又は電圧源である。

【0067】

以下では、添付の図面及び複数の実施例に基づき、本発明を詳細に説明する。図面は概略的に描かれたものであり、縮尺通りではない。図面の記載は本発明を制限することを意

50



## 【0071】

図1及び図2に示した実施例に続いて、図3には本発明による接続素子3の択一的な実施の形態が示されている。電氣的な接続素子3には、はんだ材料4と対向する面において、銀を含有する被覆部5が設けられている。これによって、はんだ材料が被覆部5を超えて広がるのが阻止され、漏れ幅bが限定される。一つの別の実施の形態においては、接続素子3と銀を含有する層5との間に、固着媒介層、例えばニッケル及び/又は銅から成る層を設けることができる。はんだ材料4の漏れ幅bは1mm以下である。はんだ材料4の配置に起因して、危険な機械的応力がガラス板1において観測されることはない。導電性の構造体2を介する、ガラス板1と電氣的な接続素子3との間の接続は持続的に安定している。

10

## 【0072】

図1及び図2に示した実施例に続いて、図4には本発明による接続素子3の別の択一的な実施の形態が示されている。電氣的な接続素子3は、はんだ材料4と対向する面において、はんだ材料4用のはんだ貯蔵部を形成する、深さ250 $\mu$ mの凹部を有している。間隙からのはんだ材料4の漏れを完全に阻止することができる。ガラス板1における熱応力は危険なものではなく、また導電性の構造体2を介する接続素子3とガラス板1との間の持続的で電氣的且つ機械的な接続が提供される。

## 【0073】

図1及び図2に示した実施例に続いて、図5には本発明による接続素子3の別の択一的な実施の形態が示されている。電氣的な接続素子3は縁部領域において上方に向かって折り曲げられている。縁部領域の上方に向かって折り曲げられている部分のガラス板1からの高さは最大で400 $\mu$ mである。これによって、はんだ材料4のための空間が形成される。所定量のはんだ材料4は、電氣的な接続素子3と導電性の構造体2との間において凹状のメニスカスを形成している。間隙からのはんだ材料4の漏れを完全に阻止することができる。漏れ幅bはほぼ0であり、メニスカスが形成されることから大部分は0以下である。ガラス板1における熱応力は危険なものではなく、また導電性の構造体2を介する接続素子3とガラス板1との間の持続的で電氣的且つ機械的な接続が提供される。

20

## 【0074】

図6及び図7には、接続素子3を備えている本発明によるガラス板1の別の実施の形態がそれぞれ詳細に示されている。接続素子3は、 $8 \times 10^{-6}/$ の熱膨張率を有している、鉄を含有する合金を含む。材料の厚さは2mmである。接続素子3のコンタクト面8及び8'の領域には、EN 10088-2に準拠する材料番号1.4509のクロム含有鋼(ThyssenKrupp Nirosta<sup>(R)</sup> 4509)を有している、帽子状の補償体6が設けられている。帽子状の補償体6の最大層厚は4mmである。補償体によって、接続素子3の熱膨張率をガラス板1及びはんだ材料4の要求に適合させることができる。帽子状の補償体6によって、はんだ結合部4の製造中の熱の流れが改善される。加熱は特にコンタクト面8及び8'の中心において行われる。はんだ材料4の漏れ幅bを更に縮小させることができる。漏れ幅bが1mm未満と短く、また熱膨張率が適合されていることから、ガラス板1における熱応力を更に低減することができる。ガラス板1における熱応力は危険なものではなく、また導電性の構造体2を介する接続素子3とガラス板1との間の持続的で電氣的且つ機械的な接続が提供される。

30

40

## 【0075】

図1及び図1aに示した実施例に続いて、図8には本発明による接続素子3の択一的な実施の形態が示されている。二つの移行領域9, 11及びブリッジ領域10は湾曲されており、且つ、同一の湾曲方向を有している。それらの領域は一緒に、12mmの曲率半径を有する円弧の輪郭を形成している。コンタクト面8, 8'と、湾曲した移行領域9, 11の、サブストレートと対向する面9', 11'との間の接続部16及び16'はエッジとして成形されている。ガラス板1における熱応力は危険なものではなく、また導電性の構造体2を介する接続素子3とガラス板1との間の持続的で電氣的且つ機械的な接続が提供される。

50

## 【0076】

図1及び図1aに示した実施例に続いて、図9には本発明による接続素子3の別の択一的な実施の形態が示されている。二つの移行領域は平坦に成形されており、ブリッジ領域は角張らせて成形されている。サブストレート1の表面に対して、移行領域9のサブストレート1側の面9'は $\theta_1 = 20^\circ$ の角度を成している。サブストレート1の表面に対して、移行領域11のサブストレート1側の面11'は $\theta_2 = 20^\circ$ の角度を成している。ブリッジ領域の角度は $140^\circ$ である。ガラス板1における熱応力は危険なものではなく、また導電性の構造体2を介する接続素子3とガラス板1との間の持続的で電氣的且つ機械的な接続が提供される。

## 【0077】

図1及び図1aに示した実施例に続いて、図10には本発明による接続素子3の別の択一的な実施の形態が示されている。二つの移行領域9, 11及びブリッジ領域10は湾曲している。移行領域9, 11及びブリッジ領域10から成る構造体はその湾曲方向を二回変化させている。脚部領域7及び7'に接している移行領域9及び11の湾曲方向はサブストレート1から離れる方向である。これによって、コンタクト面8, 8'と、湾曲した移行領域9, 11のサブストレート側の面9', 11'との間の接続部16及び16'においてエッジは存在していない。接続素子の下面は途切れの無い連続的な経過を有している。ガラス板1における熱応力は危険なものではなく、また導電性の構造体2を介する接続素子3とガラス板1との間の持続的で電氣的且つ機械的な接続が提供される。

## 【0078】

図11には本発明による接続素子3の別の択一的な実施の形態が示されている。二つの移行領域9及び11が湾曲しており、湾曲方向はサブストレート1から離れる方向を示している。ブリッジ領域10は二つの部分要素から構成されている。それらの部分要素は湾曲した部分領域17, 17'及び平坦な部分領域18, 18'をそれぞれ一つずつ有している。ブリッジ領域10は部分領域17によって移行領域9と接続されており、且つ部分領域17'によって移行領域11と接続されている。湾曲した部分領域17及び17'は、接している移行領域と同一の湾曲方向を有している。平坦な部分領域18及び18'はサブストレートの表面に対して垂直に配置されており、且つ、相互に直接的に接触している。

## 【0079】

図1及び図1aに示した実施例に続いて、図12には本発明による接続素子3の別の択一的な実施の形態が示されている。脚部領域7, 7'、移行領域9, 11及びブリッジ領域10は図1aに応じて成形されている。コンタクト面8及び8'は4mmの幅及び4mmの長さを有している。コンタクト面8及び8'にはスペーサ19が取り付けられている。スペーサは半球状に成形されており、且つ、 $2.5 \times 10^{-4}$ mの高さh及び $5 \times 10^{-4}$ mの幅lを有している。

## 【0080】

択一的な実施の形態においては、スペーサ19を例えば立方体、角錐、又は、回転楕円体のセグメントとして構成することもでき、また有利には $0.5 \times 10^{-4}$ mから $10 \times 10^{-4}$ mの幅と、 $0.5 \times 10^{-4}$ mから $5 \times 10^{-4}$ mの高さ、特に有利には $1 \times 10^{-4}$ mから $3 \times 10^{-4}$ mの高さとを有している。スペーサ19によって、はんだ材料4の均一な層の形成が支援される。このことは接続素子3の固着に関して特に有利である。

## 【0081】

図12に示した実施例に続いて、図12aには本発明による接続素子3の別の択一的な実施の形態が示されている。脚部領域7, 7'のサブストレート1側とは反対側の面にはそれぞれコンタクト隆起部22が配置されている。図示されている実施の形態において、コンタクト隆起部22は半球状に成形されており、且つ、 $2.5 \times 10^{-4}$ mの高さ及び $5 \times 10^{-4}$ mの幅を有している。コンタクト隆起部22の中心点はほぼ、脚部領域7, 7'のサブストレート側とは反対側の面の幾何学的な中心に配置されている。コンタクト隆起部22はその凸状の表面に基づき、接続素子3と導電性の構造体2との間の有利には改善

10

20

30

40

50

されたはんだ付けを実現する。はんだ付けのために、平坦に成形されているコンタクト面を有している電極を使用することができる。電極の面がコンタクト隆起部 22 と接触し、それらの電極の面とコンタクト隆起部 22 との間のコンタクト領域ははんだ個所を形成する。はんだ個所の位置は有利には、コンタクト隆起部 22 の凸状の表面における、サブストレート 1 の表面までの垂直方向の距離が最大である点によって決定される。はんだ個所の位置は、接続素子 3 におけるはんだ電極の位置に依存しない。このことは、はんだプロセス中の再現可能な均一な熱分散に関して特に有利である。

#### 【0082】

はんだプロセス中の熱分散は、コンタクト隆起部 22 の位置、大きさ、配置構成及び幾何学形状によって決定される。択一的な実施の形態においては、コンタクト隆起部 22 が例えば回転楕円体のセグメントとして、又は直方体として成形されており、その種の直方体のサブストレート側とは反対側の面は凸状に湾曲するよう成形されている。コンタクト隆起部 22 は有利には 0.1 mm から 2 mm までの高さ、特に有利には 0.2 mm から 1 mm までの高さを有している。コンタクト隆起部 22 の長さ及び幅は有利には 0.1 mm から 5 mm の間、非常に有利には 0.4 mm から 3 mm の間である。

10

#### 【0083】

一つの有利な実施の形態においては、コンタクト隆起部 22 及びスペーサ 19 を接続素子 3 とワンピースで形成することができる。コンタクト隆起部 22 及びスペーサ 19 を例えば、出発状態においては平坦な表面を有している接続素子 3 の変形によって、例えば型押し又は深絞りによって、その表面上に形成することができる。接続素子 3 のコンタクト隆起部 22 側又はスペーサ 19 側とは反対側の表面には相応の凹部が形成されると考えられる。

20

#### 【0084】

コンタクト隆起部 22 及びスペーサ 19 によって、はんだ材料 4 の均一で一様な厚さで均一に溶融される層が達成される。これによって、接続素子 3 とサブストレート 1 との間の機械的応力を低減することができる。このことは特に、鉛フリーはんだが使用される場合には非常に有利である。鉛フリーはんだはその延性が鉛含有はんだに比べて低いので、機械的応力を余り良好には補償できない。

#### 【0085】

図 13 には本発明による接続素子 3 の択一的な実施の形態が平面図で示されている。移行領域 9, 11 及びブリッジ領域 10 は図 1a に応じて成形されている。各脚部領域 7 及び 7' は 8 mm の幅を有しており、また、移行領域 9, 11 及びブリッジ領域 10 の 2 倍の幅を有している。驚くべきことに、移行領域 9, 11 及びブリッジ領域 10 よりも幅広に構成されている脚部領域 7, 7' によってガラス板 1 における機械的応力が低減されることが分かった。脚部領域 7, 7' の幅は、有利にはブリッジ領域 10 の幅の 150% から 300% である。

30

#### 【0086】

図 14 には本発明による接続素子 3 の択一的な実施の形態が斜視図で示されている。脚部領域 7 及び 7' は例えば 7 mm の長さ及び 5 mm の幅を有している。ブリッジ領域 10 は平坦に構成されており、また例えば 12 mm の長さ及び 10 mm の幅を有している。ブリッジ領域 10 は脚部領域 7, 7' よりも幅広であり、製造に起因する凹部 21 を有している。凹部 21 はブリッジ領域 10 のエッジまで延在しており、そのエッジにはブリッジ領域 9 を介して脚部領域 7 が繋がっている。凹部 21 の形状及び大きさは、脚部領域 7 及び移行領域 9 から成る接続素子 3 の区間に対応する。脚部領域 7 及び 7' の下面におけるコンタクト面 8 及び 8' は矩形の形状であるが、ブリッジ領域 10 とは反対側の二つの角はそれぞれ面取りされている。この面取りによって、コンタクト面 8, 8' の周囲側縁に沿った過度に小さい角度、特に 90° の角度が回避される。これによってガラス板における機械的応力を低減できることが分かった。

40

#### 【0087】

接続素子 3 はブリッジ領域 10 上に配置されているプラグコネクタ 20 を含む。プラグ

50

コネクタ 20 は、移行領域 9 に接している、ブリッジ領域 10 の側縁において、ブリッジ領域 10 に接続されている。プラグコネクタ 20 は規格に応じたタブ型コネクタとして構成されており、図示していない接続ケーブル、例えば搭載電気システムへの接続ケーブルの接続部を挿入することができる。

#### 【0088】

本発明による構成の特別な利点は、接続素子 3 の製造が簡単であるのと同時に、電気的な接触接続部との快適なインタフェース（プラグコネクタ 20）が提供されることである。脚部領域 7、7'、移行領域 9、11、ブリッジ領域 10 及び接続プラグ 20 はワンピースで構成されている。接続素子 3 は平坦な出発状態で提供され、その出発状態では移行領域 9 として、また脚部領域 7 として予定されている区間が凹部 21 内に配置されている。出発状態では、移行領域 11 及び脚部領域 7' がブリッジ領域 10 と同じ平面内に配置されている。プラグコネクタ 20 は出発状態において同様に、ブリッジ領域 10 と同じ平面内に配置されている。脚部領域 7 及び移行領域 9 として予定されている領域をブリッジ領域 10 から、例えば打抜き、レーザ加工又はウォータージェット加工によって分離させることができるが、接続部は、移行領域 9 とブリッジ領域 10 との間の接続エッジを介して依然として存在している。プラグコネクタ 20 は、このプラグコネクタ 20 とブリッジ領域 10 との間の接続線を軸にして図示されている位置へと折り曲げられ、出発状態においては上を向いていた面がブリッジ領域 10 と対向する。移行領域 9 及び脚部領域 7 は、この移行領域 9 とブリッジ領域 10 との間の接続線を軸にして図示されている位置へと曲げられ、続いて、出発状態において上を向いていた面が脚部領域 7 及び移行領域 9 の下面を形成する。移行領域 9 及び脚部領域 7 を曲げることによって凹部 21 が形成される。移行領域 11 及び脚部領域 7' は同様に平坦な出発状態から図示されている位置へと曲げられる。

#### 【0089】

図 15 には、電気的な接続素子 3 を備えているガラス板 1 の本発明による製造方法が詳細に示されている。この図 15 には、電気的な接続素子 3 を備えているガラス板の本発明による製造方法に関する一実施例が示されている。第 1 のステップとして、はんだ材料 4 を形状及び体積に応じて小分けすることが必要になる。小分けされたはんだ材料 4 が電気的な接続素子 3 のコンタクト面 8 及び 8' 上に配置される。電気的な接続素子 3 がはんだ材料 4 を用いて導電性の構造体 2 の上に配置される。エネルギーが注入され、電気的な接続素子 3 が導電性の構造体 2 と持続的に接続され、またそれによってガラス板 1 と持続的に接続される。

#### 【実施例】

#### 【0090】

ガラス板 1（厚さ 3 mm、幅 150 cm 及び高さ 80 cm）、加熱導体構造体の形態の導電性の構造体 2、図 1 による電気的な接続素子 3、接続素子 3 のコンタクト面 8 及び 8' 上の銀層 5 及びはんだ材料 4 を備える試験体が作成された。サブストレート 1 の表面に対して、移行領域 9 のサブストレート 1 側の面が成す角度、若しくは、サブストレート 1 の表面に対して、移行領域 11 のサブストレート 1 側の面が成す角度は  $\theta = 40^\circ$  であった。接続素子 3 の材料厚さは 0.8 mm であった。接続素子 3 には、EN 10088-2 に準拠する材料番号 1.4509 の鋼（ThyssenKrupp Nirosta<sup>(R)</sup> 4509）を含ませた。接続素子 3 のコンタクト面 8 及び 8' は 4 mm の幅及び 4 mm の長さを有していた。はんだ材料 4 を、所定の層厚、体積及び形状を有している小型のプレートとして、接続素子 3 のコンタクト面 8 及び 8' 上に被着させた。そのようにして被着されたはんだ材料 4 を用いて、接続素子 3 を導電性の構造体 2 に取り付けた。接続素子 3 を 200 の温度及び 2 秒の処理時間で導電性の構造体 2 にはんだ付けした。50  $\mu$ m の層厚 t を上回っていた、電気的な接続素子 3 と導電性の構造体 2 との間隙からののはんだ材料 4 の漏れは、 $b = 0.4$  mm の最大漏れ幅でしか観測されなかった。電気的な接続素子 3、この接続素子 3 のコンタクト面 8、8' 上の銀層 5 及びはんだ材料 4 の寸法及び組成は表 1 から見て取れる。接続素子 3 及び導電性の構造体 2 によって設定されるはんだ材料 4 の配置構成によ

って、ガラス板 1 において危険な機械的応力は観測されなかった。ガラス板 1 と電気的な接続素子 3 との接続部は導電性の構造体 2 を介して持続的に安定していた。

【 0 0 9 1 】

全ての試験体において、+ 8 0 から - 3 0 の温度差では、ガラスサブストレート 1 は破損せず、またダメージも受けなかったことが観測された。はんだ付けの直後において、接続素子 3 がはんだ付けされているそれらのガラス板 1 は急激な温度降下に対して安定していたことが証明された。

【 0 0 9 2 】

更に、電気的な接続素子 3 の第 2 の組成でもって試験体を実施された。接続素子 3 には鉄・ニッケル・コバルト合金を含ませた。電気的な接続素子 3、この接続素子 3 のコンタクト面 8 , 8 ' 上の銀層 5 並びにはんだ材料 4 の寸法及び組成は表 2 から見て取れる。5 0  $\mu$  m の層厚  $t$  を上回っていた、電気的な接続素子 3 と導電性の構造体 2 との間隙からののはんだ材料 4 の漏れ部では、 $b = 0 . 4$  mm の平均漏れ幅が得られた。ここでもまた、+ 8 0 から - 3 0 の温度差において、ガラスサブストレート 1 は破損せず、またダメージも受けなかったことが観測された。はんだ付けの直後において、接続素子 3 がはんだ付けされているそれらのガラス板 1 は急激な温度降下に対して安定していたことが証明された。

10

【 0 0 9 3 】

更に、電気的な接続素子 3 の第 3 の組成でもって試験体を実施された。接続素子 3 には鉄・ニッケル合金を含ませた。電気的な接続素子 3、この接続素子 3 のコンタクト面 8 , 8 ' 上の銀層 5 及びはんだ材料 4 の寸法及び組成は表 3 から見て取れる。5 0  $\mu$  m の層厚  $t$  を上回っていた、電気的な接続素子 3 と導電性の構造体 2 との間隙からののはんだ材料 4 の漏れ部では、 $b = 0 . 4$  mm の平均漏れ幅が得られた。ここでもまた、+ 8 0 から - 3 0 の温度差において、ガラスサブストレート 1 は破損せず、またダメージも受けなかったことが観測された。はんだ付けの直後において、接続素子 3 がはんだ付けされているそれらのガラス板 1 は急激な温度降下に対して安定していたことが証明された。

20

【 0 0 9 4 】

【表 1】

表1

構成要素	材料	実施例
接続素子3		
	下記の組成を有する、 EN10088-2に準拠する材料番号1.4509の鋼	
	鉄(重量パーセント)	78.87
	炭素(重量パーセント)	0.03
	クロム(重量パーセント)	18.5
	チタン(重量パーセント)	0.6
	ニオブ(重量パーセント)	1
	マンガン(重量パーセント)	1
	CTE(熱膨張率) (0℃-100℃にわたり $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	10
	接続素子のCTEとサブストレートのCTEの差 (0℃-100℃にわたり $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	1.7
	接続素子の厚さ(m)	$8.0 \times 10^{-4}$
	角度 $\alpha$ (°)	40
湿潤層5		
	銀(重量パーセント)	100
	層の厚さ(m)	$7.0 \times 10^{-6}$
はんだ材料4		
	スズ(重量パーセント)	40
	ビスマス(重量パーセント)	57
	銀(重量パーセント)	3
	はんだ層の厚さ(m)	$250 \times 10^{-6}$
	湿潤層及びはんだ層の厚さ(m)	$257 \times 10^{-6}$
ガラスサブストレート1		
(ソーダ石灰ガラス)		
	CTE(0℃-320℃にわたり $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	8.3

10

20

30

40

【表 2】

表2

構成要素	材料	実施例
接続素子3		
	鉄(重量パーセント)	54
	ニッケル(重量パーセント)	29
	コバルト(重量パーセント)	17
	CTE(熱膨張率) (0 °C - 100 °Cにわたり $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	5.1
	接続素子のCTEとサブストレートのCTEの差 (0 °C - 100 °Cにわたり $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	3.2
	接続素子の厚さ(m)	$8.0 \times 10^{-4}$
	角度 $\alpha$ (°)	40
湿潤層5		
	銀(重量パーセント)	100
	層の厚さ(m)	$7.0 \times 10^{-6}$
はんだ材料4		
	スズ(重量パーセント)	40
	ビスマス(重量パーセント)	57
	銀(重量パーセント)	3
	はんだ層の厚さ(m)	$250 \times 10^{-6}$
	湿潤層及びはんだ層の厚さ(m)	$257 \times 10^{-6}$
ガラスサブストレート1 (ソーダ石灰ガラス)		
	CTE(0 °C - 320 °Cにわたり $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	8.3

10

20

30

【 0 0 9 6 】

【表 3】

表3

構成要素	材料	実施例
接続素子3		
	鉄(重量パーセント)	65
	ニッケル(重量パーセント)	35
	CTE(熱膨張率) (0 °C – 100 °Cにわたり $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	1.7
	接続素子のCTEとサブストレーットのCTEの差 (0 °C – 100 °Cにわたり $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	6.6
	接続素子の厚さ(m)	$8.0 \times 10^{-4}$
	角度 $\alpha$ (°)	40
湿潤層5		
	銀(重量パーセント)	100
	層の厚さ(m)	$7.0 \times 10^{-6}$
はんだ材料4		
	スズ(重量パーセント)	40
	ビスマス(重量パーセント)	57
	銀(重量パーセント)	3
	はんだ層の厚さ(m)	$250 \times 10^{-6}$
	湿潤層及びはんだ層の厚さ(m)	$257 \times 10^{-6}$
ガラスサブストレーット1		
(ソーダ石灰ガラス)		
	CTE(0 °C – 320 °Cにわたり $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	8.3

10

20

30

## 【0097】

## 比較例 1

比較例は実施例と同様に実施された。接続素子には、EN 10088-2に準拠する材料番号1.4509の鋼(ThyssenKrupp Nirosta(R) 4509)を含ませた。接続素子の形状を異ならせた。角度は従来技術に依りて90°であった。これによって、コンタクト面8及び8'のエッジにおいて毛細管力は生じなかった。電氣的な接続素子3、この接続素子3のコンタクト面8, 8'上の金属層及びはんだ材料4の寸法及び成分は表4から見て取れる。接続素子3を、実施例と同様にはんだ材料4を用いて導電性の構造体2にはんだ付けした。50 $\mu\text{m}$ の層厚 $t$ を上回っていた、電氣的な接続素子3と導電性の構造体2との間の間隙からのはんだ材料4の漏れ部では、 $b = 0.5\text{mm}$ の平均漏れ幅が得られた。

40

## 【0098】

全ての試験体において、+80 から -30 の温度差では、ガラスサブストレーット1は破損せず、またダメージも受けなかったことが観測された。はんだ付けの直後において、接続素子3がはんだ付けされているそれらのガラス板1は急激な温度降下に対して安定していたことが証明された。もっとも、この比較例1は実施例と比較すると、平均漏れ幅 $b$ が大きかった。

## 【0099】

【表 4】

表4

構成要素	材料	比較例
接続素子3	下記の組成を有する、 EN10088-2に準拠する材料番号1.4509の鋼	
	鉄(重量パーセント)	78.87
	炭素(重量パーセント)	0.03
	クロム(重量パーセント)	18.5
	チタン(重量パーセント)	0.6
	ニオブ(重量パーセント)	1
	マンガン(重量パーセント)	1
	CTE(熱膨張率) (0℃ - 100℃にわたり $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	10
	接続素子のCTEとサブストレートのCTEの差 (0℃ - 100℃にわたり $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	1.7
	接続素子の厚さ(m)	$8.0 \times 10^{-4}$
	角度 $\alpha$ (°)	90
湿潤層5		
	銀(重量パーセント)	100
	層の厚さ(m)	$7.0 \times 10^{-6}$
はんだ材料4		
	スズ(重量パーセント)	40
	ビスマス(重量パーセント)	57
	銀(重量パーセント)	3
	はんだ層の厚さ(m)	$250 \times 10^{-6}$
	湿潤層及びはんだ層の厚さ(m)	$257 \times 10^{-6}$
ガラスサブストレート1		
(ソーダ石灰ガラス)		
	CTE(0℃ - 320℃にわたり $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	8.3

## 【0100】

## 比較例 2

比較例は実施例と同様に実施された。相異点として、接続素子3に対して別の材料を使用した。接続素子3を100重量パーセントのチタンから構成した。電気的な接続素子3、この接続素子3のコンタクト面8, 8'上の金属層及びはんだ材料4の寸法及び成分は表5から見て取れる。接続素子3を、従来技術の方法に応じて、はんだ材料4を用いて導電性の構造体2にはんだ付けした。50 $\mu\text{m}$ の層厚 $t$ を上回っていた、電気的な接続素子3と導電性の構造体2との間の間隙からのはんだ材料4の漏れ部では、 $b = 2\text{mm}$ から3mmの平均漏れ幅が得られた。漏れ幅が大きいことによってガラス板において危険な機械的応力が生じた。

## 【0101】

+80 から -30 へと急激に温度を変化させると、はんだ付け直後にガラスサブス

10

20

30

40

50

トレート 1 は大きなダメージを受けたことが観測された。

【 0 1 0 2 】

【 表 5 】

表5

構成要素	材料	比較例
接続素子3		
	チタン(重量パーセント)	100
	CTE(熱膨張率) (0 °C – 100 °Cにわたり $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	8.80
	接続素子のCTEとサブストレートのCTEの差 (0 °C – 100 °Cにわたり $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	0.5
	接続素子の厚さ(m)	$8.0 \times 10^{-4}$
	角度 $\alpha$ (°)	40
湿潤層5		
	銀(重量パーセント)	100
	層の厚さ(m)	$7.0 \times 10^{-6}$
はんだ材料4		
	スズ(重量パーセント)	40
	ビスマス(重量パーセント)	57
	銀(重量パーセント)	3
	はんだ層の厚さ(m)	$250 \times 10^{-6}$
	湿潤層及びはんだ層の厚さ(m)	$257 \times 10^{-6}$
ガラスサブストレート1		
(ソーダ石灰ガラス)		
	CTE(0 °C – 320 °Cにわたり $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	8.3

10

20

30

40

【 0 1 0 3 】

比較例 3

比較例は実施例と同様に実施された。相異点として、接続素子 3 に対して別の材料を使用した。接続素子 3 を 100 重量パーセントの銅から構成した。電氣的な接続素子 3、この接続素子 3 のコンタクト面 8, 8' 上の金属層及びはんだ材料 4 の寸法及び成分は表 6 から見て取れる。接続素子 3 を、従来技術の方法に応じて、はんだ材料 4 を用いて導電性の構造体 2 にはんだ付けした。50  $\mu\text{m}$  の層厚  $t$  を上回っていた、電氣的な接続素子 3 と導電性の構造体 2 との間隙からののはんだ材料 4 の漏れ部では、 $b = 2 \text{ mm}$  から  $3 \text{ mm}$  の平均漏れ幅が得られた。接続素子 3 の熱膨張率とサブストレート 1 の熱膨張率との大きな差異並びに大きい漏れ幅によってガラス板において危険な機械的応力が生じた。

【 0 1 0 4 】

+ 80 から - 30 へと急激に温度を変化させると、はんだ付け直後にガラスサブストレート 1 は大きなダメージを受けたことが観測された。

【 0 1 0 5 】

【表 6】

表6

構成要素	材料	比較例
接続素子3		
	銅	100
	CTE(熱膨張率) (0 °C – 100 °Cにわたり $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	16
	接続素子のCTEとサブストレートのCTEの差 (0 °C – 100 °Cにわたり $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	7.7
	接続素子の厚さ(m)	$8.0 \times 10^{-4}$
	角度 $\alpha$ (°)	40
湿潤層5		
	銀(重量パーセント)	100
	層の厚さ(m)	$7.0 \times 10^{-6}$
はんだ材料4		
	スズ(重量パーセント)	40
	ビスマス(重量パーセント)	57
	銀(重量パーセント)	3
	はんだ層の厚さ(m)	$250 \times 10^{-6}$
	湿潤層及びはんだ層の厚さ(m)	$257 \times 10^{-6}$
ガラスサブストレート1		
(ソーダ石灰ガラス)		
	CTE(0 °C – 320 °Cにわたり $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	8.3

10

20

30

## 【 0 1 0 6 】

上記の表 1 から表 6 の差異、本発明による接続素子 3 の利点及び観測結果は表 7 及び表 8 から見て取れる。

## 【 0 1 0 7 】

【表7】

表7

	本発明の実施例		
	表1	表2	表3
材料	EN10088-2に準拠する 材料番号1.4509の鋼	鉄(54重量パーセント) ニッケル(29重量パーセント) コバルト(17重量パーセント)	鉄(65重量パーセント) ニッケル(35重量パーセント)
接続素子のCTE(熱膨張率) (0°C-100°Cにわたり10 <sup>-6</sup> /°C)	10	5.1	1.7
接続素子のCTEと サブストレートのCTEの差 (0°C-100°Cにわたり10 <sup>-6</sup> /°C)	1.7	3.2	6.6
角度α(°)	40	40	40
漏れ幅b(mm)	0.4	0.4	0.4
観測結果	急激な温度降下に 対して安定している	急激な温度降下に 対して安定している	急激な温度降下に 対して安定している

10

20

【0108】

【表8】

表8

	比較例1	比較例2	比較例3
	表4	表5	表6
材料	EN10088-2に準拠する 材料番号1.4509の鋼	チタン(100重量パーセント)	銅(100重量パーセント)
接続素子のCTE(熱膨張率) (0°C-100°Cにわたり10 <sup>-6</sup> /°C)	10	8.8	16
接続素子のCTEと サブストレートのCTEの差 (0°C-100°Cにわたり10 <sup>-6</sup> /°C)	1.7	0.5	7.7
角度α(°)	90	40	40
漏れ幅b(mm)	0.5	2-3	2-3
観測結果	急激な温度降下に 対して安定している	サブストレートに 大きなダメージ	サブストレートに 大きなダメージ

30

40

【0109】

ガラスサブストレート1及び本発明による電氣的な接続素子3を備えている本発明によるガラス板は漏れ幅が短く、且つ、急激な温度差に対してより良好に安定していることが分かった。

【0110】

この結果は当業者にとって予期せぬほど驚くべきものであった。

【0111】

以下、親出願(特願2015-175885)の親出願(特願2014-509652

50

)の出願当初の請求項である。

[請求項1]

少なくとも一つの電気的な接続素子を備えているガラス板において、サブストレート(1)と、前記サブストレート(1)の所定の領域上の導電性の構造体(2)と、前記導電性の構造体(2)の所定の領域上のはんだ材料(4)の層と、前記はんだ材料(4)上の接続素子(3)とを有しており、前記接続素子(3)は、第1の脚部領域(7)と、第2の脚部領域(7')と、第1の移行領域(9)と、第2の移行領域(11)と、前記第1の移行領域(9)と前記第2の移行領域(11)との間のブリッジ領域(10)とを有しており、

10

前記第1の脚部領域(7)の下面には第1のコンタクト面(8)が設けられており、且つ、前記第2の脚部領域(7')の下面には第2のコンタクト面(8')が設けられており、

前記第1のコンタクト面(8)と、前記第2のコンタクト面(8')と、前記第1の移行領域(9)のサブストレート(1)側の面(9')と、前記第2の移行領域(11)のサブストレート(1)側の面(11')とは、前記はんだ材料(4)によって前記導電性の構造体(2)と接続されており、

前記サブストレート(1)の表面と、前記第1の移行領域(9)の前記サブストレート(1)側の面(9')の接平面(12)とが成す角度、並びに、前記サブストレート(1)の表面と、前記第2の移行領域(11)の前記サブストレート(1)側の面(11')の接平面(12)とが成す角度はそれぞれ90°未満であることを特徴とする、ガラス板

20

[請求項2]

前記サブストレート(1)はガラス、有利には平板ガラス、フロートガラス、石英ガラス、ホウケイ酸ガラス、ソーダ石灰ガラス、又は、ポリマー、有利にはポリエチレン、ポリプロピレン、ポリカーボネート、ポリメチルメタクリレート、及び/又は、それらの混合物を含んでいる、請求項1に記載のガラス板。

[請求項3]

前記サブストレート(1)の前記表面と、前記第1の移行領域(9)の前記サブストレート(1)側の面(9')の接平面(12)とが成す角度、並びに、前記サブストレート(1)の前記表面と、前記第2の移行領域(11)の前記サブストレート(1)側の面(11')の接平面(12)とが成す角度はそれぞれ2°から75°の間、有利には5°から50°の間である、請求項1又は2に記載のガラス板。

30

[請求項4]

前記第1の移行領域(9)、前記第2の移行領域(11)及び前記ブリッジ領域(10)は部分的に平坦に成形されている、請求項1乃至3のいずれか一項に記載のガラス板。

[請求項5]

前記第1の移行領域(9)、前記第2の移行領域(11)及び/又は前記ブリッジ領域(10)は湾曲されており、且つ、有利には同一の湾曲方向を有している、請求項1乃至3のいずれか一項に記載のガラス板。

40

[請求項6]

前記第1の移行領域(9)及び前記第2の移行領域(11)は平坦に成形されており、且つ、前記ブリッジ領域(10)は角張らせて成形されている、請求項1乃至3のいずれか一項に記載のガラス板。

[請求項7]

前記第1のコンタクト面(8)及び前記第2のコンタクト面(8')にはスペーサ(19)が配置されている、請求項1乃至6のいずれか一項に記載のガラス板。

[請求項8]

前記接続素子(3)は、少なくとも一つの鉄・ニッケル合金、鉄・ニッケル・コバルト合金又は鉄・クロム合金を含んでいる、請求項1乃至7のいずれか一項に記載のガラス板

50

。

## [ 請求項 9 ]

前記接続素子(3)は、少なくとも50重量パーセントから75重量パーセントの鉄、25重量パーセントから50重量パーセントのニッケル、0重量パーセントから20重量パーセントのコバルト、0重量パーセントから1.5重量パーセントのマグネシウム、0重量パーセントから1重量パーセントのケイ素、0重量パーセントから1重量パーセントの炭素、又は、0重量パーセントから1重量パーセントのマンガンを含んでいる、請求項8に記載のガラス板。

## [ 請求項 10 ]

前記接続素子(3)は、少なくとも50重量パーセントから89.5重量パーセントの鉄、10.5重量パーセントから20重量パーセントのクロム、0重量パーセントから1重量パーセントの炭素、0重量パーセントから5重量パーセントのニッケル、0重量パーセントから2重量パーセントのマンガン、0重量パーセントから2.5重量パーセントのモリブデン、又は、0重量パーセントから1重量パーセントのチタンを含んでいる、請求項8に記載のガラス板。

10

## [ 請求項 11 ]

前記はんだ材料(4)はスズ及びビスマス、インジウム、亜鉛、銅、銀又はそれらの混合物を含んでいる、請求項1乃至10のいずれか一項に記載のガラス板。

## [ 請求項 12 ]

前記はんだ材料(4)の組成におけるスズの割合は3重量パーセントから99.5重量パーセントであり、ビスマス、インジウム、亜鉛、銅、銀又はそれらの混合物の割合は0.5重量パーセントから97重量パーセントである、請求項11に記載のガラス板。

20

## [ 請求項 13 ]

前記接続素子(3)はニッケル、スズ、銅及び/又は銀で被覆されており、有利には0.1 $\mu$ mから0.3 $\mu$ mのニッケル及び/又は3 $\mu$ mから20 $\mu$ mの銀で被覆されている、請求項1乃至12のいずれか一項に記載のガラス板。

## [ 請求項 14 ]

少なくとも一つの接続素子(3)を備えているガラス板の製造方法において、  
 a) はんだ材料(4)を、所定の層厚、体積及び形状を有している小型のプレートとして、接続素子(3)のコンタクト面(8, 8')上に配置及び被着させるステップと、  
 b) 導電性の構造体(2)をサブストレート(1)の所定の領域上に被着させるステップと、  
 c) 前記接続素子(3)をはんだ材料(4)によって前記導電性の構造体(2)上に配置するステップと、  
 d) 前記接続素子(3)を前記導電性の構造体(2)にはんだ付けするステップと、  
 を備えていることを特徴とする、製造方法。

30

## [ 請求項 15 ]

導電性の構造体、有利には加熱導体及び/又はアンテナ導体を備えている車両のための、請求項1乃至13のいずれか一項に記載の電氣的な接続素子を備えているガラス板の使用。

40

## 【符号の説明】

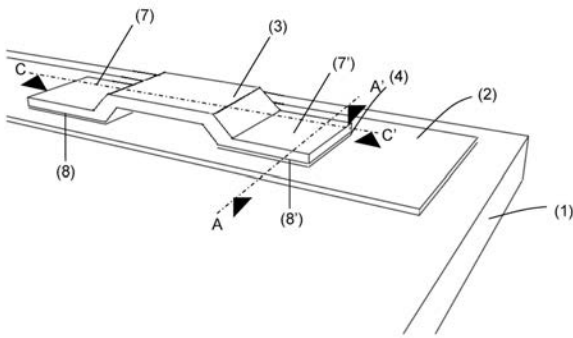
## 【0112】

1 ガラス板、 2 導電性の構造体、 3 電氣的な接続素子、 4 はんだ材料、  
 5 湿潤層、 6 補償体、 7, 7' 電氣的な接続素子3の脚部領域、 8, 8'  
 接続素子3のコンタクト面、 9, 11 電氣的な接続素子3の移行領域、 9' 移  
 行領域9のサブストレート1側の面、 10 電氣的な接続素子3のブリッジ領域、 1  
 1' 移行領域11のサブストレート1側の面、 12 面9'の接平面、 16 コン  
 タクト面8と移行領域9の面9'の接続部、 16' コンタクト面8'と移行領域11  
 の面11'の接続部、 17, 17', 18, 18' ブリッジ領域10の部分領域、  
 19 スペース、 20 プラグコネクタ、 21 凹部、 22 コンタクト隆起部、

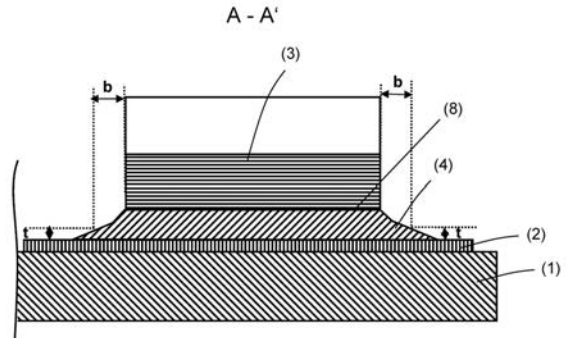
50

$\theta_1$  サブストレート 1 に対して面 9' が成す角度、  $\theta_2$  サブストレート 1 に対して面 11' が成す角度、  $\theta_1$  サブストレート 1 に対して面 9' が成す角度、  $\theta_2$  サブストレート 1 に対して面 11' が成す角度、  $\theta_0$  角張ったブリッジ領域 10 の平坦な区間同士が成す角度、  $b$  はんだ材料の最大漏れ幅、  $t$  はんだ材料の境界部の厚さ、  $h$  スペース 19 の高さ、  $l$  スペース 19 の幅、  $A - A'$  ,  $B - B'$  ,  $C - C'$  線分

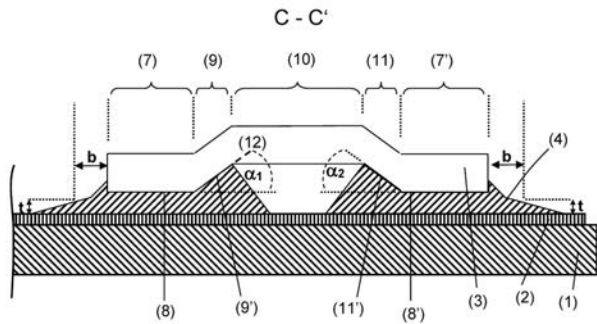
【 図 1 】



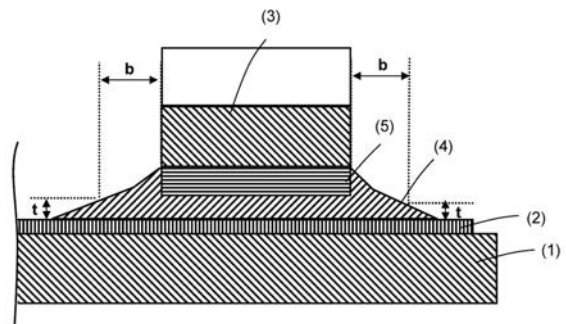
【 図 2 】



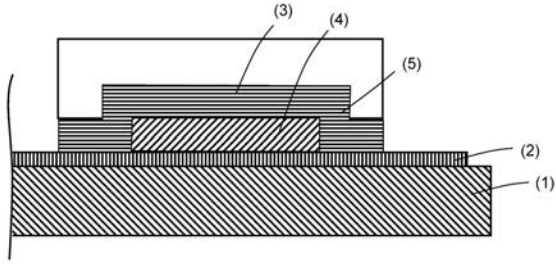
【 図 1 a 】



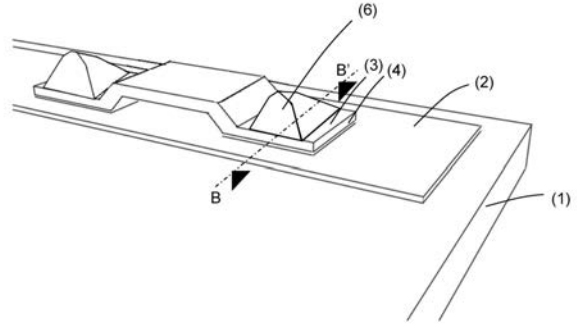
【 図 3 】



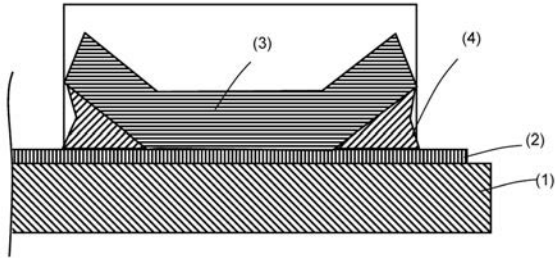
【 図 4 】



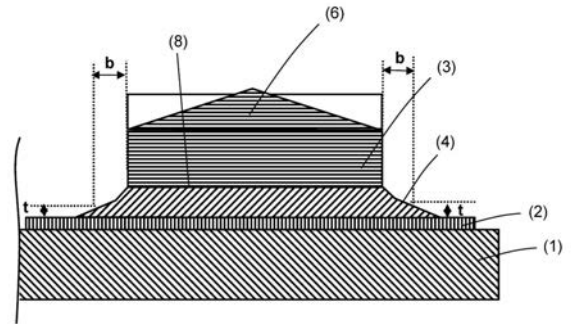
【 図 6 】



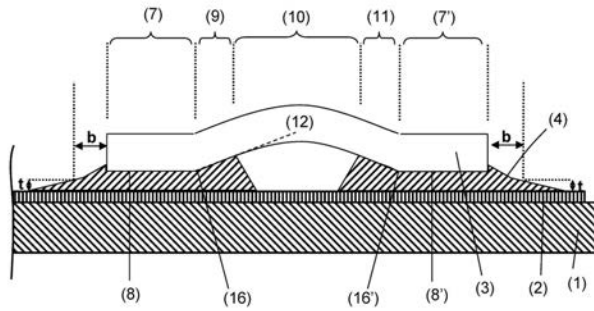
【 図 5 】



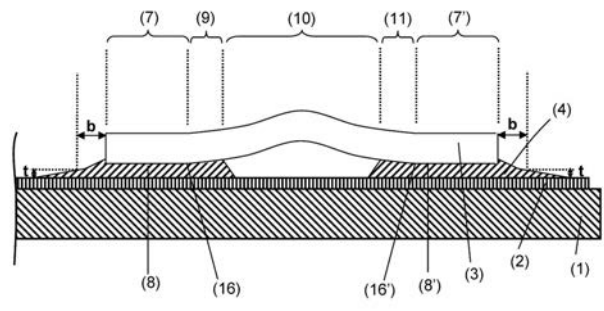
【 図 7 】



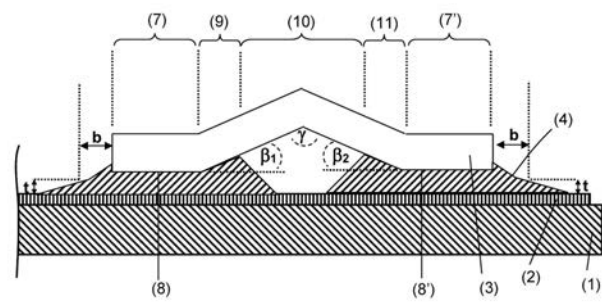
【 図 8 】



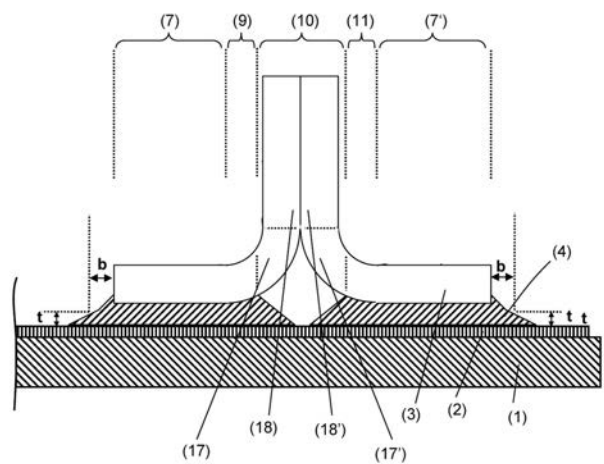
【 図 10 】



【 図 9 】



【 図 11 】





## フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I		テーマコード(参考)
<b>B 6 0 S</b> 1/02 (2006.01)	B 6 0 S	1/02	B
<b>C 2 2 C</b> 38/00 (2006.01)	C 2 2 C	38/00	3 0 2 R
<b>C 2 2 C</b> 38/58 (2006.01)	C 2 2 C	38/58	
<b>C 2 2 C</b> 13/02 (2006.01)	C 2 2 C	13/02	
<b>C 2 2 C</b> 12/00 (2006.01)	C 2 2 C	12/00	
<b>C 2 2 C</b> 28/00 (2006.01)	C 2 2 C	28/00	B
<b>C 0 3 C</b> 17/06 (2006.01)	C 0 3 C	17/06	A

(74)代理人 100135633

弁理士 二宮 浩康

(74)代理人 100162880

弁理士 上島 類

(72)発明者 クリストフ デーゲン

ドイツ連邦共和国 テーニスフォアスト ズュートシュトラッセ 2 5

(72)発明者 ベアンハート ロイル

ドイツ連邦共和国 ヘアツォーゲンラート アム ヴァルトハンク 1 8

(72)発明者 ミーチャ ラタイチャク

ドイツ連邦共和国 ビュアゼレン フォン - プレッテンベアク - シュトラッセ 2 8

(72)発明者 アンドレアス シュラーブ

ドイツ連邦共和国 ヴッパタール ザクセンシュトラッセ 2 1

(72)発明者 ローター レスマイスター

オランダ国 ラントグラーフ エクスデル 1 0

F ターム(参考) 3D025 AA02 AA03 AB01 AC10 AD01

4G059 AA01 AC11 DA01 DB10

5E051 KA05 KB06 KB10

5E085 BB14 CC03 DD01 FF19 GG40 JJ06 JJ25

5E123 AA21 AB18 AB45 AB72 AB77 AC04 BA30 BB01 CB22 CB31

DB11

## 【 外国語明細書 】

**Pane with an Electrical Connection Element**

The invention relates to a pane with an electrical connection element and an economical and environmentally friendly method for its manufacture.

The invention further relates to a pane with an electrical connection element for vehicles with electrically conductive structures such as, for instance, heating conductors or antenna conductors. The electrically conductive structures are customarily connected to the onboard electrical system via soldered-on electrical connection elements. Due to different coefficients of thermal expansion of the materials used, mechanical stresses occur that strain the panes and can cause breakage of the pane during manufacture and operation.

Lead-containing solders have high ductility that can compensate the mechanical stresses occurring between an electrical connection element and the pane by plastic deformation. However, because of the End of Life Vehicles Directive 2000/53/EC, lead-containing solders have to be replaced by lead-free solders within the EC. The directive is referred to, in summary, by the acronym ELV (End of Life Vehicles). The objective is to ban extremely problematic components from products resulting from the massive increase in disposable electronics. The substances affected are lead, mercury, and cadmium. This relates, among other things, to the implementation of lead-free soldering materials in electrical applications on glass and the introduction of corresponding replacement products.

EP 1 942 703 A2 discloses an electrical connection element on panes of vehicles, wherein the difference in the coefficient of thermal expansion of the pane and the electrical connection element is  $< 5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  and the connection element contains predominantly titanium. In order to enable adequate mechanical stability and processability, it is proposed to use an excess of solder material. The excess of solder material flows out from the intermediate space between the connection element and the electrically conductive structure. The excess of solder material causes high mechanical stresses in the glass pane. These mechanical stresses ultimately result in breakage of the pane.

The object of the present invention is to provide a pane with an electrical connection element and an economical and environmentally friendly method for its manufacture, whereby critical mechanical stresses in the pane are avoided.

The object of the present invention is accomplished according to the invention by a device according to independent claim 1. Preferred embodiments emerge from the subclaims.

The pane according to the invention with a connection element comprises the following characteristics:

- a substrate,
- an electrically conductive structure on a region of the substrate,
- a layer of a solder material on a region of the electrically conductive structure, and
- a connection element on the solder material, wherein
- the connection element contains a first and a second foot region, a first and a second transition region, and a bridge region between the first and second transition region,
- a first and a second contact surface are located on the bottom of the first and second foot regions,
- the first and second contact surface and the surfaces of the first and second transition regions facing the substrate are connected to the electrically conductive structure by the solder material, and
- the angle between the surface of the substrate and each of the tangent planes of the surfaces of the transition regions facing the substrate is  $< 90^\circ$ .

An electrically conductive structure is applied on the pane. An electrical connection element is electrically connected to the electrically conductive structure on subregions by a soldering material. The first contact surface and the surface of the first transition region facing the substrate are connected to a first subregion of the electrically conductive structure. The second contact surface and the surface of the second transition region facing the substrate are connected to a second subregion of the electrically conductive structure. The solder material flows out with an outflow width of  $< 1$  mm from the intermediate space between the connection element and the electrically conductive structure.

In a preferred embodiment, the maximum outflow width is preferably less than 0.5 mm and, in particular, roughly 0 mm. This is particularly advantageous with regard to the reduction of mechanical stresses in the pane, the adhesion of the connection element, and the reduction in the amount of solder.

The maximum outflow width is defined as the distance between the outer edges of the connection element and the point of the solder material crossover, at which the solder

material drops below a layer thickness of 50  $\mu\text{m}$ . The maximum outflow width is measured on the solidified solder material after the soldering process.

A desired maximum outflow width is obtained through a suitable selection of solder material volume and vertical distance between the connection element and the electrically conductive structure, which can be determined by simple experiments. The vertical distance between the connection element and the electrically conductive structure can be predefined by an appropriate process tool, for example, a tool with an integrated spacer.

The maximum outflow width can even be negative, i.e., pulled back into the intermediate space formed by an electrical connection element and an electrically conductive structure.

In an advantageous embodiment of the pane according to the invention, the maximum outflow width is pulled back in a concave meniscus in the intermediate space formed by the electrical connection element and the electrically conductive structure. A concave meniscus is created, for example, by increasing the vertical distance between the spacer and the conductive structure during the soldering process, while the solder is still fluid.

The solder material is fused, according to the prior art, to the electrically conductive structure during the soldering of the connection element. Then, the desired distance between the contact surface of the connection element and the electrically conductive structure is set. Excess fluid solder material flows uncontrolledly out of the intermediate space between the connection element and the electrically conductive structure. The uncontrolled solder material crossover over the outer edges of the connection element results in a large maximum outflow width. This results in critical mechanical stresses in the pane.

The advantage of the connection element according to the invention resides in the action of the capillary effect between the electrically conductive structure and the transition regions of the connection element. The capillary effect is a consequence of the small distance between the transition regions of the connection element and the electrically conductive structure. The small distance results from the angle  $< 90^\circ$  between the surface of the substrate and the tangent planes of the surfaces of the transition regions facing the substrate. The desired distance between the connection element and the electrically conductive structure is set after the melting of the solder material. Excess solder material is controlledly sucked by means of the capillary effect into the volume delimited by the transition region and the

electrically conductive structure. Thus, the solder material crossover on the outer edges of the connection element is reduced and, with it, the maximum outflow width. By means of the connection element according to the invention, a reduction of the mechanical stresses in the pane is thus achieved. This is particularly advantageous with the use of a leadfree solder material that can compensate mechanical stresses less well due to its lower ductility compared to lead-containing solder materials.

In the context of the definition of the maximum outflow width, the edges of the contact surfaces to which the transition regions are connected are not outer edges of the connection element.

The cavity that is delimited by the electrically conductive structure, the transition regions, and the bridge region can be completely filled with solder material. Preferably, the cavity is not completely filled with solder material.

The substrate contains, preferably, glass, particularly preferably, flat glass, float glass, quartz glass, borosilicate glass, soda lime glass. In an alternative preferred embodiment, the substrate contains polymers, particularly preferably, polyethylene, polypropylene, polycarbonate, polymethyl methacrylate, and / or mixtures thereof.

The substrate has a first coefficient of thermal expansion. The connection element has a second coefficient of thermal expansion.

The first coefficient of thermal expansion is preferably from  $8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  to  $9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ . The substrate contains, preferably, glass that has, preferably, a coefficient of thermal expansion from  $8.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  to  $9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  in a temperature range from  $0^{\circ}\text{C}$  to  $300^{\circ}\text{C}$ .

The connection element according to the invention preferably contains at least an iron-nickel alloy, an iron-nickel-cobalt alloy, or an iron-chromium alloy.

The connection element according to the invention contains preferably 50 wt.-% to 89.5 wt.-% iron, 0 wt.-% to 50 wt.-% nickel, 0 wt.-% to 20 wt.-% chromium, 0 wt.-% to 20 wt.-% cobalt, 0 wt.-% to 1.5 wt.-% magnesium, 0 wt.-% to 1 wt.-% silicon, 0 wt.-% to 1 wt.-% carbon, 0 wt.-% to 2 wt.-% manganese, 0 wt.-% to 5 wt.-% molybdenum, 0 wt.-% to 1 wt.-%

titanium, 0 wt.-% to 1 wt.-% niobium, 0 wt.-% to 1 wt.-% vanadium, 0 wt.-% to 1 wt.-% aluminum, and / or 0 wt.-% to 1 wt.-% tungsten.

In an advantageous embodiment of the invention, the difference between the first and the second coefficient of expansion is  $\geq 5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ . The second coefficient of thermal expansion is, in that case, preferably from  $0.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  to  $4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ , particularly preferably from  $0.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  to  $3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  in a temperature range from  $0^{\circ}\text{C}$  to  $300^{\circ}\text{C}$ .

The connection element according to the invention contains preferably at least 50 wt.-% to 75 wt.-% iron, 25 wt.-% to 50 wt.-% nickel, 0 wt.-% to 20 wt.-% cobalt, 0 wt.-% to 1.5 wt.-% magnesium, 0 wt.-% to 1 wt.-% silicon, 0 wt.-% to 1 wt.-% carbon and / or 0 wt.-% to 1 wt.-% manganese.

The connection element according to the invention contains preferably chromium, niobium, aluminum, vanadium, tungsten, and titanium at a proportion of 0 wt.-% to 1 wt.-%, molybdenum at a proportion of 0 wt.-% to 5 wt.-%, as well as production-related admixtures.

The connection element according to the invention contains preferably at least 55 wt.-% to 70 wt.-% iron, 30 wt.-% to 45 wt.-% nickel, 0 wt.-% to 5 wt.-% cobalt, 0 wt.-% to 1 wt.-% magnesium, 0 wt.-% to 1 wt.-% silicon, and / or 0 wt.-% to 1 wt.-% carbon.

The connection element according to the invention contains preferably invar (FeNi).

Invar is an iron-nickel alloy with a content of, for example, 36 wt.-% nickel (FeNi36). There is a group of alloys and compounds that have the property of having abnormally small or sometimes negative coefficients of thermal expansion in certain temperature ranges. Fe65Ni35 invar contains 65 wt.-% iron and 35 wt.-% nickel. Up to 1 wt.-% magnesium, silicon, and carbon are usually alloyed to change the mechanical properties. By alloying 5 wt.-% cobalt, the coefficient of thermal expansion  $\alpha$  can be further reduced. One name for the alloy is Inovco, FeNi33Co4.5 with an coefficient of expansion ( $20^{\circ}\text{C}$  to  $100^{\circ}\text{C}$ ) of  $0.55 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ .

If an alloy such as invar with a very low absolute coefficient of thermal expansion of  $< 4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  is used, overcompensation of mechanical stresses occurs by noncritical pressure stresses in the glass or by noncritical tensile stresses in the alloy.

In another advantageous embodiment of the invention, the difference between the first and the second coefficient of expansion is  $< 5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ . Because of the small difference between the first and the second coefficient of thermal expansion, critical mechanical stresses in the pane are avoided and better adhesion is obtained. The second coefficient of thermal expansion is, in that case, preferably  $4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  to  $8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ , particularly preferably  $4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  to  $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  in a temperature range from  $0^{\circ}\text{C}$  to  $300^{\circ}\text{C}$ .

The connection element according to the invention contains preferably at least 50 wt.-% to 60 wt.-% iron, 25 wt.-% to 35 wt.-% nickel, 15 wt.-% to 20 wt.-% cobalt, 0 wt.-% to 0.5 wt.-% silicon, 0 wt.-% to 0.1 wt.-% carbon, and / or 0 wt.-% to 0.5 wt.-% manganese.

The connection element according to the invention contains preferably kovar (FeCoNi).

Kovar is an iron-nickel-cobalt alloy that has coefficients of thermal expansion of usually roughly  $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ . The coefficient of thermal expansion is thus less than the coefficient of typical metals. The composition contains, for example, 54 wt.-% iron, 29 wt.-% nickel, and 17 wt.-% cobalt. In the area of microelectronics and microsystem technology, kovar is, consequently, used as a housing material or as a submount. Submounts lie, according to the sandwich principle, between the actual substrate material and the material with, for the most part, a clearly higher coefficient of expansion. Kovar thus serves as a compensating element which absorbs and reduces the thermo-mechanical stresses caused by the different coefficients of thermal expansion of the other materials. Similarly, kovar is used for metal-glass implementations of electronic components, material transitions in vacuum chambers.

The connection element according to the invention contains preferably iron-nickel alloys and / or iron-nickel-cobalt-alloys post-treated thermally by annealing.

In another advantageous embodiment of the invention, the difference between the first and the second coefficient of expansion is likewise  $< 5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ . The second coefficient of thermal expansion is preferably from  $9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  to  $13 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ , particularly preferably from  $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  to  $11.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  in a temperature range from  $0^{\circ}\text{C}$  to  $300^{\circ}\text{C}$ .

The connection element according to the invention contains preferably at least 50 wt.-% to 89.5 wt.-% iron, 10.5 wt.-% to 20 wt.-% chromium, 0 wt.-% to 1 wt.-% carbon, 0 wt.-% to

5 wt.-% nickel, 0 wt.-% to 2 wt.-% manganese, 0 wt.-% to 2.5 wt.-% molybdenum, and / or 0 wt.-% to 1 wt.-% titanium. In addition, the connection element can contain admixtures of other elements, including vanadium, aluminum, niobium, and nitrogen.

The connection element according to the invention can also contain at least 66.5 wt.-% to 89.5 wt.-% iron, 10.5 wt.-% to 20 wt.-% chromium, 0 wt.-% to 1 wt.-% carbon, 0 wt.-% to 5 wt.-% nickel, 0 wt.-% to 2 wt.-% manganese, 0 wt.-% to 2.5 wt.-% molybdenum, 0 wt.-% to 2 wt.-% niobium, and / or 0 wt.-% to 1 wt.-% titanium.

The connection element according to the invention contains preferably at least 65 wt.-% to 89.5 wt.-% iron, 10.5 wt.-% to 20 wt.-% chromium, 0 wt.-% to 0.5 wt.-% carbon, 0 wt.-% to 2.5 wt.-% nickel, 0 wt.-% to 1 wt.-% manganese, 0 wt.-% to 1 wt.-% molybdenum, and / or 0 wt.-% to 1 wt.-% titanium.

The connection element according to the invention can also contain at least 73 wt.-% to 89.5 wt.-% iron, 10.5 wt.-% to 20 wt.-% chromium, 0 wt.-% to 0.5 wt.-% carbon, 0 wt.-% to 2.5 wt.-% nickel, 0 wt.-% to 1 wt.-% manganese, 0 wt.-% to 1 wt.-% molybdenum, 0 wt.-% to 1 wt.-% niobium, and / or 0 wt.-% to 1 wt.-% titanium.

The connection element according to the invention contains preferably at least 75 wt.-% to 84 wt.-% iron, 16 wt.-% to 18.5 wt.-% chromium, 0 wt.-% to 0.1 wt.-% carbon, 0 wt.-% to 1 wt.-% manganese, and / or 0 wt.-% to 1 wt.-% titanium.

The connection element according to the invention can also contain at least 78.5 wt.-% to 84 wt.-% iron, 16 wt.-% to 18.5 wt.-% chromium, 0 wt.-% to 0.1 wt.-% carbon, 0 wt.-% to 1 wt.-% manganese, 0 wt.-% to 1 wt.-% niobium, and / or 0 wt.-% to 1 wt.-% titanium.

The connection element according to the invention contains preferably a chromium-containing steel with a proportion of chromium greater than or equal to 10.5 wt.-% and a coefficient of thermal expansion of  $9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  to  $13 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ . Further alloy components such as molybdenum, manganese, or niobium result in improved corrosion stability or altered mechanical properties, such as tensile strength or cold formability.

The advantage of connection elements made of chromium-containing steel compared to connection elements according to the prior art made of titanium resides in the better

solderability. It results from the higher thermal conductivity of 25 W/mK to 30 W/mK compared to the thermal conductivity of titanium of 22 W/mK. The higher thermal conductivity results in a more uniform heating of the connection element during the soldering process, by means of which the pointwise formation of particularly hot sites ("hot spots") is avoided. These sites are starting points for subsequent damage of the pane. Improved adhesion of the connection element to the pane results. Chromium-containing steel is, moreover, well weldable. With it, better connecting of the connection element to the onboard electronics via an electrically conductive material, e.g., copper, by welding, is possible. Due to the better cold formability, the connection element can also be better crimped with the electrically conductive material. Chromium-containing steel is, moreover, more available.

The electrically conductive structure according to the invention has, preferably, a layer thickness of 5  $\mu\text{m}$  to 40  $\mu\text{m}$ , particularly preferably from 5  $\mu\text{m}$  to 20  $\mu\text{m}$ , very particularly preferably, from 8  $\mu\text{m}$  to 15  $\mu\text{m}$  and, most particularly, from 10  $\mu\text{m}$  to 12  $\mu\text{m}$ . The electrically conductive structure according to the invention contains, preferably, silver, particularly preferably, silver particles and glass frits.

The layer thickness of the solder according to the invention is preferably  $< 3.0 \times 10^{-4}$  m.

The solder material is preferably leadfree, i.e., contains no lead. This is particularly advantageous with regard to the environmental impact of the pane with an electrical connection element according to the invention. Leadfree solder materials typically have less ductility than lead-containing solder materials, such that mechanical stresses between a connection element and a pane can be less well compensated. However, it has been demonstrated that critical mechanical stresses can be avoided by means of the connection element according to the invention. The solder material according to the invention contains, preferably, tin and bismuth, indium, zinc, copper, silver, or compositions thereof. The proportion of tin in the solder composition according to the invention is from 3 wt.-% to 99.5 wt.-%, preferably from 10 wt.-% to 95.5 wt.-%, particularly preferably from 15 wt.-% to 60 wt.-%. The proportion of bismuth, indium, zinc, copper, silver, or compositions thereof in the solder composition according to the invention is from 0.5 wt.-% to 97 wt.-%, preferably 10 wt.-% to 67 wt.-%, whereby the proportion of bismuth, indium, zinc, copper, or silver can be 0 wt.-%. The solder composition according to the invention can contain nickel, germanium, aluminum, or phosphorus at a proportion of 0 wt.-% to 5 wt.-%. The solder composition according to the invention contains, very particularly preferably,  $\text{Bi}_{40}\text{Sn}_{57}\text{Ag}_3$ ,

Sn40Bi57Ag3, Bi59Sn40Ag1, Bi57Sn42Ag1, In97Ag3, Sn95.5Ag3.8Cu0.7, Bi67In33, Bi33In50Sn17, Sn77.2In20Ag2.8, Sn95Ag4Cu1, Sn99Cu1, Sn96.5Ag3.5, or mixtures thereof.

The connection element according to the invention is coated, preferably, with nickel, tin, copper, and / or silver. The connection element according to the invention is particularly preferably provided with an adhesion-promoting layer, preferably made of nickel and / or copper, and, additionally, with a solderable layer, preferably made of silver. The connection element according to the invention is coated, very particularly preferably, with 0.1  $\mu\text{m}$  to 0.3  $\mu\text{m}$  nickel and / or 3  $\mu\text{m}$  to 20  $\mu\text{m}$  silver. The connection element can be plated with nickel, tin, copper, and / or silver. Nickel and silver improve the current-carrying capacity and corrosion stability of the connection element and the wetting with the solder material.

The angle between the surface of the substrate and each of the tangent planes of the surfaces of the transition regions of the connection element facing the substrate is preferably between 1° and 85°, particularly preferably between 2° and 75°, very particularly preferably between 3° and 60°, in particular between 5° and 50°. The angle between the surface of the substrate and the tangent planes must not be equal to 0° in the entire transition region, as, in this case, no intermediate space is formed between the transition region and the electrically conductive structure to accommodate excess solder material. The connection element according to the invention is, moreover, shaped such that the tangent planes are inclined in the direction turned away from the immediately adjacent foot region.

In a preferred embodiment of the invention, the transition regions and the bridge region of the connection element are shaped flat (i.e. planar) in sections. "Flat" means that the bottom of the connection element forms one plane.

Particularly preferably, the transition regions are shaped flat and the bridge region is shaped flat or flat in sections. Each tangent plane on a surface of a transition region facing the substrate corresponds to the flat bottom of the transition region. The surface of the substrate and the surface of the first transition region facing the substrate enclose an angle  $\alpha_1$ . The surface of the substrate and the surface of the second transition region facing the substrate enclose an angle  $\alpha_2$ . In a particularly preferred embodiment of the invention, the angle  $\alpha_1$  is equal to angle  $\alpha_2$ . The angles  $\alpha_1$  and  $\alpha_2$  are not equal to 0°.

The transition regions can also be shaped flat in sections. In that case, the angles  $\alpha_1$  and  $\alpha_2$  must be determined in the flat segments of the transition regions adjacent the foot regions. The angles  $\alpha_1$  and  $\alpha_2$  are not equal to  $0^\circ$ . The surfaces of the remaining flat segments of the transition regions facing the substrate may enclose an angle equal to  $0^\circ$  with the surface of the substrate.

In another advantageous embodiment of the invention, the two transition regions and / or the bridge region are curved. The two transition regions and the bridge region have preferably the same direction of curvature and preferably form together the profile of an oval arc, particularly preferably the the profile of an elliptical arc and very particularly preferably a circular arc. The radius of curvature of the circular arc is, for example, preferably from 5 mm to 15 mm with a length of the connection element of 24 mm. If the two transition regions and the bridge region have the same direction of curvature, the connections between the contact surfaces and the surfaces of the transition regions facing the substrate are formed as edges. The directions of curvature of the transition regions and / or the bridge region can also be different.

In another advantageous embodiment of the invention, the two transition regions are formed flat and the bridge region is angled. The bridge region consists of two flat subregions, which, together, enclose an angle  $\gamma$ . The surface of the substrate and the surface of the first transition region facing the substrate enclose an angle  $\beta_1$ . The surface of the substrate and the surface of the second transition region facing the substrate enclose an angle  $\beta_2$ . The angle  $\gamma$  is  $180^\circ - \beta_1 - \beta_2$ . In a particularly preferred embodiment of the invention, the angles  $\beta_1$  and  $\beta_2$  are equal.

The iron-nickel alloy, the iron-nickel-cobalt alloy, or the iron-chromium alloy can also be welded, crimped, or glued as a compensation plate onto a connection element made, for example, of steel, aluminum, titanium, copper. As a bimetal, favorable expansion behavior of the connection element relative to the glass expansion can be obtained. The compensation plate is preferably hat-shaped.

The electrical connection element contains, on the surface facing the solder material, a coating that contains copper, zinc, tin, silver, gold, or alloys or layers thereof, preferably

silver. This prevents a spreading of the solder material out beyond the coating and limits the outflow width.

The connection elements are, in the plan view, for example, preferably 1 mm to 50 mm long and wide and, particularly preferably 2 mm to 30 mm long and wide and, very particularly preferably 2 mm to 5 mm wide and 12 mm to 24 mm long.

The contact surfaces on the bottom of the foot regions are, for example, preferably 1 mm to 15 mm long and wide and particularly preferably 2 mm to 8 mm long and wide and and very particularly preferably 2 mm to 5 mm wide and 2 mm to 5 mm long.

The shape of the electrical connection element can form solder depots in the intermediate space of the connection element and the electrically conductive structure. The solder depots and wetting properties of the solder on the connection element prevent the outflow of the solder material from the intermediate space. The solder depots can be rectangular, rounded, or polygonal in design.

The distribution of the soldering heat and, thus, the distribution of the solder material during the soldering process can be defined by the shape of the connection element. Solder material flows to the warmest point. For example, the connection element can have a single or double hat shape in order to distribute the heat advantageously in the connection element during the soldering process.

In an advantageous embodiment of the invention, at least one, preferably at least two spacers are arranged on each of the contact surfaces. The spacers contain, preferably, the same alloy as the connection element. Each spacer is shaped, for example, as a cube, as a pyramid, as a segment of a rotational ellipsoid, or as a segment of a sphere. The spacers have, preferably, a width of  $0.5 \times 10^{-4}$  m to  $10 \times 10^{-4}$  m and a height of  $0.5 \times 10^{-4}$  m to  $5 \times 10^{-4}$  m, particularly preferably, of  $1 \times 10^{-4}$  m to  $3 \times 10^{-4}$  m. By means of the spacers, the formation of a uniform layer of solder material is favored. That is particularly advantageous with regard to the adhesion of the connection element. The spacers are, in a preferred embodiment, are formed in one piece with the connection element.

The introduction of the energy during the electrical connecting of an electrical connection and an electrically conductive structure occurs preferably by means of punches, thermodes,

piston soldering, preferably laser soldering, hot air soldering, induction soldering, resistance soldering, and/or with ultrasound.

The object of the invention is further accomplished through a method for production of a pane with at least one connection element, wherein

- a) solder material is arranged and applied on the contact surfaces of the connection element as a platelet with a fixed layer thickness, volume, and shape,
- b) an electrically conductive structure is applied to a region of a substrate,
- c) the connection element with the solder material is arranged on the electrically conductive structure, and
- d) the connection element is soldered to the electrically conductive structure.

The solder material is preferably applied in advance to the connection elements, preferably as a platelet with a fixed layer thickness, volume, shape, and arrangement on the connection element.

The connection element can, for example, be welded or crimped to a sheet, a braided wire, a mesh made, for example, of copper and connected to the onboard electrical system.

The connection element according to the invention is preferably formed in one piece, but can also consist of two or more subelements connected to each other, for example, welded.

The connection element is preferably used in heated panes or in panes with antennas in buildings, in particular, in automobiles, railroads, aircraft, or watercraft. the connection element serves to connect the conducting structures of the pane to electrical systems that are arranged outside the pane. The electrical systems are amplifiers, control units, or voltage sources.

The invention is explained in detail with reference to drawings and exemplary embodiments. The drawings are a schematic representation and not true to scale. The drawings do not restrict the invention in any way. They depict:

- Fig. 1 a perspective view of a first embodiment of the pane according to the invention,
- Fig. 1a a cross-section C-C' through the pane of Fig. 1,
- Fig. 2 a cross-section A-A' through the pane of Fig. 1,
- Fig. 3 a cross-section A-A' through an alternative pane according to the invention,
- Fig. 4 a cross-section A-A' through another alternative pane according to the invention,
- Fig. 5 a cross-section A-A' through another alternative pane according to the invention,
- Fig. 6 a perspective view of an alternative embodiment of the pane according to the invention,
- Fig. 7 a cross-section B-B' through the pane of Fig. 6,
- Fig. 8 a cross-section C-C' through an alternative pane according to the invention,
- Fig. 9 a cross-section C-C' through another alternative pane according to the invention,
- Fig. 10 a cross-section C-C' through another alternative pane according to the invention,
- Fig. 11 a cross-section C-C' through another alternative pane according to the invention,
- Fig. 12 a cross-section C-C' through another alternative pane according to the invention,
- Fig. 12a a cross-section C-C' through another alternative pane according to the invention,
- Fig. 13 a plan view of an alternative embodiment of the connection element,
- Fig. 14 a perspective view of an alternative embodiment of the connection element, and
- Fig. 15 a detailed flow chart of the method according to the invention.

Fig.1, Fig. 1a, and Fig. 2 show, in each case, a detail of a heatable pane 1 according to the invention in the region of the electrical connection element 3. The pane 1 is a 3-mm-thick thermally prestressed single-pane safety glass made of soda lime glass. The pane 1 has a width of 150 cm and a height of 80 cm. An electrically conductive structure 2 in the form of a heating conductor structure 2 is printed on the pane 1. The electrically conductive structure 2 contains silver particles and glass frits. In the edge region of the pane 1, the electrically conductive structure 2 is widened to a width of 10 mm and forms a contact surface for the electrical connection element 3. In the edge region of the pane 1, there is also a covering serigraph (not shown). In the region of the contact surfaces 8 and 8' and the surfaces 9' and 11' of the transition regions 9 and 11 facing the substrate 1, the solder material 4 effects a durable electrical and mechanical connection between the connection element 3 and the electrically conductive structure 2. The solder material 4 contains 57 wt.-% bismuth, 40 wt.-%

% tin, and 3 wt.-% silver. The solder material 4 is arranged through a predefined volume and shape completely between the electrical connection element 3 and the electrically conductive structure 2. The solder material 4 has a thickness of 250  $\mu\text{m}$ . The electrical connection element 3 is made from steel of the material number 1.4509 in accordance with EN 10 088-2 (ThyssenKrupp Nirosta® 4509) with a coefficient of thermal expansion of  $10.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ . The electrical connection element 3 has a width of 4 mm and a length of 24 mm. The transition regions 9 and 11 and the bridge region 10 are formed flat. The surface of the substrate 1 and the surface 9' of the transition region 9 facing the substrate 1 enclose an angle  $\alpha_1 = 40^{\circ}$ . The surface of the substrate and the surface 11' of the transition region 11 facing the substrate 1 enclose an angle  $\alpha_2 = 40^{\circ}$ . The bridge region 10 is arranged parallel to the surface of the substrate 1.

Steel of the material number 1.4509 in accordance with EN 10 088-2 has good cold forming properties and good welding properties with all methods except gas welding. The steel is used for construction of sound suppressor systems and exhaust gas detoxification systems and is particularly suited for that due to its scaling resistance to more than 950  $^{\circ}\text{C}$  and corrosion resistance against the stresses occurring in the exhaust gas system.

Fig. 3 depicts, in continuation of the exemplary embodiment of Fig. 1 and 2, an alternative embodiment of the connection element 3 according to the invention. The electrical connection element 3 is provided on the surface facing the solder material 4 with a silver-containing coating 5. This prevents spreading of the solder material out beyond the coating 5 and limits the outflow width  $b$ . In another embodiment, an adhesion-promoting layer made, for example, of nickel and / or copper, can be located between the connection element 3 and the silver-containing layer 5. The outflow width  $b$  of the solder material 4 is less than 1 mm. No critical mechanical stresses are observed in the pane 1 due to the arrangement of the solder material 4. The connection of the pane 1 to the electrical connection element 3 via the electrically conductive structure 2 is durably stable.

Fig. 4 depicts, in continuation of the exemplary embodiment of Fig. 1 and 2, another alternative embodiment of the connection element 3 according to the invention. The electrical connection element 3 contains, on the surface facing the solder material 4, a recess with a depth of 250  $\mu\text{m}$  that forms a solder depot for the solder material 4. It is possible to completely prevent outflow of the solder material 4 from the intermediate space. The thermal stresses in the pane 1 are noncritical and a durable electrical and mechanical

connection is provided between the connection element 3 and the pane 1 via the electrically conductive structure 2.

Fig. 5 depicts, in continuation of the exemplary embodiment of Fig. 1 and 2, another alternative embodiment of the connection element 3 according to the invention. The electrical connection element 3 is bent upward on the edge regions. The height of the upward bend of the edge region of the glass pane 1 is a maximum of 400  $\mu\text{m}$ . This forms a space for the solder material 4. The predefined solder material 4 forms a concave meniscus between the electrical connection element 3 and the electrically conductive structure 2. It is possible to completely prevent outflow of solder material 4 from the intermediate space. The outflow width  $b$ , at roughly 0, is less than zero, largely because of the meniscus formed. The thermal stresses in the pane 1 are noncritical, and a durable electrical and mechanical connection is provided between the connection element 3 and the pane 1 via the electrically conductive structure 2.

Fig. 6 and Fig. 7 depict, in each case, a detail of another embodiment of the pane 1 according to the invention with connection element 3. The connection element 3 contains an iron-containing alloy with a coefficient of thermal expansion of  $8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ . The material thickness is 2 mm. In the region of the contact surfaces 8 and 8' of the connection element 3, hat-shaped compensation members 6 are applied with chromium-containing steel of the material number 1.4509 in accordance with EN 10 088-2 (ThyssenKrupp Nirosta® 4509). The maximum layer thickness of the hat-shaped compensation members 6 is 4 mm. By means of the compensation members, it is possible to adapt the coefficients of thermal expansion of the connection element 3 to the requirements of the pane 1 and of the solder material 4. The hat-shaped compensation members 6 result in improved heat flow during the production of the solder connection 4. The heating occurs primarily in the center of the contact surfaces 8 and 8'. It is possible to further reduce the outflow width  $b$  of the solder material 4. Because of the low outflow width  $b$  of  $< 1$  mm and the adapted coefficient of expansion, it is possible to further reduce the thermal stresses in the pane 1. The thermal stresses in the pane 1 are noncritical, and a durable electrical and mechanical connection is provided between the connection element 3 and the pane 1 via the electrically conductive structure 2.

Fig. 8 depicts, in continuation of the exemplary embodiment of Fig. 1 and 1a, an alternative embodiment of the connection element 3 according to the invention. The two transition

regions 9 and 11 and the bridge region 10 are curved and have the same direction of curvature. Together, they form the profile of a circular arc with a radius of curvature of 12 mm. The connections 16 and 16' between the contact surfaces 8 and 8' and the surfaces 9' and 11' of the curved transition regions 9 and 11 facing the substrate are formed as edges. The thermal stresses in the pane 1 are noncritical and a durable electrical and mechanical connection is provided between the connection element 3 and the pane 1 via the electrically conductive structure 2.

Fig. 9 depicts, in continuation of the exemplary embodiment of Fig. 1 and 1a, another alternative embodiment of the connection element 3 according to the invention. The two transition regions are formed flat; the bridge region is formed angled. The surface of the substrate 1 and the surface 9' of the transition region 9 facing the substrate enclose an angle  $\beta_1 = 20^\circ$ . The surface of the substrate 1 and the surface 11' of the transition region 11 facing the substrate enclose an angle  $\beta_2 = 20^\circ$ . The angle  $\gamma$  of the bridge region is  $140^\circ$ . The thermal stresses in the pane 1 are noncritical and a durable electrical and mechanical connection is provided between the connection element 3 and the pane 1 via the electrically conductive structure 2.

Fig. 10 depicts, in continuation of the exemplary embodiment of Fig. 1 and 1a, another alternative embodiment of the connection element 3 according to the invention. The two transition regions 9 and 11 and the bridge region 10 are curved. The structure made of the transition regions 9 and 11 and the bridge region 10 changes its direction of curvature twice. Adjacent the foot regions 7 and 7', the direction of curvature of the transition regions 9 and 11 turns away from the substrate 1. Thus, there are no edges on the connections 16 and 16' between the contact surfaces 8 and 8' and the surfaces 9' and 11' of the curved transition regions 9 and 11 facing the substrate. The bottom of the connection element has a continuous progression. The thermal stresses in the pane 1 are noncritical and a durable electrical and mechanical connection is provided between the connection element 3 and the pane 1 via the electrically conductive structure 2.

Fig. 11 depicts another alternative embodiment of the connection element 3 according to the invention. The two transition regions 9 and 11 are curved, with the direction of curvature turning away from the substrate 1. The bridge region 10 consists of two subelements. The subelements have, in each case, a curved subregion 17 and 17' and a flat subregion 18 and 18'. The bridge region 10 is connected via the subregion 17 to the transition region 9 and via

the subregion 17' to the transition region 11. The curved subregions 17 and 17' have the same direction of curvature as the adjacent transition region. The flat subregions 18 and 18' are arranged perpendicular to the surface of the substrate and are in direct contact with each other.

Fig. 12 depicts, in continuation of the exemplary embodiment of Fig. 1 and 1a, an alternative embodiment of the connection element 3 according to the invention. The foot regions 7 and 7', the transition regions 9 and 11, and the bridge region 10 are formed as in Fig. 1a. The contact surfaces 8 and 8' have a width of 4 mm and a length of 4 mm. Spacers 19 are applied on the contact surfaces 8 and 8'. The spacers are formed as hemispheres and have a height  $h$  of  $2.5 \times 10^{-4}$  m and a width  $l$  of  $5 \times 10^{-4}$  m.

The spacers 19 can, in alternative embodiments, also be designed, for example, as a cube, as a pyramid, or as a segment of a rotational ellipsoid and preferably have a width of  $0.5 \times 10^{-4}$  m to  $10 \times 10^{-4}$  m and a height of  $0.5 \times 10^{-4}$  m to  $5 \times 10^{-4}$  m, particularly preferably of  $1 \times 10^{-4}$  m to  $3 \times 10^{-4}$  m. By means of the spacers 19, the formation of a uniform layer of solder material 4 is favored. That is particularly advantageous with regard to the adhesion of the connection element 3.

Fig. 12a depicts, in continuation of the exemplary embodiment of Fig. 12, another alternative embodiment of the connection element 3 according to the invention. On each of the surfaces of the foot regions 7, 7' facing away from the substrate 1, a contact bump 22 is arranged. The contact bumps 22 are formed, in the embodiment shown, as hemispheres and have a height of  $2.5 \times 10^{-4}$  m and a width of  $5 \times 10^{-4}$  m. The centers of the contact bumps 22 are arranged roughly in the geometric center of the surfaces of the foot regions 7, 7' facing away from the substrate 1. Because of their convex surface, the contact bumps 22 enable an advantageously improved soldering of the connection element to the electrically conductive structure 2. For the soldering, electrodes whose contact side is flat can be used. The electrode surface is brought into contact with the contact bump 22, with the contact region between the electrode surface and the contact bump 22 forming the soldering point. The position of the soldering point is thus determined preferably by the point on the convex surface of the contact bump 22 that has the greatest vertical distance from the surface of the substrate 1. The position of the soldering point is independent of the position of the solder electrode on the connection element 3. That is particularly advantageous with regard to a reproducible, uniform heat distribution during the soldering process.

The heat distribution during the soldering process is determined by the position, the size, the arrangement, and the geometry of the contact bump 22. In alternative embodiments, the contact bump 22 can be shaped, for example, as a segment of a rotational ellipsoid or as a cuboid, with the surface of the cuboid turned away from the substrate curved convexly. The contact bumps 22 preferably have a height of 0.1 mm to 2 mm, particularly preferably of 0.2 mm to 1 mm. The length and width of the contact bumps 22 is preferably between 0.1 and 5 mm, very particularly preferably between 0.4 mm and 3 mm.

The contact bumps 22 and spacers 19 can, in an advantageous embodiment, be formed in one piece with the connection element 3. The contact bumps 22 and the spacers 19 can, for example, be formed by reshaping a connection element 3 with a flat surface in the initial state on the surface, for example, by stamping or deep drawing. In the process, a corresponding depression can be created on the surface of the connection element 3 opposite the contact bump 22 or the spacer 19.

By means of the contact bumps 22 and the spacers 19, a homogeneous, uniformly thick, and uniformly fused layer of the solder material 4 is obtained. Thus, mechanical stresses between the connection element 3 and substrate 1 can be reduced. This is particularly advantageous with the use of a leadfree solder material that can compensate mechanical stresses less well due to its lower ductility compared to lead-containing solder materials.

Fig. 13 depicts a plan view of an alternative embodiment of the connection element 3 according to the invention. The transition regions 9 and 11 and the bridge region 10 are formed as in Fig. 1a. Each foot region 7 and 7' has a width of 8 mm and is twice as wide as the transition regions 9 and 11 and the bridge region 10. It has been surprisingly demonstrated that foot regions 7,7' that are designed wider than the transition regions 9,11 and the bridge region 10 result in a reduction of mechanical stresses in the pane 1. The width of the foot regions 7,7' is preferably from 150 % to 300 % of the width of the bridge region 10.

Fig. 14 depicts a perspective view of an alternative embodiment of the connection element 3 according to the invention. The foot regions 7 and 7' have, for example, a length of 7 mm and a width of 5 mm. The bridge region 10 is designed flat and has, for example, a length of 12 mm and a width of 10 mm. The bridge region 10 is wider than the foot regions 7,7' and

has a production-related indentation 21. The indentation 21 runs all the way to the edge of the bridge region 10, to which the first foot region 7 is connected via the transition region 9. The indentation 21 corresponds in shape and size to the segment of the connection element 3 from the first foot region 7 and the transition region 9. The contact surfaces 8 and 8' on the bottoms of the foot regions 7 and 7' have a rectangular shape, with the two corners turned away from the bridge region 10 beveled in each case. By means of the beveling, angles that are too small, in particular 90°-angles along the surrounding side edges of the contact surfaces 8, 8' are avoided. It has been demonstrated that mechanical stresses in the pane can thus be reduced.

The connection element 3 includes a plug connector 20 arranged on the bridge region 10. The plug connector 20 is connected to the bridge region 10, on the side edge of the bridge region 10 adjacent the transition region 9. The plug connector 20 is designed as a standardized tab connector to which the coupling of a connection cable (not shown) to the onboard electronics, for instance, can be attached.

The particular advantage of the embodiment of the invention resides in simple production of the connection element 3, providing, at the same time, a convenient interface for electrical contacting (plug connector 20). The foot regions 7, 7', the transition region 9, the bridge region 10, and the plug connector 20 are formed in one piece. The connection element 3 is provided in a flat initial state, in which the segments provided as the transition region 9 and as the foot region 7 are arranged inside the indentation 21. In the initial state, the transition region 11 and the foot region 7' are arranged in the same plane as the bridge region 10. The plug connector 20 is also arranged, in the initial state, in the same plane as the bridge region 10. The region provided as the foot region 7 and transition region 9 can be separated from the bridge region 10, for example, by punching, laser beam machining, or waterjet machining, with a connection remaining between the transition region 9 and the bridge region 10 via the connecting edge. The plug connector 20 is bent around the connecting line between the plug connector 20 and the bridge region 10 into the position depicted, with the surface that faces upward in the initial state then facing the bridge region 10. The transition region 9 and the foot region 7 are bent above the connecting line between the transition region 8 and the bridge region 10 into the position depicted, with the surface that faces upward in the initial state then forming the bottom side of the foot region 7 and of the transition region 9. The indentation 21 is formed by the bending of the transition region 9 and

the foot 7 region. The transition region 11 and the foot region 7' are also bent from the flat initial state into the position depicted.

Fig. 15 depicts in detail a method according to the invention for manufacture of a pane 1 with an electrical connection element 3. An example of the method according to the invention for manufacture of a pane with an electrical connection element 3 is presented there. As the first step, it is necessary to portion the solder material 4 according to shape and volume. The portioned solder material 4 is arranged on the contact surfaces 8 and 8' of the electrical connection element 3. The electrical connection element 3 is arranged with the solder material 4 on the electrically conductive structure 2. A durable connection of the electrical connection element 3 to the electrically conductive structure 2 and, thus, to the pane 1 takes place through the input of energy.

## Example

Test specimens were produced with the pane 1 (thickness 3 mm, width 150 cm, and height 80 cm), the electrically conductive structure 2 in the form of a heating conductor structure, the electrical connection element 3 according to Fig. 1, the silver layer 5 on the contact surfaces 8 and 8' of the connection element 3, and the solder material 4. The angle between the surface of the substrate 1 and the surface 9' of the transition region 9 facing the substrate 1 or between the surface of the substrate 1 and the surface 11' of the transition region 11 facing the substrate 1 was  $\alpha = 40^\circ$ . The material thickness of the connection element 3 was 0.8 mm. The connection element 3 contained steel of the material number 1.4509 in accordance with EN 10 088-2 (ThyssenKrupp Nirosta® 4509). The contact surfaces 8 and 8' of the connection elements 3 had a width of 4 mm and a length of 4 mm. The solder material 4 was applied in advance as a platelet with fixed layer thickness, volume, and shape on the contact surfaces 8 and 8' of the connection element 3. The connection element 3 was applied with the solder material 4 applied on the electrically conductive structure 2. The connection element 3 was soldered onto the electrically conductive structure 2 at a temperature of 200 °C and a processing time of 2 seconds. Outflow of the solder material 4 from the intermediate space between the electrical connection element 3 and the electrically conductive structure 2, which exceeded a layer thickness  $t$  of 50  $\mu\text{m}$ , was observed only to a maximum outflow width of  $b = 0.4$  mm. The dimensions and compositions of the electrical connection element 3, the silver layer 5 on the contact surfaces 8 and 8' of the connection element 3, and the solder material 4 are found in Table 1. No critical mechanical stresses were observed in the pane 1 due to the arrangement of the solder material 4, predefined by the connection element 3 and the electrically conductive structure 2. The connection of the pane 1 to the electrical connection element 3 via the electrically conductive structure 2 was durably stable.

With all specimens, it was possible to observe, with a temperature difference from +80 °C to -30 °C, that no glass substrate 1 broke or showed damage. It was possible to demonstrate that, shortly after soldering, these panes 1 with the soldered connection element 3 were stable against a sudden temperature drop.

In addition, test specimens were executed with a second composition of the electrical connection element 3. Here, the connection element 3 contained an iron-nickel-cobalt alloy. The dimensions and compositions of the electrical connection element 3, the silver layer 5

on the contact surfaces 8 and 8' of the connection element 3, and the solder material 4 are found in Table 2. With the outflow of the solder material 4 from the intermediate space between the electrical connection element 3 and the electrically conductive structure 2, which exceeded a layer thickness  $t$  of 50  $\mu\text{m}$ , an average outflow width  $b = 0.4$  mm was obtained. Here as well, it was possible to observe that, with a temperature difference from +80 °C to -30 °C, no glass substrate 1 broke or showed damage. It was possible to demonstrate that, shortly after soldering, these panes 1 with the soldered connection element 3 were stable against a sudden temperature drop.

In addition, test specimens were executed with a third composition of the electrical connection element 3. Here, the connection element 3 contained an iron-nickel alloy. The dimensions and compositions of the electrical connection element 3, the silver layer 5 on the contact surfaces 8 and 8' of the connection element 3, and the solder material 4 are found in Table 3. With the outflow of the solder material 4 from the intermediate space between the electrical connection element 3 and the electrically conductive structure 2, which exceeded a layer thickness  $t$  of 50  $\mu\text{m}$ , an average outflow width  $b = 0.4$  mm was obtained. Here as well, it was possible to observe that, with a temperature difference from +80 °C to -30 °C, no glass substrate 1 broke or showed damage. It was possible to demonstrate that, shortly after soldering, these panes 1 with the soldered connection element 3 were stable against a sudden temperature drop.

Table 1

Components	Material	Example
Connection element 3		
	Steel of material no. 1.4509 in accordance with EN 10 088-2 with the composition:	
	Iron (wt.-%)	78.87
	Carbon (wt.-%)	0.03
	Chromium (wt.-%)	18.5
	Titanium (wt.-%)	0.6
	Niobium (wt.-%)	1
	Manganese (wt.-%)	1
	CTE (coefficient of thermal expansion) ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ )	10
	Difference between CTE of the connection element and substrate ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ )	1.7
	Thickness of the connection element (m)	$8.0 \times 10^{-4}$
	Angle $\alpha$ ( $^{\circ}$ )	40
Wetting layer 5		
	Silver (wt.-%)	100
	Thickness of the layer (m)	$7.0 \times 10^{-6}$
Solder material 4		
	Tin (wt.-%)	40
	Bismuth (wt.-%)	57
	Silver (wt.-%)	3
	Thickness of the solder layer in (m)	$250 \times 10^{-6}$
	The thickness of the wetting layer and the solder layer (m)	$257 \times 10^{-6}$
Glass substrate 1		
(Soda lime glass)		
	CTE ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 320^{\circ}\text{C}$ )	8.3

Table 2

Components	Material	Example
Connection element 3		
	Iron (wt.-%)	54
	Nickel (wt.-%)	29
	Cobalt (wt.-%)	17
	CTE (coefficient of thermal expansion) ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ )	5.1
	Difference between CTE of the connection element and substrate ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ )	3.2
	Thickness of the connection element (m)	$8.0 \times 10^{-4}$
	Angle $\alpha$ ( $^{\circ}$ )	40
Wetting layer 5		
	Silver (wt.-%)	100
	Thickness of the layer (m)	$7.0 \times 10^{-6}$
Solder material 4		
	Tin (wt.-%)	40
	Bismuth (wt.-%)	57
	Silver (wt.-%)	3
	Thickness of the solder layer in (m)	$250 \times 10^{-6}$
	The thickness of the wetting layer and the solder layer (m)	$257 \times 10^{-6}$
Glass substrate 1		
(Soda lime glass)		
	CTE ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 320^{\circ}\text{C}$ )	8.3

Table 3

Components	Material	Example
Connection element 3		
	Iron (wt.-%)	65
	Nickel (wt.-%)	35
	CTE (coefficient of thermal expansion) ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ )	1.7
	Difference between CTE of the connection element and substrate ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ )	6.6
	Thickness of the connection element (m)	$8.0 \times 10^{-4}$
	Angle $\alpha$ ( $^{\circ}$ )	40
Wetting layer 5		
	Silver (wt.-%)	100
	Thickness of the layer (m)	$7.0 \times 10^{-6}$
Solder material 4		
	Tin (wt.-%)	40
	Bismuth (wt.-%)	57
	Silver (wt.-%)	3
	Thickness of the solder layer in (m)	$250 \times 10^{-6}$
	The thickness of the wetting layer and the solder layer (m)	$257 \times 10^{-6}$
Glass substrate 1		
(Soda lime glass)		
	CTE ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 320^{\circ}\text{C}$ )	8.3

### Comparative Example 1

The comparative example was carried out the same as the example. The connection element contained steel of the material number 1.4509 in accordance with EN 10 088-2 (ThyssenKrupp Nirosta® 4509). The difference resided in the shape of the connection element. The angle  $\alpha$  was, according to the prior art,  $90^\circ$ . With it, no capillary forces could develop on the edges of the contact surfaces 8 and 8'. The dimensions and components of the electrical connection element 3, of the metal layer on the contact surfaces 8 and 8' of the connection element 3, and of the solder material 4 are found in Table 4. The connection element 3 was soldered to the electrically conductive structure 2 as in the example by means of the solder material 4. With the outflow of the solder material 4 from the intermediate space between the electrical connection element 3 and the electrically conductive structure 2, which exceeded a layer thickness  $t$  of  $50\ \mu\text{m}$ , an average outflow width  $b = 0.5\ \text{mm}$  was obtained.

With all specimens, it was possible to observe, with a temperature difference from  $+80\ ^\circ\text{C}$  to  $-30\ ^\circ\text{C}$ , that no glass substrate 1 broke or showed damage. It was possible to demonstrate that, shortly after soldering, these panes 1 with the soldered connection element 3 were stable against a sudden temperature drop. However, compared to the example, they exhibited a greater average outflow width  $b$ .

Table 4

Components	Material	Comparative example
Connection element 3	Steel of material no. 1.4509 in accordance with EN 10 088-2 with the composition:	
	Iron (wt.-%)	78.87
	Carbon (wt.-%)	0.03
	Chromium (wt.-%)	18.5
	Titanium (wt.-%)	0.6
	Niobium (wt.-%)	1
	Manganese (wt.-%)	1
	CTE (coefficient of thermal expansion) ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ )	10
	Difference between CTE of the connection element and the substrate ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ )	1.7
	Thickness of the connection element (m)	$8.0 \times 10^{-4}$
	Angle $\alpha$ ( $^{\circ}$ )	90
Wetting layer 5		
	Silver (wt.-%)	100
	Thickness of the layer (m)	$7.0 \times 10^{-6}$
Solder material 4		
	Tin (wt.-%)	40
	Bismuth (wt.-%)	57
	Silver (wt.-%)	3
	Thickness of the solder layer in (m)	$250 \times 10^{-6}$
	The thickness of the wetting layer and the solder layer (m)	$257 \times 10^{-6}$
Glass substrate 1		
(Soda lime glass)		
	CTE ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 320^{\circ}\text{C}$ )	8.3

## Comparative Example 2

The comparative example was carried out the same as the example. The difference resided in the use of a different material for the connection element 3. The connection element 3 was 100 wt.-% titanium. The dimensions and components of the electrical connection element 3, the metal layer on the contact surfaces 8 and 8' of the connection element 3, and the solder material 4 are found in Table 5. The connection element 3 was soldered to the electrically conductive structure 2 in accordance with conventional methods by means of the solder material 4. With the outflow of the solder material 4 from the intermediate space between the electrical connection element 3 and the electrically conductive structure 2, which exceeded a layer thickness  $t$  of 50  $\mu\text{m}$ , an average outflow width  $b = 2 \text{ mm to } 3 \text{ mm}$  was obtained. The large outflow width resulted in critical mechanical stresses in the pane.

With a sudden temperature difference from +80 °C to -30 °C, it was observed that the glass substrates 1 had major damage shortly after soldering.

Table 5

Components	Material	Comparative Example
Connection element 3		
	Titanium (wt.-%)	100
	CTE (coefficient of thermal expansion) ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ )	8.80
	Difference between CTE of the connection element and the substrate ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ )	0.5
	Thickness of the connection element (m)	$8.0 \times 10^{-4}$
	Angle $\alpha$ ( $^{\circ}$ )	40
Wetting layer 5		
	Silver (wt.-%)	100
	Thickness of the layer (m)	$7.0 \times 10^{-6}$
Solder material 4		
	Tin (wt.-%)	40
	Bismuth (wt.-%)	57
	Silver (wt.-%)	3
	Thickness of the solder layer in (m)	$250 \times 10^{-6}$
	The thickness of the wetting layer and the solder layer (m)	$257 \times 10^{-6}$
Glass substrate 1		
(Soda lime glass)		
	CTE ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 320^{\circ}\text{C}$ )	8.3

### Comparative Example 3

The comparative example was carried out the same as the example. The difference resided in the use of a different material for the connection element 3. The connection element 3 was 100 wt.-% copper. The dimensions and components of the electrical connection element 3, the metal layer on the contact surfaces 8 and 8' of the connection element 3, and the solder material 4 are found in Table 5. The connection element 3 was soldered to the electrically conductive structure 2 in accordance with conventional methods by means of the solder material 4. With the outflow of the solder material 4 from the intermediate space between the electrical connection element 3 and the electrically conductive structure 2, which exceeded a layer thickness  $t$  of 50  $\mu\text{m}$ , an average outflow width  $b = 2 \text{ mm}$  to 3 mm was obtained. The large difference in the coefficients of thermal expansion between connection element 3 and substrate 1 as well as the large outflow width resulted in critical mechanical stresses in the pane.

With a sudden temperature difference from +80 °C to -30 °C, it was observed that the glass substrates 1 had major damage shortly after soldering.

Table 6

Components	Material	Comparative Example
Connection element 3		
	Copper	100
	CTE (coefficient of thermal expansion) ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ )	16
	Difference between CTE of the connection element and the substrate ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ )	7.7
	Thickness of the connection element (m)	$8.0 \times 10^{-4}$
	Angle $\alpha$ ( $^{\circ}$ )	40
Wetting layer 5		
	Silver (wt.-%)	100
	Thickness of the layer (m)	$7.0 \times 10^{-6}$
Solder material 4		
	Tin (wt.-%)	40
	Bismuth (wt.-%)	57
	Silver (wt.-%)	3
	Thickness of the solder layer in (m)	$250 \times 10^{-6}$
	The thickness of the wetting layer and the solder layer (m)	$257 \times 10^{-6}$
Glass substrate 1		
(Soda lime glass)		
	CTE ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 320^{\circ}\text{C}$ )	8.3

The differences in the above Tables 1 to 6, the advantages of the connection element 3 according to the invention, and the observations are found in Tables 7 and 8.

Table 7

	Embodiment According to the Invention, Example		
	Table 1	Table 2	Table 3
Material	Steel of material no. 1.4509 in accordance with EN 10 088-2	Iron (54 wt.-%) Nickel (29 wt.-%) Cobalt (17 wt.-%)	Iron (65 wt.-%) Nickel (35 wt.-%)
CTE (coefficient of thermal expansion) of the connection element ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ )	10	5.1	1.7
Difference between CTE of the connection element and the substrate ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ )	1.7	3.2	6.6
Angle $\alpha$ ( $^{\circ}$ )	40	40	40
Outflow width b (mm)	0.4	0.4	0.4
Observation	Stable against sudden temperature drop	Stable against sudden temperature drop	Stable against sudden temperature drop

Table 8

	Comparative example 1	Comparative example 2	Comparative example 3
	Table 4	Table 5	Table 6
Material	Steel of material no. 1.4509 in accordance with EN 10 088-2	Titanium (100 wt.-%)	Copper (100 wt.-%)
CTE (coefficient of thermal expansion) of the connection element ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ )	10	8.8	16
Difference between CTE of the connection element and the substrate ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for $0^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ )	1.7	0.5	7.7
Angle $\alpha$ ( $^{\circ}$ )	90	40	40
Outflow width b (mm)	0.5	2-3	2-3
Observation	Stable against sudden temperature drop	Substrate with major damage	Substrate with major damage

It was demonstrated that panes according to the invention with glass substrates 1 and electrical connection elements 3 according to the invention had a low outflow width and better stability against sudden temperature differences.

This result was unexpected and surprising for the person skilled in the art.

1. A pane with at least one electrical connection element, comprising:
  - a substrate (1),
  - an electrically conductive structure (2) on a region of the substrate (1),
  - a layer of a solder material (4) on a region of the electrically conductive structure (2),  
and
  - a connection element (3) on the solder material (4), wherein
  - the connection element (3) contains a first and a second foot region (7,7'), a first and a second transition region (9,11), and a bridge region (10) between the first and second transition region (9,11),
  - a first and a second contact surface (8,8') are located on the bottom of the first and second foot regions (7,7'),
  - the first and second contact surface (8,8') and the surfaces (9',11') of the first and second transition regions (9,11) facing the substrate (1) are connected to the electrically conductive structure (2) by the solder material (4), and
  - the angle between the surface of the substrate (1) and each of the tangent planes (12) of the surfaces (9',11') of the transition regions (9,11) facing the substrate (1) is  $< 90^\circ$ .
  
2. Pane according to claim 1, wherein the substrate (1) contains glass, preferably flat glass, float glass, quartz glass, borosilicate glass, soda lime glass, or polymers, preferably polyethylene, polypropylene, polycarbonate, polymethyl methacrylate, and / or mixtures thereof.
  
3. Pane according to claim 1 or 2, wherein the angle between the surface of the substrate (1) and each of the tangent planes (12) of the surfaces (9',11') of the transition regions (9,11) facing the substrate (1) is between  $2^\circ$  and  $75^\circ$ , preferably between  $5^\circ$  and  $50^\circ$ .
  
4. Pane according to one of claims 1 through 3, wherein the first transition region (9), the second transition region (11), and the bridge region (10) are shaped flat in sections.

5. Pane according to one of claims 1 through 3, wherein the first transition region (9), the second transition region (11), and / or the bridge region (10) are curved and have, preferably, the same direction of curvature.
6. Pane according to one of claims 1 through 3, wherein the first transition regions (9) and the second transition region (11) are shaped flat and the bridge region (10) is shaped angled.
7. Pane according to one of claims 1 through 6, wherein spacers (19) are arranged on the contact surfaces (8,8').
8. Pane according to one of claims 1 through 7, wherein the connection element (3) contains at least an iron-nickel alloy, an iron-nickel-cobalt alloy, or an iron-chromium alloy.
9. Pane according to claim 8, wherein the connection element (3) contains at least 50 wt.-% to 75 wt.-% iron, 25 wt.-% to 50 wt.-% nickel, 0 wt.-% to 20 wt.-% cobalt, 0 wt.-% to 1.5 wt.-% magnesium, 0 wt.-% to 1 wt.-% silicon, 0 wt.-% to 1 wt.-% carbon, or 0 wt.-% to 1 wt.-% manganese.
10. Pane according to claim 8, wherein the connection element (3) contains at least 50 wt.-% to 89.5 wt.-% iron, 10.5 wt.-% to 20 wt.-% chromium, 0 wt.-% to 1 wt.-% carbon, 0 wt.-% to 5 wt.-% nickel, 0 wt.-% to 2 wt.-% manganese, 0 wt.-% to 2.5 wt.-% molybdenum, or 0 wt.-% to 1 wt.-% titanium.
11. Pane according to one of claims 1 through 10, wherein the solder material (4) contains tin and bismuth, indium, zinc, copper, silver, or compositions thereof.
12. Pane according to claim 11, wherein the proportion of tin in the solder composition (4) is 3 wt.-% to 99.5 wt.-% and the proportion of bismuth, indium, zinc, copper, silver, or compositions thereof is 0.5 wt.-% to 97 wt.-%.
13. Pane according to one of claims 1 through 12, wherein the connection element (3) is coated with nickel, tin, copper, and / or silver, preferably with 0.1  $\mu\text{m}$  to 0.3  $\mu\text{m}$  nickel and / or 3  $\mu\text{m}$  to 20  $\mu\text{m}$  silver.

14. Method for production of a pane with at least one electrical connection element (3), wherein
  - a) solder material (4) is arranged and applied on the contact surfaces (8,8') of the connection element (3) as a platelet with a fixed layer thickness, volume, and shape,
  - b) an electrically conductive structure (2) is applied to a region of a substrate (1),
  - c) the connection element (3) with the solder material (4) is arranged on the electrically conductive structure (2), and
  - d) the connection element (3) is soldered to the electrically conductive structure (2).
  
15. Use of a pane with at least one electrical connection element according to one of claims 1 through 13, for vehicles with electrically conductive structures, preferably with heating conductors and/or antenna conductors.

## List of Reference Characters

- (1) Pane
  - (2) Electrically conductive structure
  - (3) Electrical connection element
  - (4) Solder material
  - (5) Wetting layer
  - (6) Compensation member
  - (7) Foot region of the electrical connection element 3
  - (7') Foot region of the electrical connection element 3
  - (8) Contact surface of the connection element 3
  - (8') Contact surface of the connection element 3
  - (9) Transition region of the electrical connection element 3
  - (9') Surface of the transition region 9 facing the substrate 1
  - (10) Bridge region of the electrical connection element 3
  - (11) Transition region of the electrical connection element 3
  - (11') Surface of the transition region 11 facing the substrate 1
  - (12) Tangent plane of the surface 9'
  - (16) Connection of contact surface 8 and surface 9' of the transition region 9
  - (16') Connection of contact surface 8' and surface 11' of the transition region 11
  - (17) Subregion of the bridge region 10
  - (17') Subregion of the bridge region 10
  - (18) Subregion of the bridge region 10
  - (18') Subregion of the bridge region 10
  - (19) Spacer
  - (20) Plug connector
  - (21) Indentation
  - (22) Contact bump
- 
- $\alpha_1$  Angle between surface of the substrate 1 and surface 9'
  - $\alpha_2$  Angle between surface of the substrate 1 and surface 11'
  - $\beta_1$  Angle between surface of the substrate 1 and surface 9'
  - $\beta_2$  Angle between surface of the substrate 1 and surface 11'
  - $\gamma$  Angle between the flat segments of an angled bridge element 10

- b Maximum outflow width of the solder material
- t Limiting thickness of the solder material
- h Height of the spacer 19
- l Width of the spacer 19

- A-A' Section line
- B-B' Section line
- C-C' Section line

## Claims

1. A pane with at least one electrical connection element, comprising:  
a substrate (1),  
an electrically conductive structure (2) on a region of the substrate (1),  
a layer of a solder material (4) on a region of the electrically conductive structure (2), and  
a connection element (3) on the solder material (4), wherein  
the connection element (3) contains a first and a second foot region (7, 7'), a first and a second transition region (9, 11), and a bridge region (10) between the first and second transition region (9, 11), wherein the first and second foot region (7, 7'), the first and second transition region (9, 11) and the bridge region (10) have a same width,  
a first and a second contact surface (8, 8') are located on the bottom of the first and second foot regions (7, 7'),  
the first and second contact surface (8, 8') and the surfaces (9', 11') of the first and second transition regions (9, 11) facing the substrate (1) are connected to the electrically conductive structure (2) by the solder material (4),  
the angle ( $\alpha_1, \alpha_2$ ) between the surface of the substrate (1) and each of the tangent planes (12) of the surfaces (9', 11') of the first and second transition regions (9, 11) facing the substrate (1) is  $\geq 2^\circ$  and  $< 90^\circ$ , and  
the cavity that is delimited by the electrically conductive structure (2), the first and second transition regions (9, 11), and the bridge region (10) is completely or partially filled with solder material.
2. Pane according to claim 1, wherein the substrate (1) contains glass, polymers, and/or mixtures thereof.
3. Pane according to claim 2, wherein the substrate (1) contains flat glass, float glass, quartz glass, borosilicate glass or soda lime glass.
4. Pane according to claim 2, wherein the substrate (1) contains polyethylene, polypropylene, polycarbonate or polymethyl methacrylate.
5. Pane according to one of claims 1 through 4, wherein the angle ( $\alpha_1, \alpha_2$ ) between the surface of the substrate (1) and each of the tangent planes (12) of the surfaces (9', 11') of the transition regions (9, 11) facing the substrate (1) is between  $2^\circ$  and  $75^\circ$ .

6. Pane according to claim 5, wherein the angle ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ) between the surface of the substrate (1) and each of the tangent planes (12) of the surfaces (9', 11') of the transition regions (9, 11) facing the substrate (1) is between 5° and 50°.
7. Pane according to one of claims 1 through 6, wherein the first transition region (9), the second transition region (11), and the bridge region (10) are shaped flat in sections.
8. Pane according to one of claims 1 through 6, wherein the first transition region (9), the second transition region (11), and / or the bridge region (10) are curved.
9. Pane according to claim 8, wherein the first transition region (9), the second transition region (11), and / or the bridge region (10) have the same direction of curvature.
10. Pane according to one of claims 1 through 6, wherein the first transition regions (9) and the second transition region (11) are shaped flat and the bridge region (10) is shaped angled.
11. Pane according to one of claims 1 through 10, wherein spacers (19) are arranged on the first and second contact surfaces (8, 8').
12. Pane according to one of claims 1 through 11, wherein the connection element (3) contains at least an iron-nickel alloy, an iron-nickel-cobalt alloy, or an iron-chromium alloy.
13. Pane according to claim 12, wherein the connection element (3) contains at least 50 wt.-% to 75 wt.-% iron, 25 wt.-% to 50 wt.-% nickel, 0 wt.-% to 20 wt.-% cobalt, 0 wt.-% to 1.5 wt.-% magnesium, 0 wt.-% to 1 wt.-% silicon, 0 wt.-% to 1 wt.-% carbon, or 0 wt.-% to 1 wt.-% manganese.
14. Pane according to claim 1, wherein the connection element (3) contains at least 50 wt.-% to 89.5 wt.-% iron, 10.5 wt.-% to 20 wt.-% chromium, 0 wt.-% to 1 wt.-% carbon, 0 wt.-% to 5 wt.-% nickel, 0 wt.-% to 2 wt.-% manganese, 0 wt.-% to 2.5 wt.-% molybdenum, or 0 wt.-% to 1 wt.-% titanium.
15. Pane according to one of claims 1 through 14, wherein the solder material (4) contains tin and bismuth, indium, zinc, copper, silver, or compositions thereof.

16. Pane according to claim 15, wherein the proportion of tin in the solder composition (4) is 3 wt.-% to 99.5 wt.-% and the proportion of bismuth, indium, zinc, copper, silver, or compositions thereof is 0.5 wt.-% to 97 wt.-%.

17. Pane according to one of claims 1 through 16, wherein the connection element (3) is coated with nickel, tin, copper, and / or silver.

18. Pane according to claim 17, wherein the connection element (3) is coated with 0.1  $\mu\text{m}$  to 0.3  $\mu\text{m}$  nickel and/or 3  $\mu\text{m}$  to 20  $\mu\text{m}$  silver.

19. Method for production of a pane with at least one electrical connection element (3) according to one of claims 1 through 18, comprising:

- a) arranging and applying solder material (4) on the contact surfaces (8, 8') of the connection element (3) as a platelet with a fixed layer thickness, volume, and shape,
- b) applying an electrically conductive structure (2) to a region of a substrate (1),
- c) arranging the connection element (3) with the solder material (4) on the electrically conductive structure (2), and
- d) soldering the connection element (3) to the electrically conductive structure (2), wherein the contact surfaces (8, 8'), a surfaces (9', 11') of first and second transition regions (9, 11) of the connection element (3) facing the substrate (1) are connected to the electrically conductive structure (2) by the solder material (4),  
the angle ( $\alpha_1, \alpha_2$ ) between the surface of the substrate (1) and each of the tangent planes (12) of the surfaces (9', 11') of the first and second transition regions (9, 11) facing the substrate (1) is  $\geq 2^\circ$  and  $< 90^\circ$ , and  
the cavity that is delimited by the electrically conductive structure (2), the first and second transition regions (9, 11), and a bridge region (10) between the first and second transition region (9, 11) is completely or partially filled with solder material.

20. Use of a pane with at least one electrical connection element according to one of claims 1 through 18, for vehicles with electrically conductive structures.

21. Use of a pane with at least one electrical connection element according to one of claims 1 through 18, for vehicles with heating conductors and/or antenna conductors.

## Abstract

The present invention relates to a pane with at least one electrical connection element, comprising:

- a substrate (1),
- an electrically conductive structure (2) on a region of the substrate (1),
- a layer of a solder material (4) on a region of the electrically conductive structure (2), and
- a connection element (3) on the solder material (4), wherein
- the connection element (3) contains a first and a second foot region (7,7'), a first and a second transition region (9,11), and a bridge region (10) between the first and second transition region (9,11),
- a first and a second contact surface (8,8') are located on the bottom of the first and second foot regions (7,7'),
- the first and second contact surface (8,8') and the surfaces (9',11') of the first and second transition regions (9,11) facing the substrate (1) are connected to the electrically conductive structure (2) by the solder material (4), and
- the angle between the surface of the substrate (1) and each of the tangent planes (12) of the surfaces (9',11') of the transition regions (9,11) facing the substrate (1) is  $< 90^\circ$ .

Fig. 1

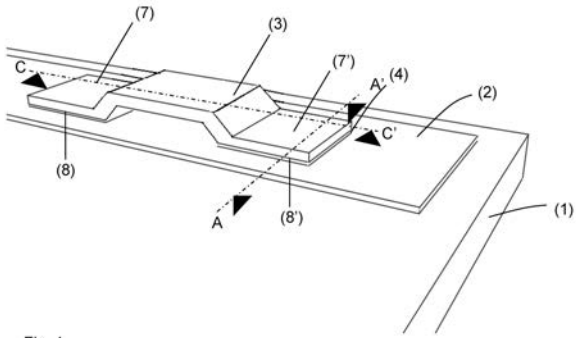


Fig. 1

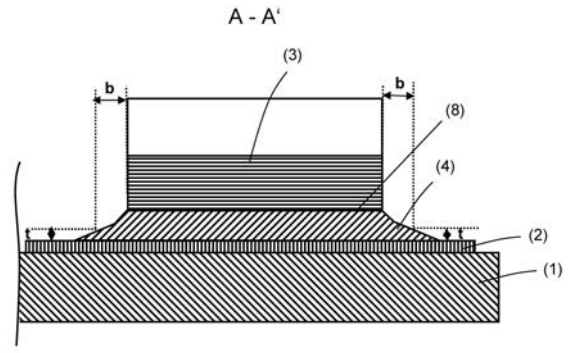


Fig. 2

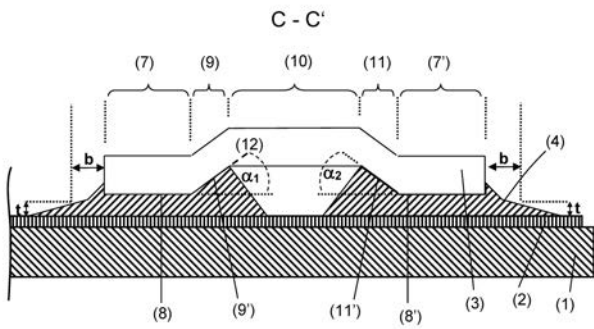


Fig. 1a

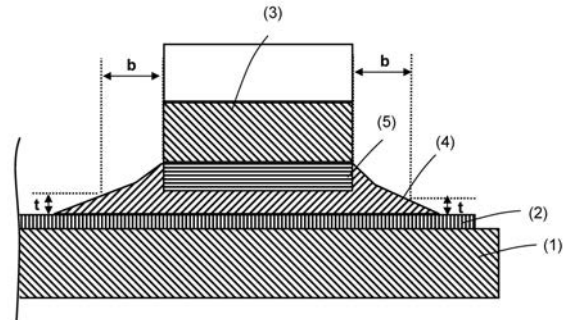


Fig. 3

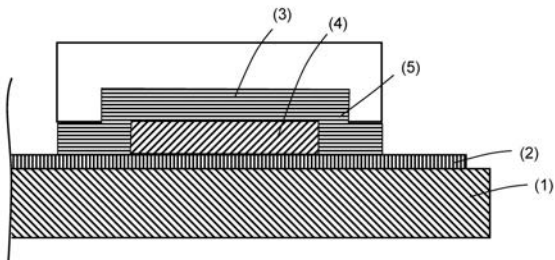


Fig. 4

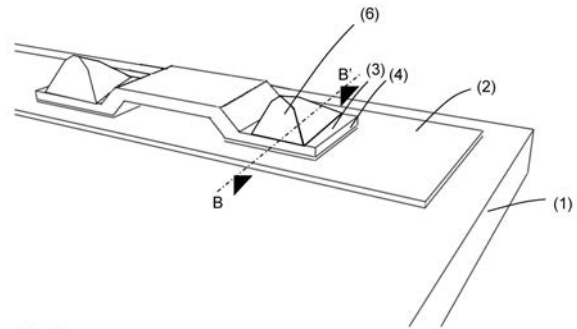


Fig. 6

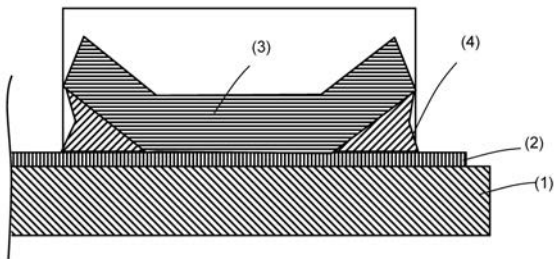


Fig. 5

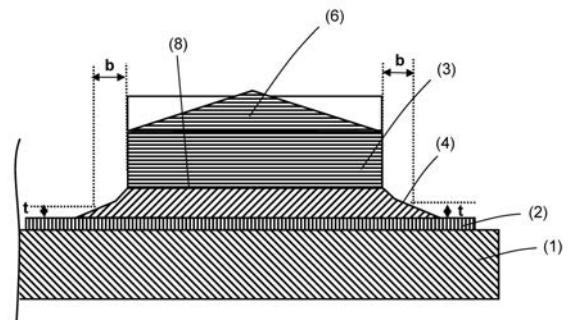


Fig. 7

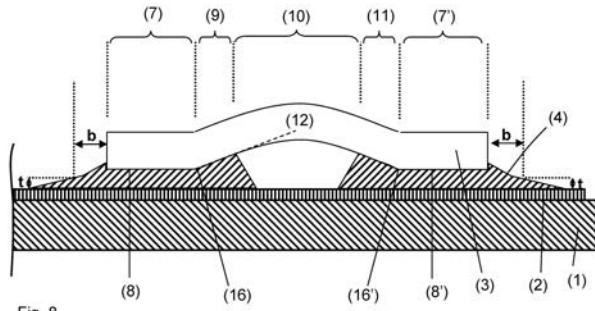


Fig. 8

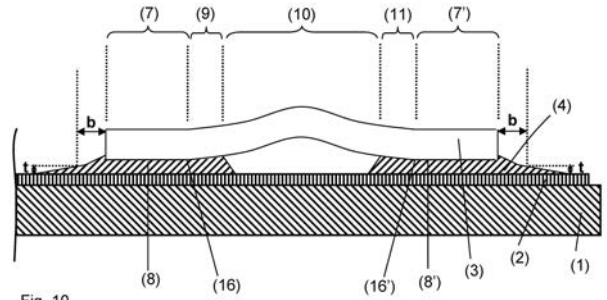


Fig. 10

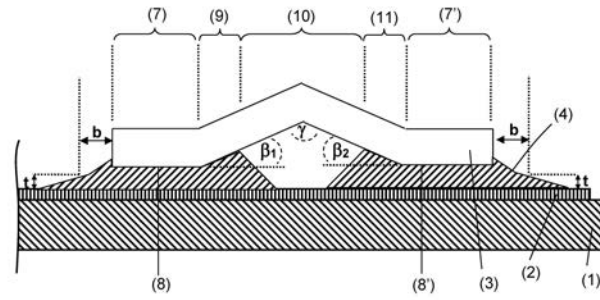


Fig. 9

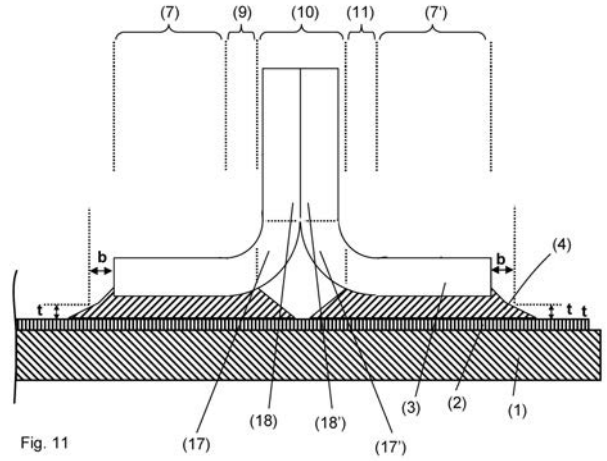


Fig. 11

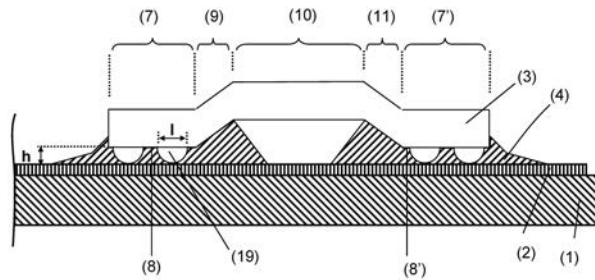


Fig. 12

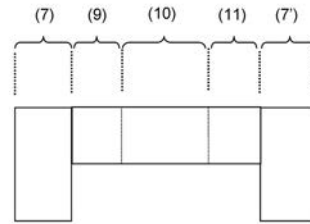


Fig. 13

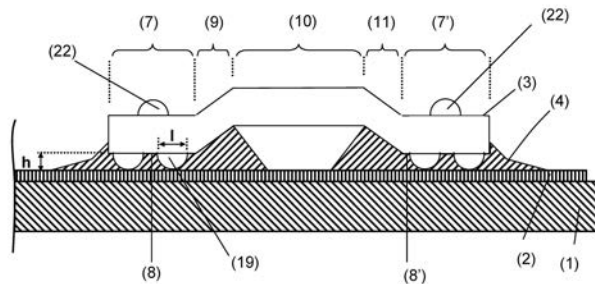


Fig. 12a

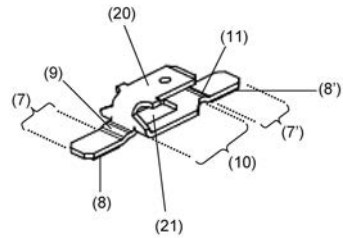


Fig. 14

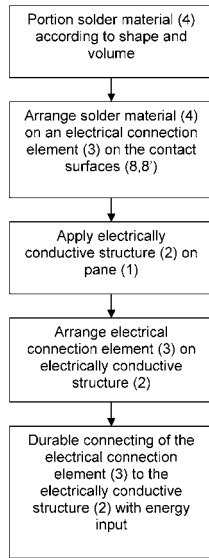


Fig. 15