

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2014-509944  
(P2014-509944A)

(43) 公表日 平成26年4月24日(2014.4.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>B23K 35/26 (2006.01)</b>	B23K 35/26 310D	5E319
<b>C22C 28/00 (2006.01)</b>	C22C 28/00 B	
<b>H05K 3/34 (2006.01)</b>	H05K 3/34 512C	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2013-552598 (P2013-552598)	(71) 出願人	508041611 アンタヤ・テクノロジーズ・コープ アメリカ合衆国, ロードアイランド州 O 2910, クランストン, フェナー スト リート 72
(86) (22) 出願日	平成24年2月1日 (2012.2.1)	(74) 代理人	100087941 弁理士 杉本 修司
(85) 翻訳文提出日	平成25年9月26日 (2013.9.26)	(74) 代理人	100086793 弁理士 野田 雅士
(86) 国際出願番号	PCT/US2012/023492	(74) 代理人	100112829 弁理士 堤 健郎
(87) 国際公開番号	W02012/106434	(74) 代理人	100142608 弁理士 小林 由佳
(87) 国際公開日	平成24年8月9日 (2012.8.9)		
(31) 優先権主張番号	61/540, 213		
(32) 優先日	平成23年9月28日 (2011.9.28)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	61/439, 538		
(32) 優先日	平成23年2月4日 (2011.2.4)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無鉛はんだ組成物

(57) 【要約】

【課題】 ガラス上での使用に適し、高温環境での使用に耐える無鉛はんだ組成物及び、この組成物を利用した電気接続構造を提供する。

【解決手段】 はんだ組成物は、約4重量%～約25重量%のスズと、約0.1重量%～約8重量%のアンチモンと、約0.03重量%～約4重量%の銅と、約0.03重量%～約4重量%のニッケルと、約66重量%～約90重量%のインジウムと、約0.5重量%～約9重量%の銀とを含む。この組成物は、さらに、約0.2重量%～約6重量%の亜鉛と、独立して、約0.01重量%～約0.3重量%のゲルマニウムを含んでいてもよい。この組成物を使用し、ガラス素子上の電気コンタクト表面層に電気コネクタをはんだ付けすることができる。

【選択図】 なし

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

約 4 重量% ~ 約 25 重量% のスズと；  
約 0.1 重量% ~ 約 8 重量% のアンチモンと；  
約 0.03 重量% ~ 約 4 重量% の銅と；  
約 0.03 重量% ~ 約 4 重量% のニッケルと；  
約 66 重量% ~ 約 90 重量% のインジウムと；  
約 0.5 重量% ~ 約 9 重量% の銀とを含む元素混合物を含むはんだ組成物。

**【請求項 2】**

請求項 1 記載のはんだ組成物であって、約 0.2 重量% ~ 約 8 重量% のアンチモンを含む、はんだ組成物。 10

**【請求項 3】**

請求項 1 記載のはんだ組成物であって、約 1 重量% ~ 約 7 重量% の銀を含む、はんだ組成物。

**【請求項 4】**

請求項 3 記載のはんだ組成物であって、約 3 重量% ~ 約 7 重量% の銀を含む、はんだ組成物。

**【請求項 5】**

請求項 3 記載のはんだ組成物であって、約 1 重量% ~ 約 4 重量% の銀を含む、はんだ組成物。 20

**【請求項 6】**

請求項 1 記載のはんだ組成物であって、約 0.2 重量% ~ 約 6 重量% の亜鉛をさらに含む、はんだ組成物。

**【請求項 7】**

請求項 6 記載のはんだ組成物であって、約 0.3 重量% ~ 約 6 重量% の亜鉛を含む、はんだ組成物。

**【請求項 8】**

請求項 7 記載のはんだ組成物であって、約 3 重量% ~ 約 5 重量% の亜鉛を含む、はんだ組成物。

**【請求項 9】**

請求項 1 記載のはんだ組成物であって、約 0.01 重量% ~ 約 0.3 重量% のゲルマニウムをさらに含む、はんだ組成物。 30

**【請求項 10】**

請求項 9 記載のはんだ組成物であって、約 70 重量% ~ 約 86 重量% のインジウムを含む、はんだ組成物。

**【請求項 11】**

請求項 1 記載のはんだ組成物であって、固相線温度が約 120 ~ 約 145 の範囲にある、はんだ組成物。

**【請求項 12】**

請求項 1 記載のはんだ組成物であって、液相線温度が 130 ~ 約 155 の範囲にある、はんだ組成物。 40

**【請求項 13】**

請求項 1 記載のはんだ組成物であって、前記元素混合物が、  
約 7 重量% ~ 約 19 重量% のスズと；  
約 0.2 重量% ~ 約 8 重量% のアンチモンと；  
約 0.1 重量% ~ 約 1.5 重量% の銅と；  
約 0.1 重量% ~ 約 4 重量% のニッケルと；  
約 70 重量% ~ 約 80 重量% のインジウムと；  
約 4 重量% ~ 約 8 重量% の銀とを含む、はんだ組成物。

**【請求項 14】**

請求項 1 3 記載のはんだ組成物であって、約 7 4 重量% ~ 約 7 8 重量%のインジウムを含む、はんだ組成物。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 記載のはんだ組成物であって、約 5 重量% ~ 約 1 0 重量%のスズを含む、はんだ組成物。

【請求項 1 6】

請求項 1 4 記載のはんだ組成物であって、約 1 2 重量% ~ 約 1 9 重量%のスズを含む、はんだ組成物。

【請求項 1 7】

請求項 1 6 記載のはんだ組成物であって、約 1 2 重量% ~ 約 1 6 重量%のスズを含む、はんだ組成物。

10

【請求項 1 8】

請求項 1 3 記載のはんだ組成物であって、約 7 4 重量% ~ 約 8 0 重量%のインジウムを含む、はんだ組成物。

【請求項 1 9】

請求項 1 3 記載のはんだ組成物であって、約 0 . 1 重量% ~ 約 3 重量%のニッケルを含む、はんだ組成物。

【請求項 2 0】

請求項 1 3 記載のはんだ組成物であって、約 0 . 2 重量% ~ 約 5 重量%のアンチモンを含む、はんだ組成物。

20

【請求項 2 1】

請求項 1 記載のはんだ組成物であって、前記元素混合物が、  
約 4 重量% ~ 約 2 0 重量%のスズと；  
約 0 . 1 重量% ~ 約 8 重量%のアンチモンと；  
約 0 . 1 重量% ~ 約 4 重量%の銅と；  
約 0 . 1 重量% ~ 約 3 重量%のニッケルと；  
約 7 1 重量% ~ 約 8 6 重量%のインジウムと；  
約 1 重量% ~ 約 6 重量%の銀とを含む、はんだ組成物。

【請求項 2 2】

請求項 2 1 記載のはんだ組成物であって、約 1 0 重量% ~ 約 1 9 重量%のスズを含む、はんだ組成物。

30

【請求項 2 3】

請求項 2 1 記載のはんだ組成物であって、約 7 4 重量% ~ 約 8 0 重量%のインジウムを含む、はんだ組成物。

【請求項 2 4】

請求項 2 3 記載のはんだ組成物であって、約 1 重量% ~ 約 7 重量%の銀を含む、はんだ組成物。

【請求項 2 5】

請求項 2 4 記載のはんだ組成物であって、約 3 . 5 重量%の銅を含む、はんだ組成物。

【請求項 2 6】

請求項 2 1 記載のはんだ組成物であって、約 0 . 1 重量% ~ 約 1 重量%のニッケルを含む、はんだ組成物。

40

【請求項 2 7】

請求項 2 1 記載のはんだ組成物であって、約 1 重量% ~ 約 3 重量%のニッケルを含む、はんだ組成物。

【請求項 2 8】

請求項 2 1 記載のはんだ組成物であって、約 0 . 2 重量% ~ 約 2 重量%のアンチモンを含む、はんだ組成物。

【請求項 2 9】

請求項 2 1 記載のはんだ組成物であって、約 2 重量% ~ 約 6 重量%のアンチモンを含む

50

、はんだ組成物。

【請求項 30】

ガラス素子と；

前記ガラス素子上の銀を含む電気コンタクト表面層と；

約 4 重量%～約 25 重量%のスズ、約 0.1 重量%～約 8 重量%のアンチモン、約 0.03 重量%～約 4 重量%の銅、約 0.03 重量%～約 4 重量%のニッケル、約 66 重量%～約 90 重量%のインジウム、約 0.5 重量%～約 9 重量%の銀を含む元素混合物を含むはんだ組成物層と；

前記はんだ組成物層によって、前記ガラス素子上の前記電気コンタクト表面層にはんだ付けされる電気コネクタとを有する、電気接続構造。

10

【請求項 31】

請求項 30 記載の電気接続構造であって、前記元素混合物が、約 0.3 重量%～約 6 重量%の亜鉛をさらに含む、電気接続構造。

【請求項 32】

請求項 30 記載の電気接続構造であって、前記元素混合物が、約 0.01 重量%～約 0.3 重量%のゲルマニウムをさらに含む、電気接続構造。

【請求項 33】

ガラス素子と；

前記ガラス素子上の銀を含む電気コンタクト表面層と；

実質的に、約 4 重量%～約 25 重量%のスズ、約 0.1 重量%～約 8 重量%のアンチモン、約 0.03 重量%～約 4 重量%の銅、約 0.03 重量%～約 4 重量%のニッケル、約 66 重量%～約 90 重量%のインジウム、約 0.5 重量%～約 9 重量%の銀からなる元素混合物を含むはんだ組成物の層を用い、前記ガラス素子上の前記電気コンタクト表面層にはんだ付けされる電気コネクタとを有する、電気接続構造。

20

【請求項 34】

請求項 33 記載の電気接続構造であって、前記元素混合物が、実質的に、さらに、約 0.3 重量%～約 6 重量%の亜鉛を含む元素混合物からなる、電気接続構造。

【請求項 35】

請求項 33 記載の電気接続構造であって、前記元素混合物が、実質的に、さらに約 0.01 重量%～約 0.3 重量%のゲルマニウムを含む元素混合物からなる、電気接続構造。

30

【請求項 36】

インジウム、ニッケル、銅、銀、アンチモン、スズを共に混合し、

約 4 重量%～約 25 重量%のスズと；

約 0.1 重量%～約 8 重量%のアンチモンと；

約 0.03 重量%～約 4 重量%の銅と；

約 0.03 重量%～約 4 重量%のニッケルと；

約 66 重量%～約 90 重量%のインジウムと；

約 0.5 重量%～約 9 重量%の銀を含む合金を作製する工程を含む、はんだ組成物の作製方法。

40

【請求項 37】

請求項 36 記載の方法であって、インジウムとスズを第 1 の熔融混合物中で共に混合し、少なくともニッケル、銅、銀を第 2 の混合物の融液中で共に混合し、これを第 1 の熔融混合物に加える、方法。

【請求項 38】

請求項 36 記載の方法であって、スズとニッケルを熔融混合物中で共に混合し、次いで、少なくとも銅、インジウム、銀をこの熔融混合物に加える、方法。

【請求項 39】

請求項 38 記載の方法であって、熔融混合物に他のすべての金属が加えられた後に亜鉛を加えることをさらに含む、方法。

【請求項 40】

50

請求項 3 6 記載の方法であって、組成物が、約 0.2 重量% ~ 約 8 重量%のアンチモンを含む、方法。

【請求項 4 1】

請求項 3 6 記載の方法であって、組成物が、約 1 重量% ~ 約 7 重量%の銀を含む、方法。

【請求項 4 2】

請求項 4 1 記載の方法であって、組成物が、約 3 重量% ~ 約 7 重量%の銀を含む、方法。

【請求項 4 3】

請求項 4 1 記載の方法であって、組成物が、約 1 重量% ~ 約 4 重量%の銀を含む、方法。

10

【請求項 4 4】

請求項 3 6 記載の方法であって、約 0.2 重量% ~ 約 6 重量%の亜鉛を混合する工程をさらに含む、方法。

【請求項 4 5】

請求項 4 4 記載の方法であって、組成物が、約 0.3 重量% ~ 約 6 重量%の亜鉛を含む、方法。

【請求項 4 6】

請求項 4 5 記載の方法であって、組成物が、約 3 重量% ~ 約 5 重量%の亜鉛を含む、方法。

20

【請求項 4 7】

請求項 3 6 記載の方法であって、約 0.01 重量% ~ 約 0.3 重量%のゲルマニウムを混合する工程をさらに含む、方法。

【請求項 4 8】

請求項 4 7 記載の方法であって、組成物が、約 70 重量% ~ 約 86 重量%のインジウムを含む、方法。

【請求項 4 9】

請求項 3 6 記載の方法であって、はんだ組成物の固相線温度が約 120 ~ 約 145 の範囲にある、方法。

【請求項 5 0】

請求項 3 6 記載の方法であって、はんだ組成物の液相線温度が 130 ~ 約 155 の範囲にある、方法。

30

【請求項 5 1】

請求項 3 6 記載の方法であって、スズを約 7 重量% ~ 約 19 重量%の比率で混合し、アンチモンを約 0.2 重量% ~ 約 8 重量%の比率で混合し、銅を約 0.1 重量% ~ 約 1.5 重量%の比率で混合し、ニッケルを約 0.1 重量% ~ 約 4 重量%の比率で混合し、インジウムを約 70 重量% ~ 約 80 重量%の比率で混合し、銀を約 4 重量% ~ 約 8 重量%の比率で混合する、方法。

【請求項 5 2】

請求項 5 1 記載の方法であって、組成物が、約 74 重量% ~ 約 78 重量%のインジウムを含む、方法。

40

【請求項 5 3】

請求項 5 2 記載の方法であって、組成物が、約 5 重量% ~ 約 10 重量%のスズを含む、方法。

【請求項 5 4】

請求項 5 2 記載の方法であって、組成物が、約 12 重量% ~ 約 19 重量%のスズを含む、方法。

【請求項 5 5】

請求項 5 4 記載の方法であって、組成物が、約 12 重量% ~ 約 16 重量%のスズを含む、方法。

50

- 【請求項 5 6】  
請求項 5 1 記載の方法であって、組成物が、約 7 4 重量% ~ 約 8 0 重量%のインジウムを含む、方法。
- 【請求項 5 7】  
請求項 5 1 記載の方法であって、組成物が、約 0 . 1 重量% ~ 約 3 重量%のニッケルを含む、方法。
- 【請求項 5 8】  
請求項 5 1 記載の方法であって、組成物が、約 0 . 2 重量% ~ 約 5 重量%のアンチモンを含む、方法。
- 【請求項 5 9】 10  
請求項 3 6 記載の方法であって、前記合金が、  
約 4 重量% ~ 約 2 0 重量%のスズと；  
約 0 . 1 重量% ~ 約 8 重量%のアンチモンと；  
約 0 . 1 重量% ~ 約 4 重量%の銅と；  
約 0 . 1 重量% ~ 約 3 重量%のニッケルと；  
約 7 1 重量% ~ 約 8 6 重量%のインジウムと；  
約 1 重量% ~ 約 6 重量%の銀とを含む、方法。
- 【請求項 6 0】 20  
請求項 5 9 記載の方法であって、組成物が、約 1 0 重量% ~ 約 1 9 重量%のスズを含む、方法。
- 【請求項 6 1】  
請求項 5 9 記載の方法であって、組成物が、約 7 4 重量% ~ 約 8 0 重量%のインジウムを含む、方法。
- 【請求項 6 2】  
請求項 6 1 記載の方法であって、組成物が、約 1 重量% ~ 約 7 重量%の銀を含む、方法。
- 【請求項 6 3】  
請求項 6 2 記載の方法であって、組成物が、約 3 . 5 重量%の銅を含む、方法。
- 【請求項 6 4】 30  
請求項 5 9 記載の方法であって、組成物が、約 0 . 1 重量% ~ 約 1 重量%のニッケルを含む、方法。
- 【請求項 6 5】  
請求項 5 9 記載の方法であって、組成物が、約 1 重量% ~ 約 2 重量%のニッケルを含む、方法。
- 【請求項 6 6】  
請求項 5 9 記載の方法であって、組成物が、約 0 . 2 重量% ~ 約 2 重量%のアンチモンを含む、方法。
- 【請求項 6 7】 40  
請求項 5 9 記載の方法であって、組成物が、約 2 重量% ~ 約 6 重量%のアンチモンを含む、方法。
- 【請求項 6 8】  
約 1 1 重量% ~ 約 1 7 重量%のスズと；  
約 0 . 5 重量% ~ 約 3 重量%のアンチモンと；  
約 0 . 5 重量% ~ 約 1 . 5 重量%の銅と；  
約 0 . 5 重量% ~ 約 5 重量%のニッケルと；  
約 7 2 重量% ~ 約 7 7 重量%のインジウムと；  
約 4 重量% ~ 約 8 . 5 重量%の銀と；  
約 0 . 3 重量% ~ 約 1 . 5 重量%の亜鉛とを含む元素混合物を含むはんだ組成物。
- 【請求項 6 9】 50  
請求項 6 8 記載のはんだ組成物であって、前記元素混合物が、

約 1.3 重量% ~ 約 1.5 重量% のスズと；  
 約 0.5 重量% ~ 約 2.5 重量% のアンチモンと；  
 約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量% の銅と；  
 約 1 重量% ~ 約 4 重量% のニッケルと；  
 約 7.4 重量% ~ 約 7.5 重量% のインジウムと；  
 約 5 重量% ~ 約 8.5 重量% の銀と；  
 約 0.3 重量% ~ 約 1.5 重量% の亜鉛とを含む、はんだ組成物。

【請求項 70】

請求項 69 記載のはんだ組成物であって、前記元素混合物が、  
 約 1.5 重量% のスズと；  
 約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量% のアンチモンと；  
 約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量% の銅と；  
 約 1 重量% のニッケルと；  
 約 7.5 重量% のインジウムと；  
 約 6 重量% の銀と；  
 約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量% の亜鉛とを含む、はんだ組成物。

10

【請求項 71】

請求項 70 記載のはんだ組成物であって、前記元素混合物が、  
 約 1.5 重量% のスズと；  
 約 1 重量% のアンチモンと；  
 約 1 重量% の銅と；  
 約 1 重量% のニッケルと；  
 約 7.5 重量% のインジウムと；  
 約 6 重量% の銀と；  
 約 1 重量% の亜鉛とを含む、はんだ組成物。

20

【請求項 72】

請求項 69 記載のはんだ組成物であって、前記元素混合物が、  
 約 1.4 重量% のスズと；  
 約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量% のアンチモンと；  
 約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量% の銅と；  
 約 3 重量% のニッケルと；  
 約 7.5 重量% のインジウムと；  
 約 5 重量% の銀と；  
 約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量% の亜鉛とを含む、はんだ組成物。

30

【請求項 73】

請求項 72 記載のはんだ組成物であって、前記元素混合物が、  
 約 1.4 重量% のスズと；  
 約 1 重量% のアンチモンと；  
 約 1 重量% の銅と；  
 約 3 重量% のニッケルと；  
 約 7.5 重量% のインジウムと；  
 約 5 重量% の銀と；  
 約 1 重量% の亜鉛とを含む、はんだ組成物。

40

【請求項 74】

請求項 69 記載のはんだ組成物であって、前記元素混合物が、  
 約 1.3 重量% のスズと；  
 約 1.5 重量% ~ 約 2.5 重量% のアンチモンと；  
 約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量% の銅と；  
 約 4 重量% のニッケルと；  
 約 7.4 重量% のインジウムと；

50

約 5 重量 % の銀と ;  
約 0.5 重量 % ~ 約 1.5 重量 % の亜鉛とを含む、はんだ組成物。

【請求項 75】

請求項 74 記載のはんだ組成物であって、前記元素混合物が、  
約 1.3 重量 % のスズと ;  
約 2 重量 % のアンチモンと ;  
約 1 重量 % の銅と ;  
約 4 重量 % のニッケルと ;  
約 7.4 重量 % のインジウムと ;  
約 5 重量 % の銀と ;  
約 1 重量 % の亜鉛とを含む、はんだ組成物。

10

【請求項 76】

インジウム、ニッケル、銅、亜鉛、銀、アンチモン、スズを共に混合し、  
約 1.1 重量 % ~ 約 1.7 重量 % のスズと ;  
約 0.5 重量 % ~ 約 3 重量 % のアンチモンと ;  
約 0.5 重量 % ~ 約 1.5 重量 % の銅と ;  
約 0.5 重量 % ~ 約 5 重量 % のニッケルと ;  
約 7.2 重量 % ~ 約 7.7 重量 % のインジウムと ;  
約 4 重量 % ~ 約 8.5 重量 % の銀と ;  
約 0.3 重量 % ~ 約 1.5 重量 % の亜鉛とを含む合金を作製する工程を含む、はんだ組成物の作製方法。

20

【請求項 77】

請求項 76 記載の方法であって、組成物が、  
約 1.3 重量 % ~ 約 1.5 重量 % のスズと ;  
約 0.5 重量 % ~ 約 2.5 重量 % のアンチモンと ;  
約 0.5 重量 % ~ 約 1.5 重量 % の銅と ;  
約 1 重量 % ~ 約 4 重量 % のニッケルと ;  
約 7.4 重量 % ~ 約 7.5 重量 % のインジウムと ;  
約 5 重量 % ~ 約 6 重量 % の銀と ;  
約 0.5 重量 % ~ 約 1.5 重量 % の亜鉛とを含む、方法。

30

【請求項 78】

請求項 77 記載の方法であって、組成物が、  
約 1.5 重量 % のスズと ;  
約 0.5 重量 % ~ 約 1.5 重量 % のアンチモンと ;  
約 0.5 重量 % ~ 約 1.5 重量 % の銅と ;  
約 1 重量 % のニッケルと ;  
約 7.5 重量 % のインジウムと ;  
約 6 重量 % の銀と ;  
約 0.5 重量 % ~ 約 1.5 重量 % の亜鉛とを含む、方法。

40

【請求項 79】

請求項 78 記載の方法であって、組成物が、  
約 1.5 重量 % のスズと ;  
約 1 重量 % のアンチモンと ;  
約 1 重量 % の銅と ;  
約 1 重量 % のニッケルと ;  
約 7.5 重量 % のインジウムと ;  
約 6 重量 % の銀と ;  
約 1 重量 % の亜鉛とを含む、方法。

【請求項 80】

請求項 77 記載の方法であって、組成物が、

50

約 1.4 重量%のスズと；  
 約 0.5 重量%～約 1.5 重量%のアンチモンと；  
 約 0.5 重量%～約 1.5 重量%の銅と；  
 約 3 重量%のニッケルと；  
 約 7.5 重量%のインジウムと；  
 約 5 重量%の銀と；  
 約 0.5 重量%～約 1.5 重量%の亜鉛とを含む、方法。

【請求項 8 1】

請求項 8 0 記載の方法であって、組成物が、

約 1.4 重量%のスズと；  
 約 1 重量%のアンチモンと；  
 約 1 重量%の銅と；  
 約 3 重量%のニッケルと；  
 約 7.5 重量%のインジウムと；  
 約 5 重量%の銀と；  
 約 1 重量%の亜鉛とを含む、方法。

10

【請求項 8 2】

請求項 7 7 記載の方法であって、組成物が、

約 1.3 重量%のスズと；  
 約 1.5 重量%～約 2.5 重量%のアンチモンと；  
 約 0.5 重量%～約 1.5 重量%の銅と；  
 約 4 重量%のニッケルと；  
 約 7.4 重量%のインジウムと；  
 約 5 重量%の銀と；  
 約 0.5 重量%～約 1.5 重量%の亜鉛とを含む、方法。

20

【請求項 8 3】

請求項 8 2 記載の方法であって、組成物が、

約 1.3 重量%のスズと；  
 約 2 重量%のアンチモンと；  
 約 1 重量%の銅と；  
 約 4 重量%のニッケルと；  
 約 7.4 重量%のインジウムと；  
 約 5 重量%の銀と；  
 約 1 重量%の亜鉛とを含む、方法。

30

【請求項 8 4】

実質的に、約 1.1 重量%～約 1.7 重量%のスズと；

約 0.5 重量%～約 3 重量%のアンチモンと；  
 約 0.5 重量%～約 1.5 重量%の銅と；  
 約 0.5 重量%～約 5 重量%のニッケルと；  
 約 7.2 重量%～約 7.7 重量%のインジウムと；  
 約 4 重量%～約 8.5 重量%の銀と；  
 約 0.3 重量%～約 1.5 重量%の亜鉛とからなる元素混合物を含むはんだ組成物。

40

【請求項 8 5】

請求項 8 4 記載のはんだ組成物であって、固相線温度が約 120 ～ 約 145 の範囲にある、はんだ組成物。

【請求項 8 6】

請求項 8 5 記載のはんだ組成物であって、固相線温度が約 120 ～ 約 135 の範囲にある、はんだ組成物。

【請求項 8 7】

請求項 8 4 記載のはんだ組成物であって、液相線温度が 130 ～ 約 155 の範囲に

50

ある、はんだ組成物。

【請求項 8 8】

請求項 8 7 記載のはんだ組成物であって、液相線温度が 1 3 0 ~ 約 1 4 5 の範囲にある、はんだ組成物。

【請求項 8 9】

請求項 8 4 記載のはんだ組成物であって、前記元素混合物が実質的に、  
約 1 3 重量% ~ 約 1 5 重量%のスズと；  
約 0 . 5 重量% ~ 約 2 . 5 重量%のアンチモンと；  
約 0 . 5 重量% ~ 約 1 . 5 重量%の銅と；  
約 1 重量% ~ 約 4 重量%のニッケルと；  
約 7 4 重量% ~ 約 7 5 重量%のインジウムと；  
約 5 重量% ~ 約 8 . 5 重量%の銀と；  
約 0 . 3 重量% ~ 約 1 . 5 重量%の亜鉛とからなる、はんだ組成物。

10

【請求項 9 0】

請求項 8 9 記載のはんだ組成物であって、前記元素混合物が実質的に、  
約 1 5 重量%のスズと；  
約 0 . 5 重量% ~ 約 1 . 5 重量%のアンチモンと；  
約 0 . 5 重量% ~ 約 1 . 5 重量%の銅と；  
約 1 重量%のニッケルと；  
約 7 5 重量%のインジウムと；  
約 6 重量%の銀と；  
約 0 . 5 重量% ~ 約 1 . 5 重量%の亜鉛とからなる、はんだ組成物。

20

【請求項 9 1】

請求項 9 0 記載のはんだ組成物であって、前記元素混合物が実質的に、  
約 1 5 重量%のスズと；  
約 1 重量%のアンチモンと；  
約 1 重量%の銅と；  
約 1 重量%のニッケルと；  
約 7 5 重量%のインジウムと；  
約 6 重量%の銀と；  
約 1 重量%の亜鉛とからなる、はんだ組成物。

30

【請求項 9 2】

請求項 8 9 記載のはんだ組成物であって、前記元素混合物が実質的に、  
約 1 4 重量%のスズと；  
約 0 . 5 重量% ~ 約 1 . 5 重量%のアンチモンと；  
約 0 . 5 重量% ~ 約 1 . 5 重量%の銅と；  
約 3 重量%のニッケルと；  
約 7 5 重量%のインジウムと；  
約 5 重量%の銀と；  
約 0 . 5 重量% ~ 約 1 . 5 重量%の亜鉛とからなる、はんだ組成物。

40

【請求項 9 3】

請求項 9 2 記載のはんだ組成物であって、前記元素混合物が実質的に、  
約 1 4 重量%のスズと；  
約 1 重量%のアンチモンと；  
約 1 重量%の銅と；  
約 3 重量%のニッケルと；  
約 7 5 重量%のインジウムと；  
約 5 重量%の銀と；  
約 1 重量%の亜鉛とからなる、はんだ組成物。

【請求項 9 4】

50

請求項 8 9 記載のはんだ組成物であって、前記元素混合物が実質的に、  
 約 1 3 重量 % のスズと；  
 約 1 . 5 重量 % ~ 約 2 . 5 重量 % のアンチモンと；  
 約 0 . 5 重量 % ~ 約 1 . 5 重量 % の銅と；  
 約 4 重量 % のニッケルと；  
 約 7 4 重量 % のインジウムと；  
 約 5 重量 % の銀と；  
 約 0 . 5 重量 % ~ 約 1 . 5 重量 % の亜鉛とからなる、はんだ組成物。

【請求項 9 5】

請求項 9 4 記載のはんだ組成物であって、前記元素混合物が実質的に、  
 約 1 3 重量 % のスズと；  
 約 2 重量 % のアンチモンと；  
 約 1 重量 % の銅と；  
 約 4 重量 % のニッケルと；  
 約 7 4 重量 % のインジウムと；  
 約 5 重量 % の銀と；  
 約 1 重量 % の亜鉛とからなる、はんだ組成物。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

関連する出願

本出願は、2011年2月4日出願された米国仮出願番号第61/439,538号、2011年9月28日出願された米国仮出願番号第61/540,213号に基づき優先権を主張する。上記出願の全教示は、本明細書において援用される。

【背景技術】

【0002】

車両（例えば、自動車）のウインドシールドおよびリアウインドウは、ガラス内部またはガラス表面に配置された電気装置を備えていることが多い。通常、電気装置には、アンテナまたはデフロスターがある。このような電気装置に電気接続を与えるために、小さな面積の金属製コーティングをガラスに塗布して金属被覆表面を製造し、これを電気装置と電氣的に接続する。次いで、電気コネクタを金属被覆表面にはんだ付けする。電気（すなわち、電力）コネクタは、一般的に、鉛（Pb）を含むはんだを用い、ガラスの金属化表面にはんだ付けされる。様々な国において、環境に対する関心および/または規制があるため、ほとんどの産業では、現在、はんだ用途に無鉛はんだを使用しているか、または使用を計画している。ある産業で使用される一般的な無鉛はんだは、高い含有量で（例えば、80%を超える）スズ（Sn）を含む。本明細書に記載する自動車用ガラスに使用される無鉛はんだは、John Pereira に対して2001年7月3日に登録された米国特許第6253988号明細書（特許文献1）に開示されている（以下、「Pereira」）。いくつかの無鉛はんだの中でも、Pereira は、重量%で、64.35% ~ 65.65% のインジウム（In）、29.7% ~ 30.3% のスズ（Sn）、4.05% ~ 4.95% の銀（Ag）、0.25% ~ 0.75% の銅（Cu）を含むはんだ組成物を開示している（以下、「65 Indium Solder」）。

30

40

【0003】

他の用途では見られない自動車用ガラスに装置をはんだ付けする際、困難に直面する。自動車用ガラスは脆い傾向があり、他の用途での使用に適する一般的な高スズ含有無鉛はんだは、通常、自動車用ガラスの亀裂を引き起こしうる。セラミックやシリコンなどの材料は、ある種の点では、自動車用ガラスに類似していると思ふことができるが、セラミックまたはシリコンの装置へのはんだ付けに適するある種のはんだは、自動車用ガラスへのはんだ付けには適していない。熱膨張係数（CTE）が実質的に異なる2種類の材料（例えばこの場合、ガラスと銅）をはんだ付けすると、はんだ接合部の冷却時、またはその

50

後の温度履歴中に、はんだに応力を生じる。はんだ組成物は、はんだ付けプロセス中に自動車用ガラスの亀裂を生じさせないように、融点（液相線温度）が十分に低い必要がある。高い融点およびこれに対応する高い処理温度は、CTEの不一致による悪影響を増大させ、冷却中に大きな応力がかかるためである。しかし、はんだ組成物の融点は、通常の車の使用中、例えば、窓を閉じた状態で車が太陽の下に置かれたとき、または他の極端に厳しい環境条件に置かれたときに、溶融しないほど十分に高い必要がある。しかし、インジウムを含むはんだは、通常、他のはんだよりも融点がかなり低い。例えば、鉛はんだの固相線温度160、液相線温度224に対し、65 Indium Solderの固相線温度109であり、液相線温度は127である。何社かの車両製造業者は、例えばある相手先商標製造会社（OEM）のためには110、別のOEMのためには120の高温に対し、ガラス製品がいかなる性能の劣化も生ぜずに耐えることを要求する。

【0004】

したがって、本出願部分にとって望ましいすべての他の性質をもたらしつつ、現時点で入手可能な組成物よりも高い温度に耐えることができ、ガラス上での使用に適した無鉛はんだ組成物が必要とされている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許第6253988号明細書

【発明の概要】

【0006】

本発明は、一般的に、はんだ組成物に関する。

【0007】

一実施形態は、約4重量%～約25重量%のスズと、約0.1重量%～約8重量%のアンチモンと、約0.03重量%～約4重量%の銅と、約0.03重量%～約4重量%のニッケルと、約66重量%～約90重量%のインジウムと、約0.5重量%～約9重量%の銀とを含む。はんだ組成物は、固相線温度が約120～約145の範囲であってもよく、液相線温度が130～約155の範囲であってもよい。

【0008】

ある複数の実施形態では、組成物は、さらに、約0.2重量%～約6重量%の亜鉛を含む。他の複数の実施形態では、組成物は、さらに、約0.01重量%～約0.3重量%のゲルマニウムを含む。これら具体的な実施形態では、組成物は、約70重量%～約86重量%のインジウムを含んでいてもよい。

【0009】

ある複数の実施形態では、組成物は、約7重量%～約19重量%のスズと、約0.2重量%～約8重量%のアンチモンと、約0.1重量%～約1.5重量%の銅と、約0.1重量%～約4重量%のニッケルと、約70重量%～約80重量%のインジウムと、約4重量%～約8重量%の銀とを含む。

【0010】

他の複数の実施形態では、組成物は、約4重量%～約20重量%のスズと、約0.1重量%～約8重量%のアンチモンと、約0.1重量%～約4重量%の銅と、約0.1重量%～約3重量%のニッケルと、約71重量%～約86重量%のインジウムと、約1重量%～約6重量%の銀とを含む。

【0011】

さらに別の複数の実施形態では、組成物は、約11重量%～約17重量%のスズと、約0.5重量%～約3重量%のアンチモンと、約0.5重量%～約1.5重量%の銅と、約0.5重量%～約5重量%のニッケルと、約72重量%～約77重量%のインジウムと、約4重量%～約8.5重量%の銀と、約0.3重量%～約1.5重量%の亜鉛とを含む。これら具体的な実施形態では、組成物は、約13重量%～約15重量%のスズと、約0.5重量%～約2.5重量%のアンチモンと、約0.5重量%～約1.5重量%の銅と、

10

20

30

40

50

約 1 重量% ~ 約 4 重量%のニッケルと、約 7.4 重量% ~ 約 7.5 重量%のインジウムと、約 5 重量% ~ 約 8.5 重量%の銀と、約 0.3 重量% ~ 約 1.5 重量%の亜鉛とを含んでいてもよい。

これら具体的な実施形態の複数の例は、約 1.5 重量%のスズと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%のアンチモンと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の銅と、約 1 重量%のニッケルと、約 7.5 重量%のインジウムと、約 6 重量%の銀と、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の亜鉛とを含んでいてもよく、例えば、約 1.5 重量%のスズと、約 1 重量%のアンチモンと、約 1 重量%の銅と、約 1 重量%のニッケルと、約 7.5 重量%のインジウムと、約 6 重量%の銀と、約 1 重量%の亜鉛とを含んでいてもよい。

これら具体的な実施形態の他の複数の例は、約 1.4 重量%のスズと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%のアンチモンと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の銅と、約 3 重量%のニッケルと、約 7.5 重量%のインジウムと、約 5 重量%の銀と、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の亜鉛とを含んでいてもよく、例えば、約 1.4 重量%のスズと、約 1 重量%のアンチモンと、約 1 重量%の銅と、約 3 重量%のニッケルと、約 7.5 重量%のインジウムと、約 5 重量%の銀と、約 1 重量%の亜鉛とを含んでいてもよい。

これら具体的な実施形態のさらに別の複数の例は、約 1.3 重量%のスズと、約 1.5 重量% ~ 約 2.5 重量%のアンチモンと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の銅と、約 4 重量%のニッケルと、約 7.4 重量%のインジウムと、約 5 重量%の銀と、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の亜鉛とを含んでいてもよく、例えば、約 1.3 重量%のスズと、約 2 重量%のアンチモンと、約 1 重量%の銅と、約 4 重量%のニッケルと、約 7.4 重量%のインジウムと、約 5 重量%の銀と、約 1 重量%の亜鉛とを含んでいてもよい。

#### 【0012】

さらに他の複数の実施形態では、組成物は実質的に、約 1.1 重量% ~ 約 1.7 重量%のスズと、約 0.5 重量% ~ 約 3 重量%のアンチモンと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の銅と、約 0.5 重量% ~ 約 5 重量%のニッケルと、約 7.2 重量% ~ 約 7.7 重量%のインジウムと、約 4 重量% ~ 約 8.5 重量%の銀と、約 0.3 重量% ~ 約 1.5 重量%の亜鉛とからなる。

これらの具体的な実施形態では、組成物は実質的に、約 1.3 重量% ~ 約 1.5 重量%のスズと、約 0.5 重量% ~ 約 2.5 重量%のアンチモンと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の銅と、約 1 重量% ~ 約 4 重量%のニッケルと、約 7.4 重量% ~ 約 7.5 重量%のインジウムと、約 5 重量% ~ 約 8.5 重量%の銀と、約 0.3 重量% ~ 約 1.5 重量%の亜鉛とからなるものであってもよい。

これら具体的な実施形態の複数の例は、実質的に、約 1.5 重量%のスズと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%のアンチモンと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の銅と、約 1 重量%のニッケルと、約 7.5 重量%のインジウムと、約 6 重量%の銀と、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の亜鉛とからなるものであってもよく、例えば、実質的に約 1.5 重量%のスズと、約 1 重量%のアンチモンと、約 1 重量%の銅と、約 1 重量%のニッケルと、約 7.5 重量%のインジウムと、約 6 重量%の銀と、約 1 重量%の亜鉛とからなるものであってもよい。

これら具体的な実施形態の他の複数の例は、実質的に、約 1.4 重量%のスズと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%のアンチモンと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の銅と、約 3 重量%のニッケルと、約 7.5 重量%のインジウムと、約 5 重量%の銀と、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の亜鉛とからなるものであってもよく、例えば、約 1.4 重量%のスズと、約 1 重量%のアンチモンと、約 1 重量%の銅と、約 3 重量%のニッケルと、約 7.5 重量%のインジウムと、約 5 重量%の銀と、約 1 重量%の亜鉛とからなるものであってもよい。

これら具体的な実施形態のさらに他の複数の例は、実質的に、約 1.3 重量%のスズと、約 1.5 重量% ~ 約 2.5 重量%のアンチモンと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の銅と、約 4 重量%のニッケルと、約 7.4 重量%のインジウムと、約 5 重量%の銀と、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の亜鉛とからなるものであってもよく、例えば、実質的に、約 1.3

10

20

30

40

50

重量%のスズと、約2重量%のアンチモンと、約1重量%の銅と、約4重量%のニッケルと、約7.4重量%のインジウムと、約5重量%の銀と、約1重量%の亜鉛からなるものであってもよい。

これら具体的な実施形態では、はんだ組成物の固相線温度は、約120 ~ 約145の範囲、例えば、約120 ~ 約135の範囲にあってもよく、液相線温度は、130 ~ 約155の範囲、例えば、約130 ~ 約145の範囲にあってもよい。

#### 【0013】

本発明は、さらに、ガラス素子と；前記ガラス素子上の、銀を含む電気コンタクト表面層（electrical contact surface：電氣的接触表面層）と；約4重量% ~ 約25重量%のスズ、約0.1重量% ~ 約8重量%のアンチモン、約0.03重量% ~ 約4重量%の銅、約0.03重量% ~ 約4重量%のニッケル、約6.6重量% ~ 約90重量%のインジウム、約0.5重量% ~ 約9重量%の銀を含む元素の混合物を含むはんだ組成物層と；前記はんだ組成物層によって、前記ガラス素子上の前記電気コンタクト表面層にはんだ付けされた電気コネクタ（電気接続子）とを含む、電気接続構造（ガラス素子における電気接続構造）に関する。

他の実施形態では、電気接続構造は、ガラス素子と；前記ガラス素子上の銀を含む電気コンタクト表面層と；実質的に、約4重量% ~ 約25重量%のスズ、約0.1重量% ~ 約8重量%のアンチモン、約0.03重量% ~ 約4重量%の銅、約0.03重量% ~ 約4重量%のニッケル、約6.6重量% ~ 約90重量%のインジウム、約0.5重量% ~ 約9重量%の銀からなるはんだ組成物層と；前記はんだ組成物層によって、前記ガラス素子上の電気コンタクト表面層にはんだ付けされた電気コネクタとを含む。

#### 【0014】

本発明は、さらに、インジウム、ニッケル、銅、銀、アンチモン、スズを共に混合し、約4重量% ~ 約25重量%のスズと；約0.1重量% ~ 約8重量%のアンチモンと；約0.03重量% ~ 約4重量%の銅と；約0.03重量% ~ 約4重量%のニッケルと；約6.6重量% ~ 約90重量%のインジウムと；約0.5重量% ~ 約9重量%の銀とを含む合金を作製する工程を含む、はんだ組成物の作製方法に関する。

ある複数の実施形態では、インジウムとスズを第1の熔融混合物中で共に混合し、少なくともニッケル、銅、銀を第2の混合物の融液中において混合し、これを第1の熔融混合物に加える。

他の複数の実施形態では、スズとニッケルを熔融混合物中で共に混合し、次いで、少なくとも銅、インジウム、銀を前記熔融混合物に加える。

これら具体的な実施形態では、他のすべての金属を熔融混合物に加えた後に、亜鉛を加えてもよい。

#### 【0015】

ある複数の実施形態では、スズを約7重量% ~ 約19重量%の比率で混合し、アンチモンを約0.2重量% ~ 約8重量%の比率で混合し、銅を約0.1重量% ~ 約1.5重量%の比率で混合し、ニッケルを約0.1重量% ~ 約4重量%の比率で混合し、インジウムを約70重量% ~ 約80重量%の比率で混合し、銀を約4重量% ~ 約8重量%の比率で混合する。

#### 【0016】

他の複数の実施形態では、はんだ組成物の作製方法は、インジウム、ニッケル、銅、亜鉛、銀、アンチモン、スズを共に混合し、約1.1重量% ~ 約1.7重量%のスズと；約0.5重量% ~ 約3重量%のアンチモンと；約0.5重量% ~ 約1.5重量%の銅と；約0.5重量% ~ 約5重量%のニッケルと；約7.2重量% ~ 約7.7重量%のインジウムと；約4重量% ~ 約8重量%の銀と；約0.5重量% ~ 約1.5重量%の亜鉛を含む合金を作製する工程を含む。

これら具体的な実施形態では、組成物は、約1.3重量% ~ 約1.5重量%のスズと、約0.5重量% ~ 約2.5重量%のアンチモンと、約0.5重量% ~ 約1.5重量%の銅と、約1重量% ~ 約4重量%のニッケルと、約7.4重量% ~ 約7.5重量%のインジウムと、約

5重量%～約6重量%の銀と、約0.5重量%～約1.5重量%の亜鉛とを含んでいてもよい。

これら具体的な実施形態の複数の例は、約1.5重量%のスズと、約0.5重量%～約1.5重量%のアンチモンと、約0.5重量%～約1.5重量%の銅と、約1重量%のニッケルと、約7.5重量%のインジウムと、約6重量%の銀と、約0.5重量%～約1.5重量%の亜鉛とを含むものであってもよく、例えば、約1.5重量%のスズと、約1重量%のアンチモンと、約1重量%の銅と、約1重量%のニッケルと、約7.5重量%のインジウムと、約6重量%の銀と、約1重量%の亜鉛とを含んでいてもよい。

これら具体的な実施形態の他の複数の例は、約1.4重量%のスズと、約0.5重量%～約1.5重量%のアンチモンと、約0.5重量%～約1.5重量%の銅と、約3重量%のニッケルと、約7.5重量%のインジウムと、約5重量%の銀と、約0.5重量%～約1.5重量%の亜鉛とを含むものであってもよく、例えば、約1.4重量%のスズと、約1重量%のアンチモンと、約1重量%の銅と、約3重量%のニッケルと、約7.5重量%のインジウムと、約5重量%の銀と、約1重量%の亜鉛とを含んでいてもよい。

これら具体的な実施形態のさらに他の複数の例は、約1.3重量%のスズと、約1.5重量%～約2.5重量%のアンチモンと、約0.5重量%～約1.5重量%の銅と、約4重量%のニッケルと、約7.4重量%のインジウムと、約5重量%の銀と、約0.5重量%～約1.5重量%の亜鉛とを含むものであってもよく、例えば、約1.3重量%のスズと、約2重量%のアンチモンと、約1重量%の銅と、約4重量%のニッケルと、約7.4重量%のインジウムと、約5重量%の銀と、約1重量%の亜鉛とを含んでいてもよい。

#### 【0017】

本発明のはんだ組成物は、環境に優しい無鉛材料の提供に加え、例えば、自動車用ガラスに使用可能な無鉛組成物の提供、強度および延性に関する必要な機械特性の付与、製造処理温度を所望の低い温度に維持しつつ、所望の温度レベルまで、高温での使用に耐性を有するなどの多くの利点を有する。

#### 【0018】

上記の事項は、本発明の実施形態の例に関し、以下に図面を用いて記載される、より詳細な説明からも明らかとなるであろう。異なる図面において、同じ部位については、同一の符号で示される。図面は必ずしも縮尺通りではなく、本発明の実施形態を示すために強調されている部分がある。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0019】

【図1】図1は、電氣的に操作されるデフロスターを備えた、自動車のリアウインドウの内面図である。

【図2】図2は、図1のリアウインドウの上の電気コンタクト部に電気コネクタをはんだ付けした状態を示す側面図であり、電気コネクタの断面が、リアウインドウ、電気コンタクト部、はんだの断面とともに示されている。

【図3A】図3Aは、本発明の実施形態のはんだ組成物の作製方法を模式的に示すフローチャートである。

【図3B】図3Bは、本発明の実施形態のはんだ組成物の別の作製方法を模式的に示すフローチャートである。

【図4A】図4Aは、本発明のはんだ組成物を用いてはんだ付けすることが可能な電力コネクタの模式図である。

【図4B】図4Bは、本発明のはんだ組成物を用いてはんだ付けすることが可能な電力コネクタの模式図である。

【図5】図5は、本発明のはんだ組成物によってウインドシールド上にはんだ付けされた電力コネクタの模式図である。

【図6】図6は、本発明のはんだ組成物を使用したウインドシールドアセンブリの模式図である。

【図7】図7は、本発明の実施形態のはんだ組成物の温度サイクル試験における1回のサ

10

20

30

40

50

イクル中の温度を時間の関数として示したグラフである。

【図 8】図 8 は、本発明のはんだ組成物の性能を試験するため、フォースゲージを用いて行った引っ張り試験の模式図である。

【図 9】図 9 は、本発明のはんだ組成物の性能を試験するため、荷重を用いて行った引っ張り試験の模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

本発明は、ガラス内部またはガラス表面上の電気装置に電氣的に接続するため、電気素子をガラスにはんだ付けするのに適したはんだ組成物を提供する。図 1 では、自動車のリアウインドウ 10（例えば、ヨーロッパではバックライトとも呼ばれる）が具体例として図示されている。ウインドウ（ガラス素子）10 は、ウインドウ 10 の内側表面の内部に埋め込まれているか、または表面に配置された電気抵抗性の除霜配線 14 からなるウインドウデフロスター 12 を備えている。除霜配線 14 は、ウインドウ 10 の内側表面に配置された、対となった電気コンタクト帯（electrical contact strips：電気コンタクト表面層、母線とも呼ばれる）16 に電氣的に接続している。電気コンタクト帯 16 は、ウインドウ 10 の内側表面に配置された導電性コーティングからなる。典型的には、電気コンタクト帯 16 は、銀を含有する材料から作られている。

10

【0021】

他の用途で使用されることがない自動車用ガラスに装置をはんだ付けするとき、困難に直面する。自動車用ガラスの上で無鉛はんだを使用することに関する相手先商標製造会社（OEM）のいくつかの懸念に対処するため、自動車用ガラス供給業者、例えば、CLEPA（European Association of Automotive Suppliers）により、温度サイクル、一定の気候湿度、気候温度および湿度、高温貯蔵を含め、いくつかの試験が開発されている。はんだの融点に関する OEM の懸念に対処するために、ある試験では、65 Indium Solder をによって複数のコネクタがはんだ付けされたガラスサンプルを、105 で 500 時間保持し、その間 500 グラムの重りを各コネクタから吊るしたが、試験期間中にガラスから剥離したコネクタはなかった。しかし、OEM（例えば、European Automobile Manufacturers' Association (ACEA)）は、温度は、115 ~ 120 の高温となる可能性があるとして指摘している。

20

【0022】

本発明のはんだ組成物は、OEM の上述の関心に対処するために開発された。図 2 に関しては、本発明のはんだ組成物 20 の層によって、ウインドウ 10 上の個々の電気コンタクト帯（すなわち、母線）16 に電気（すなわち、電力）コネクタ 18 がはんだ付けされている。はんだ付けには、例えば、抵抗はんだ付け器、または火炎、微小火炎、ホットアイロン、熱風、誘導加熱等の標準的なはんだ付け技術を用いる。はんだ付けに不活性ガス環境は必要なく、周囲空気雰囲気下（大気雰囲気下）で行われてもよい。次いで、電力線 22 を電気コネクタ 18 に電氣的に接続し、ウインドウデフロスター 12 に電力を供給してもよい（図 1）。はんだ性能試験およびその結果を以下に提示する。

30

【0023】

一実施形態では、本発明のはんだ組成物 20 は、約 4 重量% ~ 約 25 重量%のスズと、約 0.1 重量% ~ 約 8 重量%のアンチモンと、約 0.03 重量% ~ 約 4 重量%の銅と、約 0.03 重量% ~ 約 4 重量%のニッケルと、約 66 重量% ~ 約 90 重量%のインジウムと、約 0.5 重量% ~ 約 9 重量%の銀とを含む。

40

【0024】

ある複数の実施形態では、組成物 20 は、約 1 重量% ~ 約 7 重量%の銀を含む。

特定の複数の実施形態では、組成物 20 は、約 0.2 重量% ~ 約 8 重量%のアンチモンを含む。

他の複数の実施形態では、組成物 20 は、約 3 重量% ~ 約 7 重量%の銀を含む。

さらに他の複数の実施形態では、組成物 20 は、約 1 重量% ~ 約 4 重量%の銀を含む。

【0025】

50

特定の複数の実施形態では、組成物 20 は、さらに、約 0.2 重量% ~ 約 6 重量%の亜鉛を含む。

特定の他の複数の実施形態では、組成物 20 は、さらに、約 0.3 重量% ~ 約 6 重量%の亜鉛を含む。

さらに他の複数の実施形態では、組成物 20 は、さらに、約 3 重量% ~ 約 5 重量%の亜鉛を含む。

【0026】

特定の他の複数の実施形態では、組成物 20 は、さらに、約 0.01 重量% ~ 約 0.3 重量%のゲルマニウムを含む。

これら具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 70 重量% ~ 約 86 重量%のインジウムを含んでいてもよい。

10

【0027】

ある複数の実施形態では、組成物 20 は、約 7 重量% ~ 約 19 重量%のスズと、約 0.2 重量% ~ 約 8 重量%のアンチモンと、約 0.1 重量% ~ 約 1.5 重量%の銅と、約 0.1 重量% ~ 約 4 重量%のニッケルと、約 70 重量% ~ 約 80 重量%のインジウムと、約 4 重量% ~ 約 8 重量%の銀とを含む。

【0028】

特定の複数の実施形態では、組成物 20 は、約 74 重量% ~ 約 78 重量%のインジウムを含む。

これら具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 5 重量% ~ 約 10 重量%のスズ、または約 12 重量% ~ 約 19 重量%のスズ、または約 12 重量% ~ 約 16 重量%のスズを含んでいてもよい。

20

他の複数の特定の実施形態では、組成物 20 は、約 74 重量% ~ 約 80 重量%のインジウムを含む。

さらに他の複数の実施形態では、組成物 20 は、約 0.1 重量% ~ 約 3 重量%のニッケルを含む。さらに他の複数の実施形態では、組成物 20 は、約 0.2 重量% ~ 約 5 重量%のアンチモンを含む。

【0029】

さらに他の複数の実施形態では、組成物 20 は、約 11 重量% ~ 約 17 重量%のスズと、約 0.5 重量% ~ 約 3 重量%のアンチモンと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の銅と、約 0.5 重量% ~ 約 5 重量%のニッケルと、約 72 重量% ~ 約 77 重量%のインジウムと、約 4 重量% ~ 約 7 重量%の銀と、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の亜鉛とを含む。

30

これらの具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 13 重量% ~ 約 15 重量%のスズと、約 0.5 重量% ~ 約 2.5 重量%のアンチモンと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の銅と、約 1 重量% ~ 約 4 重量%のニッケルと、約 74 重量% ~ 約 75 重量%のインジウムと、約 5 重量% ~ 約 6 重量%の銀と、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の亜鉛とを含んでいてもよい。

これら具体的な実施形態の複数の例は、約 15 重量%のスズと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%のアンチモンと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の銅と、約 1 重量%のニッケルと、約 75 重量%のインジウムと、約 6 重量%の銀と、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の亜鉛とを含んでいてもよく、例えば、約 15 重量%のスズと、約 1 重量%のアンチモンと、約 1 重量%の銅と、約 1 重量%のニッケルと、約 75 重量%のインジウムと、約 6 重量%の銀と、約 1 重量%の亜鉛とを含んでいてもよい。

40

これら具体的な実施形態の他の複数の例は、約 14 重量%のスズと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%のアンチモンと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の銅と、約 3 重量%のニッケルと、約 75 重量%のインジウムと、約 5 重量%の銀と、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の亜鉛とを含んでいてもよく、例えば、約 14 重量%のスズと、約 1 重量%のアンチモンと、約 1 重量%の銅と、約 3 重量%のニッケルと、約 75 重量%のインジウムと、約 5 重量%の銀と、約 1 重量%の亜鉛とを含んでいてもよい。

これら具体的な実施形態のさらに他の複数の例は、約 13 重量%のスズと、約 1.5 重

50

量% ~ 約 2.5 重量% のアンチモンと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量% の銅と、約 4 重量% のニッケルと、約 7.4 重量% のインジウムと、約 5 重量% の銀と、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量% の亜鉛とを含んでいてもよく、例えば、約 1.3 重量% のスズと、約 2 重量% のアンチモンと、約 1 重量% の銅と、約 4 重量% のニッケルと、約 7.4 重量% のインジウムと、約 5 重量% の銀と、約 1 重量% の亜鉛とを含んでいてもよい。

#### 【0030】

はんだ組成物 20 は、固相線温度が約 120 ~ 約 145 の範囲にあってもよく、液相線温度が 130 ~ 約 155 の範囲にあってもよい。固相線温度は、具体的には、合金が溶融し始める温度と定義される。固相線温度未満では、基質は、溶融相がなく、完全に固体である。液相線温度は、結晶（溶融していない金属または合金）が溶融物と共に混在し得る最大温度である。液相線温度を超えると、材料は溶融物のみからなる均質物となる。はんだの処理温度は、液相線温度より高いが、何度ほど高いかは、はんだ付け技術によって決定される。

10

#### 【0031】

具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 1.4 重量% ~ 約 1.6 重量% のスズと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量% のアンチモンと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量% の銅と、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量% のニッケルと、約 7.4 重量% ~ 約 7.6 重量% のインジウムと、約 6 重量% ~ 約 8 重量% の銀とを含み、例えば、約 1.5 重量% のスズと、約 1.0 重量% のアンチモンと、約 1.0 重量% の銅と、約 1.0 重量% のニッケルと、約 7.5 重量% のインジウムと、約 7 重量% の銀とを含む。

20

この実施形態の他の組成物は、約 1.4 重量% ~ 約 2.1 重量% のスズと、約 0.2 重量% ~ 約 3 重量% のアンチモンと、約 0.1 重量% ~ 約 4.0 重量% の銅と、約 0.1 重量% ~ 約 3.0 重量% のニッケルと、約 7.2 重量% ~ 約 8.0 重量% のインジウムと、約 1 重量% ~ 約 8 重量% の銀とを含んでいてもよい。

#### 【0032】

第 2 の具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 1.4 重量% ~ 約 1.6 重量% のスズと、約 2 重量% ~ 約 4 重量% のアンチモンと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量% の銅と、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量% のニッケルと、約 7.4 重量% ~ 約 7.6 重量% のインジウムと、約 4 重量% ~ 約 6 重量% の銀とを含み、例えば、約 1.5 重量% のスズと、約 3.0 重量% のアンチモンと、約 1.0 重量% の銅と、約 1.0 重量% のニッケルと、約 7.5 重量% のインジウムと、約 5 重量% の銀とを含む。

30

#### 【0033】

第 3 の具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 1.2 重量% ~ 約 1.4 重量% のスズと、約 2 重量% ~ 約 4 重量% のアンチモンと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量% の銅と、約 2 重量% ~ 約 4 重量% のニッケルと、約 7.4 重量% ~ 約 7.6 重量% のインジウムと、約 4 重量% ~ 約 6 重量% の銀とを含み、例えば、約 1.3 重量% のスズと、約 3.0 重量% のアンチモンと、約 1.0 重量% の銅と、約 3.0 重量% のニッケルと、約 7.5 重量% のインジウムと、約 5 重量% の銀とを含むか、または、約 1.4 重量% のスズと、約 3.0 重量% のアンチモンと、約 1.0 重量% の銅と、約 2.0 重量% のニッケルと、約 7.5 重量% のインジウムと、約 5 重量% の銀とを含む。

40

#### 【0034】

第 4 の具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 7 重量% ~ 約 9 重量% のスズと、約 4 重量% ~ 約 6 重量% のアンチモンと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量% の銅と、約 2 重量% ~ 約 4 重量% のニッケルと、約 7.4 重量% ~ 約 7.6 重量% のインジウムと、約 4 重量% ~ 約 6 重量% の銀と、約 2 重量% ~ 約 4 重量% の亜鉛とを含み、例えば、約 8 重量% のスズと、約 5.0 重量% のアンチモンと、約 1.0 重量% の銅と、約 3.0 重量% のニッケルと、約 7.5 重量% のインジウムと、約 5 重量% の銀と、約 3.0 重量% の亜鉛とを含む。

#### 【0035】

第 5 の具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 7 重量% ~ 約 9 重量% のスズと、約 4

50

重量%～約6重量%のアンチモンと、約0.5重量%～約1.5重量%の銅と、約0.5重量%～約1.5重量%のニッケルと、約7.4重量%～約7.6重量%のインジウムと、約4重量%～約6重量%の銀と、約4重量%～約6重量%の亜鉛とを含み、例えば、約8重量%のスズと、約5.0重量%のアンチモンと、約1.0重量%の銅と、約1.0重量%のニッケルと、約7.5重量%のインジウムと、約5重量%の銀と、約5.0重量%の亜鉛とを含む。

【0036】

第6の具体的な実施形態では、組成物20は、約7重量%～約9重量%のスズと、約4重量%～約6重量%のアンチモンと、約0.5重量%～約1.5重量%の銅と、約2重量%～約4重量%のニッケルと、約7.4重量%～約7.6重量%のインジウムと、約4重量%～約6重量%の銀と、約2重量%～約4重量%の亜鉛と、約0.05重量%～約0.2重量%のゲルマニウムとを含み、例えば、約8重量%のスズと、約4.9重量%のアンチモンと、約1.0重量%の銅と、約3.0重量%のニッケルと、約7.5重量%のインジウムと、約5重量%の銀と、約3.0重量%の亜鉛と、約0.1重量%のゲルマニウムとを含む。

10

【0037】

ある他の複数の実施形態では、組成物20は、約4重量%～約20重量%のスズと、約0.2重量%～約8重量%のアンチモンと、約0.1重量%～約4重量%の銅と、約0.1重量%～約3重量%のニッケルと、約7.1重量%～約8.6重量%のインジウムと、約1重量%～約6重量%の銀とを含む。

20

複数の特定の実施形態では、組成物20は、約10重量%～約19重量%のスズを含む。他の複数の特定の実施形態では、組成物20は、約7.4重量%～約8.0重量%のインジウムを含む。

これら具体的な実施形態では、組成物20は、約1重量%～約7重量%の銀を含んでもよい。ある複数の実施形態では、組成物20は、約3.5重量%の銅を含んでもよい。さらに他の複数の実施形態では、組成物20は、約0.1重量%～約1重量%のニッケルを含む。さらに他の複数の実施形態では、組成物20は、約1重量%～2重量%のニッケルを含む。さらに他の複数の実施形態では、組成物20は、約0.2重量%～約2重量%のアンチモンを含む。さらに他の複数の実施形態では、組成物20は、約2重量%～約6重量%のアンチモンを含む。

30

【0038】

第7の具体的な実施形態では、組成物20は、約1.8重量%～約2.0重量%のスズと、約0.2重量%～約1.0重量%のアンチモンと、約0.1重量%～約1.0重量%の銅と、約0.1重量%～約1.0重量%のニッケルと、約7.7重量%～約8.0重量%のインジウムと、約1重量%～約3重量%の銀とを含み、例えば、約1.8.99重量%のスズと、約0.24重量%のアンチモンと、約0.18重量%の銅と、約0.30重量%のニッケルと、約7.8.70重量%のインジウムと、約1.48重量%の銀とを含む。この具体的な実施形態の融点(溶融温度:液相線温度)は約135であり、固相線温度は約124であった。

【0039】

第8の具体的な実施形態では、組成物20は、約1.3重量%～約1.6重量%のスズと、約1.0重量%～約3.0重量%のアンチモンと、約3.0重量%～約4.0重量%の銅と、約0.2重量%～約1.5重量%のニッケルと、約7.4重量%～約7.6重量%のインジウムと、約3重量%～約5重量%の銀とを含み、例えば、約1.4.77重量%のスズと、約1.93重量%のアンチモンと、約3.50重量%の銅と、約0.60重量%のニッケルと、約7.4.91重量%のインジウムと、約3.87重量%の銀とを含む。この具体的な実施形態の融点(溶融温度:液相線温度)は約135であり、固相線温度は約123であった。

40

【0040】

第9の具体的な実施形態では、組成物20は、約1.1重量%～約1.4重量%のスズと、

50

約 2.0 重量% ~ 約 4 重量% のアンチモンと、約 0.5 重量% ~ 約 2 重量% の銅と、約 1.0 重量% ~ 約 3 重量% のニッケルと、約 7.6 重量% ~ 約 7.9 重量% のインジウムと、約 2 重量% ~ 約 5 重量% の銀とを含み、例えば、約 12.68 重量% のスズと、約 2.91 重量% のアンチモンと、約 1.22 重量% の銅と、約 1.87 重量% のニッケルと、約 7.7.30 重量% のインジウムと、約 3.54 重量% の銀とを含む。この具体的な実施形態の融点（溶融温度：液相線温度）は約 138 であり、固相線温度は約 127 であった。

#### 【0041】

第 10 の具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 6 重量% ~ 約 9 重量% のスズと、約 3.0 重量% ~ 約 5 重量% のアンチモンと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量% の銅と、約 1.0 重量% ~ 約 3 重量% のニッケルと、約 7.6 重量% ~ 約 7.9 重量% のインジウムと、約 4 重量% ~ 約 6 重量% の銀と、約 2 重量% ~ 約 4 重量% の亜鉛とを含み、例えば、約 7.66 重量% のスズと、約 3.75 重量% のアンチモンと、約 0.92 重量% の銅と、約 1.88 重量% のニッケルと、約 7.7.30 重量% のインジウムと、約 5.21 重量% の銀と、約 3.17 重量% の亜鉛とを含む。この具体的な実施形態の融点（溶融温度：液相線温度）は約 143.4 であり、固相線温度は約 129 であった。

10

#### 【0042】

第 11 の具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 7 重量% ~ 約 9 重量% のスズと、約 4 重量% ~ 約 6 重量% のアンチモンと、約 0.2 重量% ~ 約 1.0 重量% の銅と、約 0.2 重量% ~ 約 1.5 重量% のニッケルと、約 7.3 重量% ~ 約 7.6 重量% のインジウムと、約 4 重量% ~ 約 6 重量% の銀と、約 4 重量% ~ 約 6 重量% の亜鉛とを含み、例えば、約 8.45 重量% のスズと、約 5.42 重量% のアンチモンと、約 0.40 重量% の銅と、約 0.54 重量% のニッケルと、約 7.4.21 重量% のインジウムと、約 5.54 重量% の銀と、約 4.86 重量% の亜鉛とを含む。この具体的な実施形態の融点（溶融温度：液相線温度）は約 139.4 であり、固相線温度は約 127 であった。

20

#### 【0043】

第 12 の具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 4 重量% ~ 約 6 重量% のスズと、約 1.0 重量% ~ 約 2.0 重量% のアンチモンと、約 0.1 重量% ~ 約 2 重量% の銅と、約 0.1 重量% ~ 約 1.0 重量% のニッケルと、約 8.4 重量% ~ 約 8.6 重量% のインジウムと、約 1 重量% ~ 約 2 重量% の銀と、約 0.2 重量% ~ 約 1 重量% の亜鉛と、約 0.001 重量% ~ 約 0.15 重量% 未満のゲルマニウムとを含み、例えば、約 5.31 重量% のスズと、約 1.52 重量% のアンチモンと、約 1.07 重量% の銅と、約 0.15 重量% のニッケルと、約 8.5.56 重量% のインジウムと、約 1.45 重量% の銀と、約 0.46 重量% の亜鉛と、約 0.001 重量% 未満のゲルマニウムとを含む。この具体的な実施形態の融点（溶融温度：液相線温度）は約 140 であり、固相線温度は約 132.4 であった。

30

#### 【0044】

第 13 の具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 1.8 重量% ~ 約 2.0 重量% のスズと、約 0.2 重量% ~ 約 2 重量% のアンチモンと、約 0.1 重量% ~ 約 4.0 重量% の銅と、約 0.1 重量% ~ 約 3.0 重量% のニッケルと、約 7.2 重量% ~ 約 7.5 重量% のインジウムと、約 1 重量% ~ 約 4 重量% の銀とを含み、例えば、約 19.49 重量% のスズと、約 1.03 重量% のアンチモンと、約 2.84 重量% の銅と、約 1.26 重量% のニッケルと、約 7.3.62 重量% のインジウムと、約 2.79 重量% の銀とを含む。この具体的な実施形態の融点（溶融温度：液相線温度）は約 134.71 であり、固相線温度は約 123.74 であった。

40

#### 【0045】

第 14 の具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 1.6 重量% ~ 約 1.9 重量% のスズと、約 3.0 重量% ~ 約 6.0 重量% のアンチモンと、約 2.0 重量% ~ 約 4.0 重量% の銅と、約 0.5 重量% ~ 約 3.0 重量% のニッケルと、約 7.0 重量% ~ 約 7.3 重量% のインジウムと、約 1 重量% ~ 約 4 重量% の銀とを含み、例えば、約 18.23 重量% のスズ

50

と、約 4.57 重量%のアンチモンと、約 2.7 重量%の銅と、約 1.49 重量%のニッケルと、約 71.05 重量%のインジウムと、約 2.60 重量%の銀とを含む。この具体的な実施形態の融点（溶融温度：液相線温度）は約 135.52 であり、固相線温度は約 122.98 であった。

【0046】

第 15 の具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 1.5 重量%～約 1.8 重量%のスズと、約 1.0 重量%～約 4 重量%のアンチモンと、約 1.5 重量%～約 3.5 重量%の銅と、約 1.0 重量%～約 4 重量%のニッケルと、約 71 重量%～約 75 重量%のインジウムと、約 2 重量%～約 5 重量%の銀とを含み、例えば、約 16.95 重量%のスズと、約 2.69 重量%のアンチモンと、約 2.4 重量%の銅と、約 2.82 重量%のニッケルと、約 72.84 重量%のインジウムと、約 3.31 重量%の銀とを含む。この具体的な実施形態の融点（溶融温度：液相線温度）は約 139.01 であり、固相線温度は約 125.39 であった。

10

【0047】

第 16 の具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 7 重量%～約 11 重量%のスズと、約 3.0 重量%～約 5 重量%のアンチモンと、約 1.5 重量%～約 3.5 重量%の銅と、約 0.5 重量%～約 3 重量%のニッケルと、約 79 重量%～約 82 重量%のインジウムと、約 1.0 重量%～約 4 重量%の銀と、約 0.01 重量%～約 1 重量%の亜鉛とを含み、例えば、約 9.02 重量%のスズと、約 4.12 重量%のアンチモンと、約 2.21 重量%の銅と、約 1.09 重量%のニッケルと、約 80.12 重量%のインジウムと、約 2.80 重量%の銀と、約 0.05 重量%の亜鉛とを含む。この具体的な実施形態の融点（溶融温度：液相線温度）は約 142.11 であり、固相線温度は約 130.91 であった。

20

【0048】

第 17 の具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 9 重量%～約 12 重量%のスズと、約 4 重量%～約 6 重量%のアンチモンと、約 1.5 重量%～約 3.5 重量%の銅と、約 0.5 重量%～約 3.0 重量%のニッケルと、約 75 重量%～約 78 重量%のインジウムと、約 1 重量%～約 3 重量%の銀と、約 0.01 重量%～約 1 重量%の亜鉛とを含み、例えば、約 10.69 重量%のスズと、約 5.32 重量%のアンチモンと、約 2.58 重量%の銅と、約 1.55 重量%のニッケルと、約 76.03 重量%のインジウムと、約 2.11 重量%の銀と、約 0.05 重量%の亜鉛とを含む。この具体的な実施形態の融点（溶融温度：液相線温度）は約 140.37 であり、固相線温度は約 126.93 であった。

30

【0049】

第 18 の具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 8 重量%～約 10 重量%のスズと、約 2.0 重量%～約 5.0 重量%のアンチモンと、約 2 重量%～約 4 重量%の銅と、約 0.5 重量%～約 3.0 重量%のニッケルと、約 79 重量%～約 82 重量%のインジウムと、約 2 重量%～約 4 重量%の銀と、約 0.01 重量%～約 1 重量%の亜鉛と、約 0.001 重量%～約 0.15 重量%未満のゲルマニウムとを含み、例えば、約 9.03 重量%のスズと、約 3.43 重量%のアンチモンと、約 3 重量%の銅と、約 0.95 重量%のニッケルと、約 80.57 重量%のインジウムと、約 3.32 重量%の銀と、約 0.1 重量%の亜鉛と、約 0.001 %未満のゲルマニウムとを含む。この具体的な実施形態の融点（溶融温度：液相線温度）は約 141.67 であり、固相線温度は約 130.30 であった。

40

【0050】

第 19 の具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 1.0 重量%～約 1.4 重量%のスズと、約 0.5 重量%～約 1.5 重量%のアンチモンと、約 0.5 重量%～約 1.5 重量%の銅と、約 0.5 重量%～約 1.5 重量%のニッケルと、約 73 重量%～約 77 重量%のインジウムと、約 5 重量%～約 9 重量%の銀と、約 2 重量%～約 4 重量%の亜鉛とを含み、例えば、約 1.2 重量%のスズと、約 1 重量%のアンチモンと、約 1 重量%の銅と、約 1 重

50

量%のニッケルと、約7.5重量%のインジウムと、約7重量%の銀と、約3重量%の亜鉛とを含む。

【0051】

第20の具体的な実施形態では、組成物20は、約6重量%～約10重量%のスズと、約3重量%～約7重量%のアンチモンと、約0.5重量%～約1.5重量%の銅と、約2重量%～約4重量%のニッケルと、約7.3重量%～約7.7重量%のインジウムと、約3重量%～約7重量%の銀と、約2重量%～約4重量%の亜鉛とを含み、例えば、約8重量%のスズと、約5重量%のアンチモンと、約1重量%の銅と、約3重量%のニッケルと、約7.5重量%のインジウムと、約5重量%の銀と、約3重量%の亜鉛とを含む。

【0052】

第21の具体的な実施形態では、組成物20は、約1.2重量%～約1.6重量%のスズと、約0.5重量%～約1.5重量%のアンチモンと、約0.5重量%～約1.5重量%の銅と、約0.5重量%～約1.5重量%のニッケルと、約0.5重量%～約1.5重量%の亜鉛と、約7.3重量%～約7.7重量%のインジウムと、約5重量%～約9重量%の銀とを含み、例えば、約1.4重量%のスズと、約1重量%のアンチモンと、約1重量%の銅と、約1重量%のニッケルと、約1重量%の亜鉛と、約7.5重量%のインジウムと、約7重量%の銀とを含む。

【0053】

第22の具体的な実施形態では、組成物20は、約2.0重量%～約2.4重量%のスズと、約0.5重量%～約1.5重量%のアンチモンと、約0.5重量%～約1.5重量%の銅と、約0.5重量%～約1.5重量%のニッケルと、約6.6重量%～約7.0重量%のインジウムと、約5重量%～約9重量%の銀とを含み、例えば、約2.2重量%のスズと、約1重量%のアンチモンと、約1重量%の銅と、約1重量%のニッケルと、約6.8重量%のインジウムと、約7重量%の銀とを含む。

【0054】

第23の具体的な実施形態では、組成物20は、約1.8重量%～約2.2重量%のスズと、約0.5重量%～約1.5重量%のアンチモンと、約2重量%～約4重量%の銅と、約0.5重量%～約1.5重量%のニッケルと、約6.6重量%～約7.0重量%のインジウムと、約5重量%～約9重量%の銀とを含み、例えば、約2.0重量%のスズと、約1重量%のアンチモンと、約3重量%の銅と、約1重量%のニッケルと、約6.8重量%のインジウムと、約7重量%の銀とを含む。

【0055】

第24の具体的な実施形態では、組成物20は、約1.2重量%～約1.6重量%のスズと、約1重量%～約3重量%のアンチモンと、約0.5重量%～約1.5重量%の銅と、約0.5重量%～約1.5重量%のニッケルと、約7.3重量%～約7.7重量%のインジウムと、約5重量%～約9重量%の銀とを含み、例えば、約1.4重量%のスズと、約2重量%のアンチモンと、約1重量%の銅と、約1重量%のニッケルと、約7.5重量%のインジウムと、約7重量%の銀とを含む。

【0056】

第25の具体的な実施形態では、組成物20は、約1.1重量%～約1.5重量%のスズと、約2重量%～約4重量%のアンチモンと、約0.5重量%～約1.5重量%の銅と、約0.5重量%～約1.5重量%のニッケルと、約7.3重量%～約7.7重量%のインジウムと、約5重量%～約9重量%の銀とを含み、例えば、約1.3重量%のスズと、約3重量%のアンチモンと、約1重量%の銅と、約1重量%のニッケルと、約7.5重量%のインジウムと、約7重量%の銀とを含む。

【0057】

第26の具体的な実施形態では、組成物20は、約1.4重量%～約1.8重量%のスズと、約2重量%～約4重量%のアンチモンと、約0.5重量%～約1.5重量%の銅と、約0.5重量%～約1.5重量%のニッケルと、約7.0重量%～約7.4重量%のインジウムと、約5重量%～約9重量%の銀とを含み、例えば、約1.6重量%のスズと、約3重量%

10

20

30

40

50

のアンチモンと、約 1 重量%の銅と、約 1 重量%のニッケルと、約 7.2 重量%のインジウムと、約 7 重量%の銀とを含む。

【0058】

第 27 の具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 1.8 重量%～約 2.2 重量%のスズと、約 2 重量%～約 4 重量%のアンチモンと、約 0.5 重量%～約 1.5 重量%の銅と、約 0.5 重量%～約 1.5 重量%のニッケルと、約 6.6 重量%～約 7.0 重量%のインジウムと、約 5 重量%～約 9 重量%の銀とを含み、例えば、約 2.0 重量%のスズと、約 3 重量%のアンチモンと、約 1 重量%の銅と、約 1 重量%のニッケルと、約 6.8 重量%のインジウムと、約 7 重量%の銀とを含む。

【0059】

第 28 の具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 1.3 重量%～約 1.7 重量%のスズと、約 0.5 重量%～約 1.5 重量%のアンチモンと、約 0.5 重量%～約 1.5 重量%の銅と、約 0.5 重量%～約 1.5 重量%のニッケルと、約 7.3 重量%～約 7.7 重量%のインジウムと、約 5 重量%～約 9 重量%の銀とを含み、例えば、約 1.5 重量%のスズと、約 1 重量%のアンチモンと、約 1 重量%の銅と、約 1 重量%のニッケルと、約 7.5 重量%のインジウムと、約 7 重量%の銀とを含む。

【0060】

第 29 の具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 1.3 重量%～約 1.7 重量%のスズと、約 0.5 重量%～約 1.5 重量%のアンチモンと、約 0.5 重量%～約 1.5 重量%の銅と、約 0.5 重量%～約 1.5 重量%のニッケルと、約 0.5 重量%～約 1.5 重量%の亜鉛と、約 7.3 重量%～約 7.7 重量%のインジウムと、約 5 重量%～約 8.5 重量%の銀とを含み、例えば、約 1.405 重量%のスズと、約 0.98 重量%のアンチモンと、約 0.87 重量%の銅と、約 0.70 重量%のニッケルと、約 0.63 重量%の亜鉛と、約 7.474 重量%のインジウムと、約 7.98 重量%の銀とを含む。このはんだ組成物の融点（液相線温度）は約 133.18 であり、固相線温度は約 123.94 であった。

【0061】

第 30 の具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 1.2 重量%～約 1.6 重量%のスズと、約 0.5 重量%～約 1.5 重量%のアンチモンと、約 0.5 重量%～約 1.5 重量%の銅と、約 2 重量%～約 4 重量%のニッケルと、約 0.5 重量%～約 1.5 重量%の亜鉛と、約 7.3 重量%～約 7.7 重量%のインジウムと、約 3 重量%～約 7 重量%の銀とを含み、例えば、約 1.414 重量%のスズと、約 0.76 重量%のアンチモンと、約 0.64 重量%の銅と、約 2.24 重量%のニッケルと、約 0.75 重量%の亜鉛と、約 7.607 重量%のインジウムと、約 5.81 重量%の銀とを含む。このはんだ組成物の融点（溶融温度：液相線温度）は約 137.58 であり、固相線温度は約 125.92 であった。

【0062】

第 31 の具体的な実施形態では、組成物 20 は、約 1.1 重量%～約 1.5 重量%のスズと、約 1 重量%～約 3 重量%のアンチモンと、約 0.5 重量%～約 1.5 重量%の銅と、約 3 重量%～約 5 重量%のニッケルと、約 0.3 重量%～約 1.5 重量%の亜鉛と、約 7.2 重量%～約 7.6 重量%のインジウムと、約 4 重量%～約 6 重量%の銀とを含み、例えば、約 1.343 重量%のスズと、約 1.31 重量%のアンチモンと、約 0.94 重量%の銅と、約 2.65 重量%のニッケルと、約 0.49 重量%の亜鉛と、約 7.297 重量%のインジウムと、約 7.54 重量%の銀とを含む。このはんだ組成物の融点（溶融温度：液相線温度）は約 140.64 であり、固相線温度は約 129.24 であった。

【0063】

第 32 の具体的な実施形態では、組成物 20 は、実質的に、約 1.3 重量%～約 1.7 重量%のスズと、約 0.5 重量%～約 1.5 重量%のアンチモンと、約 0.5 重量%～約 1.5 重量%の銅と、約 0.5 重量%～約 1.5 重量%のニッケルと、約 0.5 重量%～約 1.5 重量%の亜鉛と、約 7.3 重量%～約 7.7 重量%のインジウムと、約 5 重量%～約 8.5 重量%の銀とを含む。

10

20

30

40

50

5重量%の銀とからなり、例えば、実質的に、約14.05重量%のスズと、約0.98重量%のアンチモンと、約0.87重量%の銅と、約0.70重量%のニッケルと、約0.63重量%の亜鉛と、約74.74重量%のインジウムと、約7.98重量%の銀とからなる。このはんだ組成物の融点（溶融温度：液相線温度）は約133.18であり、固相線温度は約123.94であった。このはんだ組成物の抵抗率は、約 $16.24 \times 10^{-6}$ ・cmであった。

【0064】

本願明細書に記載されるように、ある複数の実施形態では、列挙した材料から実質的になるはんだ組成物の材料は、特定された材料と、はんだ組成物およびこのはんだ組成物を含む電気コネクタの基本的かつ新規の特徴に重大な影響を与えない材料とに限定される。はんだ組成物の基本的かつ新しい特徴としては、本明細書に記載する熱特性（例えば、液相線温度および固相線温度）および機械特性（例えば、以下に記載する複数の性能試験における特性）が挙げられる。

10

【0065】

第33の具体的な実施形態では、組成物20は、実質的に、約12重量%～約16重量%のスズと、約0.5重量%～約1.5重量%のアンチモンと、約0.5重量%～約1.5重量%の銅と、約2重量%～約4重量%のニッケルと、約0.5重量%～約1.5重量%の亜鉛と、約73重量%～約77重量%のインジウムと、約3重量%～約7重量%の銀とからなり、例えば、実質的に、約14.14重量%のスズと、約0.76重量%のアンチモンと、約0.64重量%の銅と、約2.24重量%のニッケルと、約0.75重量%の亜鉛と、約76.07重量%のインジウムと、約5.81重量%の銀とからなる。このはんだ組成物の融点（溶融温度：液相線温度）は約137.58であり、固相線温度は約125.92であった。

20

【0066】

第34の具体的な実施形態では、組成物20は、実質的に、約11重量%～約15重量%のスズと、約1重量%～約3重量%のアンチモンと、約0.5重量%～約1.5重量%の銅と、約3重量%～約5重量%のニッケルと、約0.3重量%～約1.5重量%の亜鉛と、約72重量%～約76重量%のインジウムと、約4重量%～約8重量%の銀とからなり、例えば、実質的に、約13.43重量%のスズと、約1.31重量%のアンチモンと、約0.94重量%の銅と、約2.65重量%のニッケルと、約0.49重量%の亜鉛と、約72.97重量%のインジウムと、約7.54重量%の銀とからなる。このはんだ組成物の融点（溶融温度：液相線温度）は約140.64であり、固相線温度は約129.24であった。

30

【0067】

他の複数の組成物は、約8重量%のスズと、約10重量%のアンチモンと、約1重量%の銅と、約1重量%のニッケルと、約75重量%のインジウムと、約5重量%の銀とを含んでいてもよく、約11重量%のスズと、約10重量%のアンチモンと、約1重量%の銅と、約1重量%のニッケルと、約72重量%のインジウムと、約5重量%の銀とを含んでいてもよく、約14重量%のスズと、約1重量%のアンチモンと、約1重量%の銅と、約1重量%のニッケルと、約1重量%のゲルマニウムと、約75重量%のインジウムと、約7重量%の銀とを含んでいてもよく、または、約21重量%のスズと、約1重量%のアンチモンと、約1重量%の銅と、約68重量%のインジウムと、約9重量%の銀とを含んでいてもよく、または、約22重量%のスズと、約1重量%のアンチモンと、約5重量%の銅と、約1重量%のニッケルと、約68重量%のインジウムと、約7重量%の銀とを含んでいてもよく、または、約16重量%のスズと、約1重量%のアンチモンと、約5重量%の銅と、約1重量%のニッケルと、約68重量%のインジウムと、約9重量%の銀とを含んでいてもよく、または、約17重量%のスズと、約1重量%のアンチモンと、約5重量%の銅と、約68重量%のインジウムと、約9重量%の銀とを含んでいてもよく、または、約16重量%のスズと、約3重量%のアンチモンと、約1重量%の銅と、約75重量%のインジウムと、約5重量%の銀とを含んでいてもよい。

40

50

## 【0068】

本発明は、さらに、図1および図2に示されるように、ガラス素子と；前記ガラス素子上の銀を含む電気コンタクト表面層と；約4重量%～約25重量%のスズ、約0.1重量%～約8重量%のアンチモン、約0.03重量%～約4重量%の銅、約0.03重量%～約4重量%のニッケル、約66重量%～約90重量%のインジウム、及び約0.5重量%～約9重量%の銀を含む元素の混合物を含むはんだ組成物層と；前記はんだ組成物層によって、前記ガラス素子上の前記電気コンタクト表面層にはんだ付けされた電気コネクタとを有する、電気接続構造に関する。

他の実施形態では、電気接続構造は、ガラス素子と；前記ガラス素子上の銀を含む電気コンタクト表面層と；実質的に約4重量%～約25重量%のスズ、約0.1重量%～約8重量%のアンチモン、約0.03重量%～約4重量%の銅、約0.03重量%～約4重量%のニッケル、約66重量%～約90重量%のインジウム、及び約0.5重量%～約9重量%の銀からなるはんだ組成物層と；前記はんだ組成物層によって、前記ガラス素子上の電気コンタクト表面層にはんだ付けされた電気コネクタとを有する。

10

## 【0069】

図3Aに示される、はんだ組成物20の作製方法100は、インジウム、ニッケル、銅、銀、アンチモン、スズを共に混合し、約66重量%～約90重量%のインジウムと、約0.5重量%～約9重量%の銀と、約0.03重量%～約3重量%のニッケルと、約0.03重量%～約4重量%の銅と、約0.1重量%～約8重量%のアンチモンと、約4重量%～約25重量%のスズを含む合金を作製する工程を含む。方法100は、工程110におけるインジウムとスズの溶融と、工程120におけるアンチモンの添加を含む。方法100は、必要に応じ、工程130における、約0.3重量%～約5重量%の亜鉛の混合、必要に応じ、工程140における、約0.01重量%～約0.3重量%のゲルマニウムの混合を含んでもよい。ある複数の実施形態では、工程110で、インジウムとスズを第1の溶融混合物中で共に混合し、工程115で、少なくともニッケル、銅、銀を第2の混合物中で共に混合・溶解し、次いで、工程125でこれを冷却し、場合により、工程135で砕き、次いで、工程150で、これを第1の溶融混合物に加える。はんだ組成物20を作製する方法のフローチャートを図3Aに示す。この方法には、不活性ガス環境または減圧は必要なく、周囲空気雰囲気下で行ってもよい。

20

## 【0070】

ある複数の実施形態では、インジウムを約70重量%～約80重量%の比率で混合し、銀を約4重量%～約8重量%の比率で混合し、ニッケルを約0.1重量%～約4重量%の比率で混合し、銅を約0.1重量%～約1.5重量%の比率で混合し、アンチモンを約0.2重量%～約8重量%の比率で混合し、スズを約7重量%～約19重量%の比率で混合する。得られた合金は、はんだ組成物20について上に記載した比率で、インジウム、銀、ニッケル、銅、アンチモン、スズを含み、場合により、亜鉛およびゲルマニウムを含む。

30

## 【0071】

他の複数の実施形態では、はんだ組成物20の作製方法100は、インジウム、ニッケル、銅、亜鉛、銀、アンチモン、スズを共に混合し、約72重量%～約77重量%のインジウムと、約4重量%～約8.5重量%の銀と、約0.5重量%～約5重量%のニッケルと、約0.5重量%～約1.5重量%の銅と、約0.3重量%～約1.5重量%の亜鉛と、約0.5重量%～約3重量%のアンチモンと、約11重量%～約17重量%のスズとを含む合金を作製する工程を含む。

40

これら具体的な実施形態では、組成物20は、約74重量%～約75重量%のインジウムと、約5重量%～約6重量%の銀と、約1重量%～約4重量%のニッケルと、約0.5重量%～約1.5重量%の銅と、約0.5重量%～約1.5重量%の亜鉛と、約0.5重量%～約2.5重量%のアンチモンと、約13重量%～約15重量%のスズとを含んでもよい。

これら具体的な実施形態の複数の例は、約75重量%のインジウムと、約6重量%の銀

50

と、約 1 重量%のニッケルと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の銅と、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の亜鉛と、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%のアンチモンと、約 1.5 重量%のスズとを含んでいてもよく、例えば、約 7.5 重量%のインジウムと、約 6 重量%の銀と、約 1 重量%のニッケルと、約 1 重量%の銅と、約 1 重量%の亜鉛と、約 1 重量%のアンチモンと、約 1.5 重量%のスズとを含んでいてもよい。

これら具体的な実施形態の他の複数の例は、約 7.5 重量%のインジウムと、約 5 重量%の銀と、約 3 重量%のニッケルと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の銅と、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の亜鉛と、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%のアンチモンと、約 1.4 重量%のスズとを含んでいてもよく、例えば、約 7.5 重量%のインジウムと、約 5 重量%の銀と、約 3 重量%のニッケルと、約 1 重量%の銅と、約 1 重量%の亜鉛と、約 1 重量%のアンチモンと、約 1.4 重量%のスズとを含んでいてもよい。

これら具体的な実施形態のさらに他の複数の例は、約 7.4 重量%のインジウムと、約 5 重量%の銀と、約 4 重量%のニッケルと、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の銅と、約 0.5 重量% ~ 約 1.5 重量%の亜鉛と、約 1.5 重量% ~ 約 2.5 重量%のアンチモンと、約 1.3 重量%のスズとを含んでいてもよく、例えば、約 7.4 重量%のインジウムと、約 5 重量%の銀と、約 4 重量%のニッケルと、約 1 重量%の銅と、約 1 重量%の亜鉛と、約 2 重量%のアンチモンと、約 1.3 重量%のスズとを含んでいてもよい。

#### 【0072】

上述のはんだ組成物 20 を作製する別の方法 200 は、図 3 B に示されており、工程 210 で、所望の量のスズ (Sn) を高温加熱炉 (例えば、誘導加熱式はんだ炉 (例えば、S. M. Manfredy, Model N.481)) でスズが完全に溶解するまで加熱するプロセスを含む。誘導加熱式のはんだ炉は、比較的少量バッチのはんだを高温に加熱するのに便利な炉であるが、安全性の理由から、電流 (加熱) を止めて、成分を後から加え、炉の中で溶解混合物を攪拌することが必要である。工程 220 で、炉を停止させ、所望量のニッケル (Ni) を薄片 (フレーク) の形態で、好ましくは、3 / 16 平方インチ、厚み約 0.010 インチの薄片の形態で加える。以下に記載する他の金属はすべて、インゴットの形態で加えてもよい。攪拌にともなって、ニッケル薄片が溶解混合物に付着し、ニッケル粉末よりも簡単に融液に溶解すること、ひとつには、はんだ組成物を構成する金属中で、ニッケルの融点 (m.p. 1455) が最も高いため、ニッケルの融液への溶解は比較的困難であることが観察された。工程 230 でニッケルを融液中で攪拌した後、炉の電源を入れ、溶解温度が約 1500 °F に達するまで、約 10 分間強く加熱する。次いで、工程 240 で、炉を再び停止させ、工程 250 で、所望量の銅 (Cu)、銀 (Ag)、インジウム (In)、アンチモン (Sb) と、場合によりゲルマニウム (Ge) を加え、これらが溶解して金属溶液になるまで攪拌する。次いで、工程 255 で、炉の電源を入れ、溶解温度が約 1400 °F に達するまで強く加熱する。工程 260 で、炉を停止させ、所望の (任意の) 量の亜鉛 (Zn) を加え、溶解して金属融液に溶解するまで攪拌する。次いで、炉の電源を入れ、弱い加熱を数分間行い、金属融液を平衡状態にすると、合金を注湯してインゴットとする準備ができる。亜鉛は、最後の成分として加えることが必要なことが観察された。これは亜鉛の融点 (m.p. 419.5) が比較的 low、亜鉛を含有する金属融液を過剰に高温にさらすと、亜鉛が金属融液から蒸発してしまう可能性があるためである。

#### 【0073】

はんだ組成物中の元素の役割

本発明のはんだ組成物は、所望の製造性を提供しつつ、高い使用温度を実現し、強度および延性における必要な機械特性を付与し、目的とする用途に必要なとされる、濡れ性、安定性などの物理的特性を付与しうる無鉛合金である。望ましい製造特性には、製造時に生じがちな欠陥、仕損じ、および銀を含有する金属被覆電気コンタクト表面層をはんだ付けする際にしばしば生じる銀の溶出 (捕集) 現象を低減、またはなくしうるほど十分に低い処理温度の実現が含まれる。これは、アンチモン、銅、ニッケル、銀、スズと、必要に応じて、ゲルマニウムおよび亜塩と冶金的に合金化するか、これらが析出または分散している

インジウム系材料によって達成される。

【0074】

ニッケルおよび銅は、他の元素との組み合わせにより、処理温度の所望の上昇を含め、全体的な性能に寄与し、さらに、指定の処理条件下での機械特性にも寄与する。ニッケルおよび銅は、例えば、0.03重量%などの少量加えた場合であっても有効であり得る。これらの量は、ニッケルについて一般的に許容される不純物量(0.01%)より多く、銅について、銅回路を含む印刷回路基板にはんだ付けを行う場合を除き、一般的に許容される銅不純物の濃度よりも多い。アンチモンは、他の元素と組み合わせ、所望の温度範囲の達成に寄与する。アンチモンは、例えば、0.1重量%などの少量加えた場合であっても効果を発揮することができる。亜鉛は、他の元素と組み合わせ、処理温度を実質的に下げることなく、合金の強度の向上に寄与する。亜鉛は、例えば、0.3重量%などの少量加えた場合であっても有効であり得、この量は、亜鉛について一般的に許容される不純物量(0.003%)よりも多い。ゲルマニウムは、その抗酸化特性により、他の元素との組み合わせにおいて、はんだ組成物の加工性に寄与することができ、その効果は、場合によって、はんだ組成物中での検出が容易でない場合でも発揮される。

10

【実施例】

【0075】

はんだ組成物20の具体例の成分を重量%で示す分析値は、誘導結合プラズマ原子発光分光法(ICP-AEC)によって得られた。固相線温度および液相線温度の測定結果は、示差走査熱量測定(DSC)によって得られた。

20

【0076】

はんだの性能試験および結果

I. 温度サイクル試験

この試験は、DIN EN ISO 16750-4-H 5.3.1.2章にしたがって行われた。試験サンプルとしては、電力コネクタが本発明の具体的な実施形態のはんだ組成物ではんだ付けされた11個のガラスウインドシールド(4個は大型、4個は中型、3個は小型)を用いた。ブリッジ端子型電力コネクタ18aおよび18bの模式図をそれぞれ図4Aおよび図4Bに示す。各コネクタでは、隆起して伸長した架橋部が、対向する端部に離間して配置された2個のはんだパッド19の間に延伸している。以下、電力コネクタ18a、18bについては、電力コネクタ18と呼ぶことにする。各はんだパッド19の面積は約64mm<sup>2</sup>であり、図5に示されるように、はんだ組成物(はんだ組成物層)20の厚みは約0.5mmであった。電力コネクタ18のウインドシールド10へのはんだ付けにおいては、はんだインゴットをころがして、はんだリボンとし、はんだリボンを銅基材上にリフロー処理して連続片とし、はんだ片を裂いて均一な寸法とし、標準的な工具を用い、打ち抜き加工して端子を作製した。はんだ表面にフラックスを塗布して、抵抗はんだ付け器を用い、約750ワット秒~約1050ワット秒、例えば、約900ワット秒の範囲でエネルギーを加えつつ、ウインドシールド10上の電気コンタクト帯16の目標領域に、電力コネクタ18をはんだ付けした。次いで、電力コネクタ18をウインドシールド10の所定位置に保持しつつ、約8秒~約12秒、例えば、約10秒の所定時間冷却した。はんだ組成物20は、実質的に、約14.05重量%のスズと、約0.98重量%のアンチモンと、約0.87重量%の銅と、約0.70重量%のニッケルと、約0.63重量%の亜鉛と、約7.4重量%のインジウムと、約7.98重量%の銀からなるものであった。このはんだ組成物の融点(溶融温度:液相線温度)は約133.18であり、固相線温度は約123.94であった。ウインドシールド10上で、電気コンタクト帯16および電力線22に接続された電力コネクタ18を備えるアセンブリの完成品の模式図を図6に示す。

30

40

【0077】

この試験では、図7に示すように、気候制御試験室(例えば、比較的乾燥しているが制御されていない湿度で用いるRussells, Holland MI, Model RDV-42-25-25 / 11900955)の温度を、8時間の合計時間の中で、常温(約20)から-40まで変化させ、-40で90分保持した後、120分かけて105まで上昇させた後、常温に戻すという

50

サイクルを繰り返した。その際、図7に矢印でそれぞれ示すように、-40の工程が終了した時点で電流負荷14Vを電力線22を介して印加開始し、105の工程終了時に印加を停止した。20サイクル後、引っ張り試験300において(常温で)それぞれの電力コネクタ18を、3秒間引っ張った。その際、図8に示すように、デジタルフォースゲージ310(Mark-10 Long Island, NY, Model BG100)をはんだパッド19間のほぼ中点で電力コネクタ18にフック320によって接続し、ハンドル300を手動で操作して、50Nの力をはんだ層20およびウインドシールド表面10にほぼ垂直な方向に加えた。この試験中に、故障(すなわち、コネクタの脱離)は起こらなかった。

【0078】

#### II. ヒートソーク試験

この試験は、試験Iで使用した物と同じはんだ組成物によってはんだ付けされた、5個の電力コネクタを有する9個のウインドシールドサンプルに対し、DIN EN ISO 16750-4-K 5.1.2.2章にしたがって行われた。2個のウインドシールドサンプルには、実質的に、約14.14重量%のスズと、約0.76重量%のアンチモンと、約0.64重量%の銅と、約2.24重量%のニッケルと、約0.75重量%の亜鉛と、約76.07重量%のインジウムと、約5.81重量%の銀からなるはんだ組成物を使用した。このはんだ組成物の融点(溶融温度:液相線温度)は約137.58であり、固相線温度は約125.92であった。2個の他のウインドシールドサンプルには、実質的に、約13.43重量%のスズと、約1.31重量%のアンチモンと、約0.94重量%の銅と、約2.65重量%のニッケルと、約0.49重量%の亜鉛と、約72.97重量%のインジウムと、約7.54重量%の銀からなるはんだ組成物を使用した。このはんだ組成物の融点(溶融温度:液相線温度)は約140.64であり、固相線温度は約129.24であった。

【0079】

図9に示すこの試験400では、気候制御試験室(A&W Blake Hot Chamber)の温度を105に96時間維持した。その間の96時間を通じ、電流負荷(electrical current loading)14Vを電力線22を介して印加するとともに、はんだ層20およびウインドシールド表面10にほぼ垂直で、かつ重力加速度が加わる鉛直方向に、機械的な負荷6Nを加えた(負荷は、はんだパッド19間のほぼ中間点に、フック420を用いて重り410を接続することによって加えられる)。電力コネクタの温度(熱電対430によって測定される)は、印加された電流負荷によって、試験中に最大で約120まで上昇した。96時間の試験後、図8に示される上述の方法を用い、デジタルフォースゲージ(Mark-10 Long Island, NY, Model BG50)の表示で50Nの力で3秒間、それぞれの接続部を(常温で)引っ張った。この試験中に、故障(すなわち、コネクタの脱離または微細な割れ)は起こらなかった。

【0080】

#### III. 高温貯蔵試験

この試験は、試験Iについて上で使用したのと同じ試験サンプルで行われた。この試験では、電力コネクタには、電気的または機械的な負荷を加えずに、気候制御試験室の温度(比較的乾燥状態の湿度であるが、制御されていない)を120の一定温度に24時間維持した。24時間経過後、図8に示される上述の方法を用い、デジタルフォースゲージ(Mark-10 Long Island, NY, Model BG10)の表示で50Nの力で3秒間、それぞれの電力コネクタを(常温で)引っ張った。この試験中に、故障(すなわち、コネクタの脱離)は起こらなかった。

【0081】

#### IV. 電気負荷を加えた状態での長期試験

この試験は、試験IおよびIIIについて上で使用したのと同じ試験サンプルで行われた。この試験では、500時間にわたって電力コネクタに電流負荷14Vを加えつつ、気候制御室の温度(比較的乾燥状態であるが、湿度は制御していない)を105の一定温度に500時間維持した。500時間後、図8に示される上述の方法を用い、デジタル力測定器(Mark-10 Long Island, NY, Model BG100)の表示で50Nの力で3秒間、それぞ

10

20

30

40

50

れの電力コネクタを（常温で）引っ張った。この試験中に、故障（すなわち、コネクタの脱離）は起こらなかった。

#### 【0082】

##### V. ヒートショック試験

この試験は、DIN EN ISO 16750-4-H 5.4.2章にしたがって行われた。試験サンプルは、それぞれ30個の電力コネクタを有する12インチ×12インチの強化ガラスプレート5個であった。これらのプレートは、厚みが4mmであり、色がついており、エナメルが印刷されており、1インチ幅の6個の銀帯がその上に印刷されていた。銀帯に電力コネクタをはんだ付けした。2個のプレートの上にある電力コネクタは、実質的に約14.05重量%のスズと、約0.98重量%のアンチモンと、約0.87重量%の銅と、約0.70重量%のニッケルと、約0.63重量%の亜鉛と、約74.74重量%のインジウムと、約7.98重量%の銀とからなるはんだ組成物によってはんだ付けした。このはんだ組成物の融点（溶融温度：液相線温度）は約133.18であり、固相線温度は約123.94であった。他の一個のプレートの上にある電力接続部のはんだ付けには、実質的に約14.14重量%のスズと、約0.76重量%のアンチモンと、約0.64重量%の銅と、約2.24重量%のニッケルと、約0.75重量%の亜鉛と、約76.07重量%のインジウムと、約5.81重量%の銀とからなるはんだ組成物を用いた。このはんだ組成物の融点（溶融温度：液相線温度）は約137.58であり、固相線温度は約125.92であった。もう1個の別のプレートの上の電力コネクタは、実質的に約13.43重量%のスズと、約1.31重量%のアンチモンと、約0.94重量%の銅と、約2.65重量%のニッケルと、約0.49重量%の亜鉛と、約72.97重量%のインジウムと、約7.54重量%の銀とからなるはんだ組成物を用いてはんだ付けした。このはんだ組成物の融点（溶融温度：液相線温度）は約140.64であり、固相線温度は約129.24であった。

10

20

30

40

#### 【0083】

この試験では、サイクルは、電気的または機械的な負荷を加えずに、気候制御室中で、サンプルを1時間かけて105まで加熱した後、サンプルを冷水（約23以下、冷蔵庫から）に完全に沈めることから構成された。各サイクルの後、サンプルを圧縮空気で乾燥させた。5サイクルの後、次いで10サイクルの後、図8に示される上述の方法を用い、デジタル力測定器（Mark-10 Long Island, NY, Model BG100）の表示で50Nの力で3秒間、それぞれの電力コネクタを（常温で）引っ張った。この試験中に、故障（すなわち、コネクタの脱離）は起こらなかった。

#### 【0084】

##### VI. 高湿度試験：一定気候

この試験はDIN EN ISO 6270-2-CHにしたがって行われ、8個のウインドシールドサンプルを、環境室中で80度の一定温度、湿度>96%RH（水蒸気により形成）に合計504時間さらした。その際、電力接続部に電流負荷14V（約2.2Aが生じる）を、所定の温度および湿度に到達して10時間後に最初に15分間印加し、その後、504時間の終了まで24時間毎に15分間ずつ印加した。電力コネクタの温度（熱電対によって測定）は、印加された電流負荷によって、試験中に最大で約95まで上昇した。504時間後、図8に示される上述の方法を用い、デジタル力測定器（Mark-10 Long Island, NY, Model BG10）の表示で50Nの力で3秒間、それぞれの接続部を（常温で）引っ張った。銀層（電気コンタクト表面層16）が、504時間内または引っ張り試験の間にガラス10から分離した場合、引っ張り試験および電気試験は行うことができず、はんだの接触は良好であると評価された。しかし、試験Vで記載した上記の3種類のはんだ組成物のそれぞれに対応する各1個のウインドシールドサンプルについて、高湿度ノ一定気候での試験を終了した時点で故障（すなわち、コネクタの脱離）は生じなかった。

#### 【0085】

##### VII. スクリーン洗浄液への耐性

この試験サンプルは、それぞれ30個の電力接続部を有する12インチ×12インチの

50

ガラスプレートであり（上述のとおり）、実質的に約 14.05 重量%のスズと、約 0.98 重量%のアンチモンと、約 0.87 重量%の銅と、約 0.70 重量%のニッケルと、約 0.63 重量%の亜鉛と、約 74.74 重量%のインジウムと、約 7.98 重量%の銀とからなるはんだ組成物を用いてはんだ付けした。このはんだ組成物の融点（溶融温度：液相線温度）は約 133.18 であり、固相線温度は約 123.94 であった。

#### 【0086】

この試験では、11と1/8カップの水、3と1/6カップのエタノール、1.6カップのイソプロパノール、大さじで1と1/4杯のエチレングリコール、大さじ4分の1杯のラウリル硫酸ナトリウムから作られたウインドシールド洗浄溶液を模倣した液に試験サンプルを24時間沈めた。24時間後、図8に示される上述の方法を用い、それぞれの電力コネクタを（常温で）引っ張った。但し、力測定器310にはInstron力測定器（Instron, Norwood, MA Model 5544）を用い、力測定器に対して50Nの力を2秒加え、100mm/分の速度で操作した。この試験中に、故障（すなわち、コネクタの脱離）は起こらなかった。

10

#### 【0087】

##### VII. 塩噴霧試験

この試験は、DIN EN ISO 9227 8章にしたがって行われた。この試験サンプルは、それぞれ30個の電力コネクタを有する12インチ×12インチのガラスプレートであり（上述のとおり）、各電力コネクタは、実質的に約 14.05 重量%のスズと、約 0.98 重量%のアンチモンと、約 0.87 重量%の銅と、約 0.70 重量%のニッケルと、約 0.63 重量%の亜鉛と、約 74.74 重量%のインジウムと、約 7.98 重量%の銀とからなるはんだ組成物によってはんだ付けされた。このはんだ組成物の融点（溶融温度：液相線温度）は約 133.18 であり、固相線温度は約 123.94 であった。

20

#### 【0088】

この試験では、試験室（Harshaw Model 22）中、試験サンプルを塩噴霧に96時間さらした。塩濃度は5%であり、pHは6.5～7.2であった。塩の霧の温度は+35 ± 2 に設定され、塔の温度は+48 に設定され、空気圧は16～18psiであった。96時間後、図8に示される上述の方法を用い、それぞれの電力コネクタを（常温で）引っ張った。但し、フォースゲージ310には、Instronフォースゲージ（Instron, Norwood, MA Model 5544）を用い、100mm/分の速度で操作して50Nの力を2秒加えた。この試験中に、故障（すなわち、接続部の脱離）は起こらなかった。

30

#### 【0089】

本明細書に引用したあらゆる特許、公開された刊行物および参考文献の教示は、その全体が本明細書に参考として組み込まれる。

#### 【0090】

例となる実施形態を参照しつつ、本発明を具体的に図示し、記載したが、当業者であれば理解しうるように、添付の特許請求の範囲に包含される本発明の範囲から逸脱しないかぎり、形態および詳細について種々の変化を加えることが可能である。

【 図 1 】

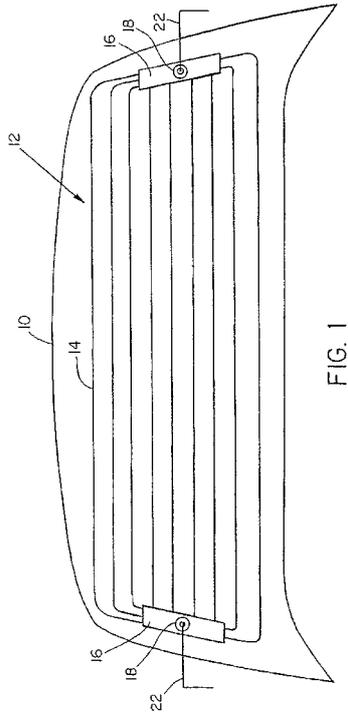


FIG. 1

【 図 2 】

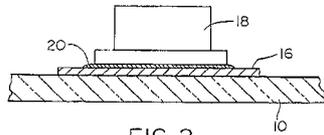


FIG. 2

【 図 3 B 】

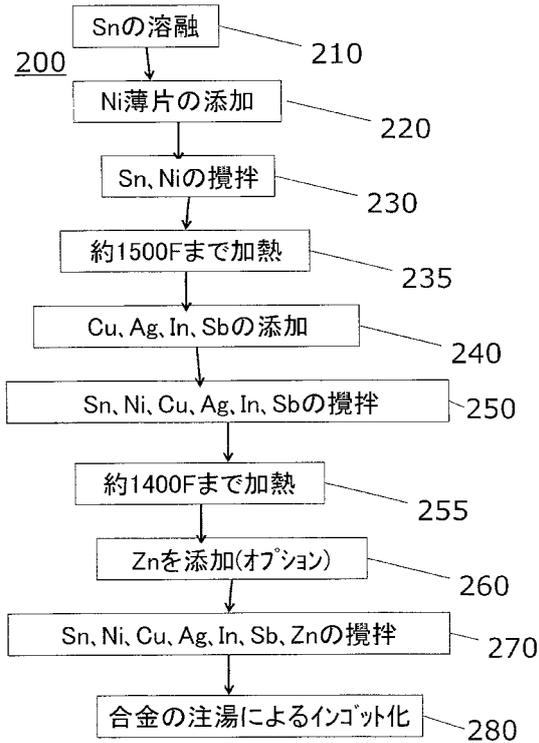


FIG. 3B

【 図 3 A 】

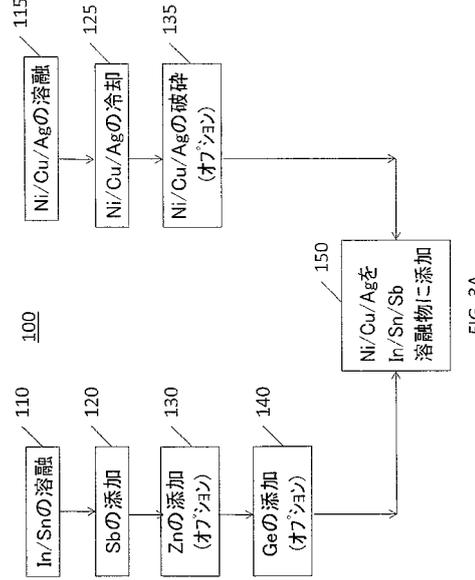


FIG. 3A

【 図 4 A 】

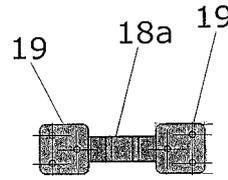


FIG. 4A

【 図 4 B 】

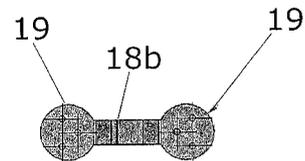


FIG. 4B

【 図 5 】

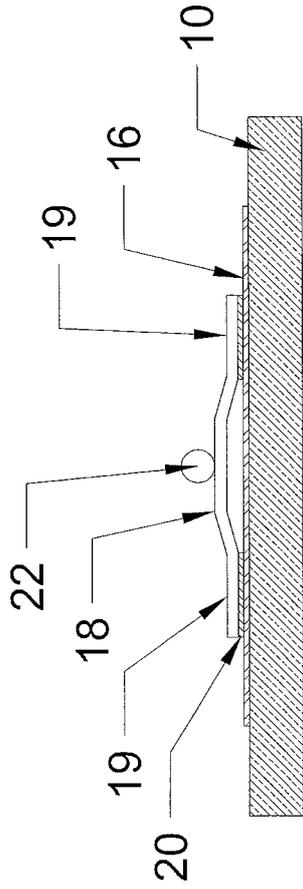


FIG. 5

【 図 6 】

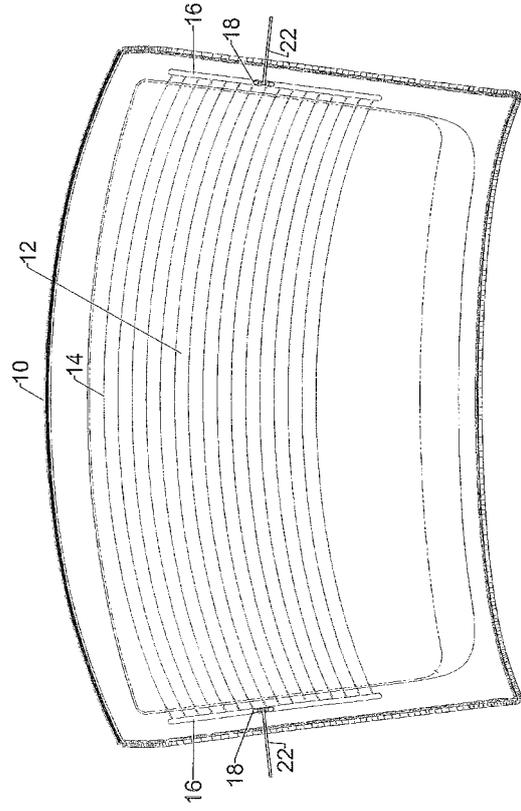


FIG. 6

【 図 7 】

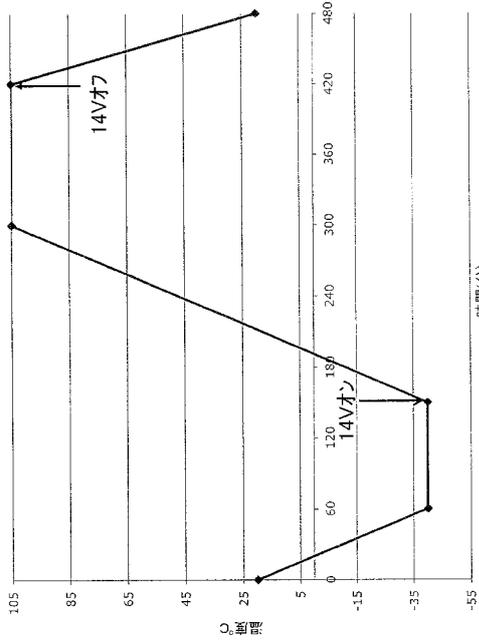


FIG. 7

【 図 8 】

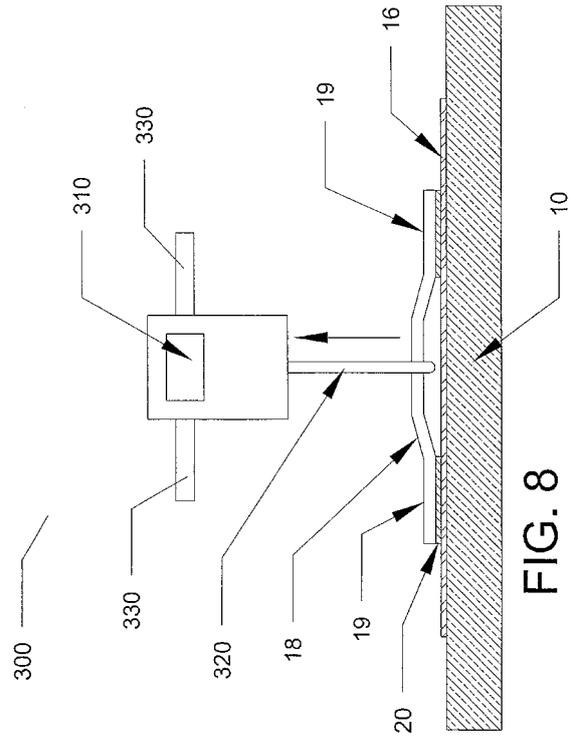
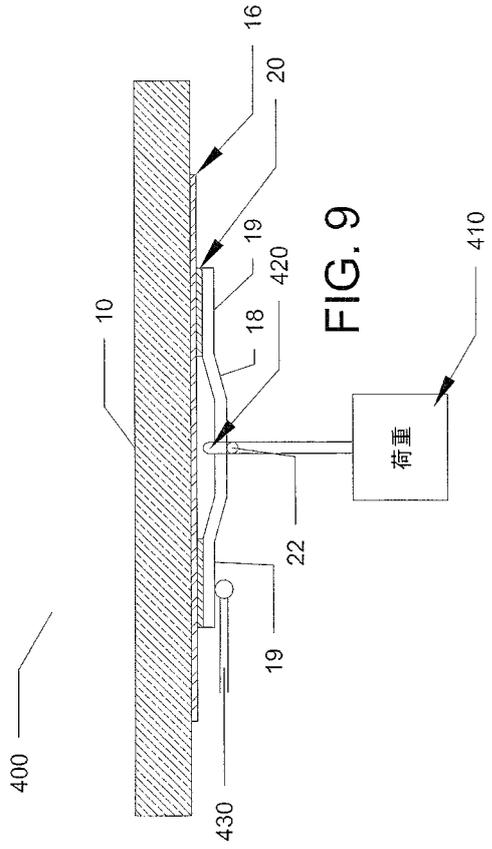


FIG. 8

【 図 9 】



## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2012/023492

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. B23K35/24 C22C28/00 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B23K C22C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, INSPEC, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 253 988 B1 (PEREIRA JOHN [US]) 3 July 2001 (2001-07-03) columns 2-3; claims 1-17; examples 1-2 -----	1-95
A	US 6 179 935 B1 (YAMASHITA MITSUO [JP] ET AL) 30 January 2001 (2001-01-30) columns 3-4; examples 1-8 -----	1-95
A	JP 2001 214985 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 10 August 2001 (2001-08-10) abstract -----	1-95
A	US 2005/031483 A1 (LIU CHENG-YI [TW] ET AL) 10 February 2005 (2005-02-10) paragraphs [0009] - [0037]; claims 1-14 -----	1-95
A	JP 2003 013165 A (SORUDAA KOOTO KK; ANZEN DENGU KK) 15 January 2003 (2003-01-15) abstract; claims 1-2 -----	1-95
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search  25 April 2012		Date of mailing of the international search report  04/05/2012
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 6818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Chebelev, Alice

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/US2012/023492

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6253988	B1	03-07-2001	AU 4040100 A 16-10-2000 US 6253988 B1 03-07-2001 WO 0058051 A1 05-10-2000
US 6179935	B1	30-01-2001	DE 19816671 A1 22-10-1998 US 6179935 B1 30-01-2001
JP 2001214985	A	10-08-2001	JP 3630400 B2 16-03-2005 JP 2001214985 A 10-08-2001
US 2005031483	A1	10-02-2005	TW 1222910 B 01-11-2004 US 2005031483 A1 10-02-2005
JP 2003013165	A	15-01-2003	NONE

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN

(72)発明者 ファン・ジェニー・エス  
アメリカ合衆国, オハイオ州 44022, モアランド ヒルズ, スリー キャブレックノル レ  
イン

(72)発明者 ペレイラ・ジョン  
アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 02769, リホボス, アグリカルチュラル アベニュー  
223

(72)発明者 マッキン・アレクサンドラ・エム  
アメリカ合衆国, ロードアイランド州 02893, ウエスト ウォーウィック, フォーネリ ス  
トリート 26

(72)発明者 ゴンザルヴェス・ジョセフ・シー  
アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 02760, ノース アトルボロー, ウエスト ストリー  
ト 99

Fターム(参考) 5E319 AC04 BB08 CC22 GG03 GG11