(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 16 413 T2** 2005.11.03

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 195 217 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 16 413.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP00/03678**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 935 564.5**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/76708**
(86) PCT-Anmeldetag: **07.06.2000**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **21.12.2000**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **10.04.2002**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **01.12.2004**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.11.2005**

(51) Int Cl.[7]: **B23K 1/06**
B23K 1/00, B23K 20/10, H05K 3/34, H01L 21/607, B23K 35/26

(30) Unionspriorität:
16516599 11.06.1999 JP

(73) Patentinhaber:
Matsushita Electric Industrial Co., Ltd., Kadoma, Osaka, JP; Matsushige, Kazumi, Uji, Kyoto, JP

(74) Vertreter:
Eisenführ, Speiser & Partner, 28195 Bremen

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, GB

(72) Erfinder:
MATSUSHIGE, Kazumi, Uji-shi, Kyoto 611-0011, JP; HORIUCHI, Toshihisa, Momoyama-cho, Kyoto 612-8034, JP; IKARI, Takashi, Toyonaka-shi, JP; SUETSUGU, Kenichiro, Nishinomiya-shi, Hyogo 662-0825, JP; HIRANO, Masato, Toyonaka-shi, Osaka 560-0055, JP; HIBINO, Shunji, Hirakata-shi, Osaka 573-0075, JP; YAMAGUCHI, Atsushi, Mino-shi, Osaka 562-0044, JP

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUM LÖTEN MIT BLEIFREIEM LÖTMATERIAL**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Löten mit einem bleifreien Lot gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 (siehe beispielsweise die WO-A-99/12689), das zum Verbinden von mindestens einem zu befestigenden Element und einem zu bestückenden Element angewendet wird.

Stand der Technik

[0002] Im Hinblick auf den Umweltschutz und weil das Blei, das im bisher zum Montieren elektronischer Bauelemente auf Schaltplatinen verwendeten Lot auf Sn-Pb-Basis (Zinn/Blei) enthalten ist, sich nicht nur auf die Umwelt, sondern auch auf den Menschen ungünstig auswirkt, wurde in letzter Zeit Lot, das kein Blei enthält, also bleifreies Lot, entwickelt. Bisher wurde bleifreies Lot auf der Basis von Sn-Cu (Zinn/Kupfer), Sn-Ag (Zinn/Silber), Sn-Zn (Zinn/Zink), Sn-Bi (Zinn/Wismut), Sn-In (Zinn/Indium), In-Ag (Indium/Silber) usw. entwickelt, und insbesondere Lot auf Sn-Cu-, Sn-Ag- und Sn-Zn-Basis hat ein Nutzungspotential.

[0003] Jedoch hat bleifreies Sn-Cu-Lot, beispielsweise mit der Zusammensetzung Sn-0,7Cu, einen Schmelzpunkt von 227 °C, bleifreies Sn-Ag-Lot, beispielsweise mit der Zusammensetzung Sn-3,5Ag, einen Schmelzpunkt von 221 °C und bleifreies Sn-Zn-Lot, beispielsweise mit der Zusammensetzung Sn-8Zn einen Schmelzpunkt von 199 °C, verglichen mit dem Schmelzpunkt von 183 °C des üblichen eutektischen Sn-Pb-Lots, das Blei enthält. Auch wenn von diesen Loten das Sn-Zn-Lot den niedrigsten Schmelzpunkt hat, gibt es bei dem bleifreien Lot auf Sn-Zn-Basis Probleme, die gelöst werden müssen, bevor es in der oben angegebenen Weise für die Montage elektronischer Bauelemente auf Schaltplatinen verwendet werden kann, weil Zn leicht oxidiert und es bisher kein wirksames Mittel gibt, die Oxidation zu verhindern. Unter diesen Umständen ist das jetzt brauchbare bleifreie Lot das Lot auf Sn-Cu-Basis und das Lot auf Sn-Ag-Basis, wobei jedoch bei beiden der Schmelzpunkt um etwa 40 °C höher ist als beim eutektischen Lot.

[0004] Die normalen elektronischen Bauelemente sind bis etwa 230 °C wärmebeständig. Daher ist bei Verwendung des konventionellen eutektischen Lots zum Montieren elektronischer Bauelemente auf Schaltplatinen ein Temperaturspielraum von etwa 50 °C gegeben. Dieser Temperaturspielraum verschwindet jedoch nahezu, wenn beispielsweise ein Lot auf Sn-Cu-Basis oder auf Sn-Ag-Basis zum Montieren verwendet wird. Der Temperaturspielraum ist noch extremer bei Bauelementen von geringer Wärmebeständigkeit wie beispielsweise Elektrolytkondensatoren aus Aluminium und dergleichen.

[0005] Um den Schmelzpunkt der bleifreien Lote nach Möglichkeit auf oder unter den Schmelzpunkt des herkömmlichen eutektischen Lots abzusenken, wird bleifreies Lot beispielsweise folgender Zusammensetzung: Sn-3,5Ag-6Bi, Sn-3,5Ag-3Bi-3In und dergleichen, dem Bi (Wismut), In (Indium) und dergleichen als schmelzpunktherabsetzendes Metall zugesetzt sind, das den Schmelzpunkt herabsetzt, vorgeschlagen.

[0006] Das herkömmliche eutektische Lot geht fast unmittelbar aus der Schmelze in den festen Zustand über. Der Schmelzpunkt des bleifreien Lots dagegen nimmt in Abhängigkeit von der Menge des zugesetzten Bi ab, wenn dem bleifreien Lot Bi zugesetzt wurde. Wenn jedoch dem bleifreien Lot beispielsweise Bi zugesetzt wurde, wechselt es in einem größeren Temperaturbereich aus der Schmelze in den festen Zustand als das herkömmliche eutektische Lot. Das hat zur Folge, dass das bleifreie Lot bei der Verfestigung in einen Zustand kommt, in dem ein Teil bereits verfestigt ist und ein Teil noch geschmolzen. Daher können Kristalle von beispielsweise Bi, die im bleifreien Lot **4** groß werden, an der Verbindungsstelle **3** zwischen einem elektronischen Bauelement **1** und einer Elektrode **2** der Schaltplatine **5** abgeschieden werden, wie in Fig. 8 gezeigt. In der Vergrößerung der Verbindungsstelle von Fig. 8 ist die Zusammensetzung des bleifreien Lots **4** an der Verbindungsstelle **3** schematisch dargestellt, wobei das Symbol „O" beispielsweise für Bi steht und das Symbol „□" beispielsweise für Ag. Das Symbol „Δ" an der Verbindungsstelle mit der Elektrode **2** steht für eine Verbindung aus Cu als dem Material der Elektrode **2** und Sn im bleifreien Lot.

[0007] Dabei hat Bi allein eine größere Härte als Sn und Ag. Daher wird das bleifreie Lot an der Stelle, an der sich wegen der Absonderung von Bi-Kristallen Bi sammelt, spröde, wenn das bleifreie Lot zu beispielsweise mehreren Zehner Gewichtsprozent Bi enthält. Die Verbindungsfestigkeit an den Verbindungsstellen nimmt ab, wenn die Bi-Kristalle ungleichmäßig verteilt sind und sich an den Verbindungsstellen zur Elektrode **2** verfestigen, was dazu führt, dass zwischen der Elektrode **2** und dem elektronischen Bauelement **1** keine ausreichende Verbindungsfestigkeit erzielt werden kann. Im Hinblick auf eine verlässliche Verbindungsfestigkeit ist der Bi-Gehalt daher derzeit unvermeidlich auf einige Gewichtsprozent beschränkt, so dass der Schmelzpunkt derzeit nicht ausreichend gesenkt werden kann. Da der Schmelzpunkt des derzeitigen bleifreien Lots, wie oben angegeben, höher ist als der Schmelzpunkt des eutektischen Lots, ist unvermeidlich beispielsweise mehr Energie zum Schmelzen des Lots erforderlich als bei Verwendung des eutektischen Lots, wodurch sich Probleme in punkto Kosten und Energieeinsparung ergeben. Außerdem können Bauelemente von geringer Temperaturbeständigkeit nicht mit dem bleifreien

Lot gelötet werden.

[0008] Die vorliegende Erfindung zielt darauf ab, die genannten Probleme zu lösen, und hat die Aufgabe, ein Verfahren zum Löten mit einem bleifreien Lot, bei dem der Schmelzpunkt des bleifreien Lots erniedrigt ist und eine Verschlechterung der Verbindungsfestigkeit bei durch das bleifreie Lot miteinander verbundenen Teilen verhindert wird, sowie verbundene Objekte, die unter Anwendung des Lötverfahrens gelötet wurden, zur Verfügung zu stellen.

[0009] Die WO 99/12689 offenbart ein Verfahren zum Verbinden von Werkstücken durch aktives Löten. Das Verfahren beinhaltet das Reinigen der Oberflächen der zu verbindenden Werkstücke, das Erwärmen der zu verbindenden Werkstücke, das Aufbringen eines aktiven Niedrigtemperatur-Lotmaterials auf mindestens eine der Oberflächen der zu verbindenden Werkstücke, das mechanische Aktivieren des geschmolzenen Lotmaterials, um Oxidschichten auf dem Lotmaterial aufzubrechen, während das Lotmaterial in Kontakt mit den Oberflächen der zu verbindenden Werkstücke kommt, das Zusammensetzen der Oberflächen der zu verbindenden Werkstücke und das Aufbringen von Druck auf die Oberflächen der zu verbindenden Werkstücke sowohl, während das Lotmaterial geschmolzen ist, als auch während des Abkühlens des Lotmaterials bis zur Verfestigung.

[0010] Die JP 08-252688 offenbart eine Lotlegierung für das Verbinden bei niedriger Temperatur, eine elektronische Vorrichtung, in der die Legierung verwendet wird, und ihre Herstellung. Die Lotlegierung für das Verbinden bei niedriger Temperatur besteht zu 37 bis 58 Gewichtsprozent aus Sn, zu 0,1 bis 2,5 Gewichtsprozent aus Ag und im übrigen aus Bi.

[0011] Die JP 01-037077 offenbart ein Aufschmelzlötverfahren. Wenn das Lot beim Schmelzen auf eine Temperatur erwärmt wird, die über dem Schmelzpunkt liegt, und das Lot geschmolzen ist, wird das Chipbauelement durch einen Generator zur Erzeugung feiner Schwingungen feinen Schwingungen, beispielsweise Ultraschallschwingungen, unterworfen. Damit können Lötmängel wie die Diskrepanz des Bauelements vermieden werden.

[0012] Die EP 0 787 559 A1 offenbart eine Lotlegierung, die hauptsächlich aus Sn besteht und kein Blei enthält, sowie ein Lötverfahren.

[0013] Die JP 09-327791 offenbart eine bleifreie Lotlegierung, die sich zu 0,5 bis 3,5 Gewichtsprozent aus Ag, zu 10,0 bis 20,0 Gewichtsprozent aus Cu und im übrigen aus Sn zusammensetzt.

Offenbarung der Erfindung

[0014] Zur Verwirklichung der genannten und weiterer Aspekte wird mit der vorliegenden Erfindung das Verfahren zum Löten mit einem bleifreien Lot gemäß Anspruch 1 zur Verfügung gestellt.

[0015] Weil nach dem erfindungsgemäßen Lötverfahren während der Verfestigung des geschmolzenen bleifreien Lots Ultraschallschwingungen einwirken, können Kristalle der im bleifreien Lot enthaltenen Komponenten ganz klein gehalten und daran gehindert werden, sich an der Verbindungsstelle entweder des Bestückungselements oder des zu bestückenden Elements, die durch das bleifreie Lot miteinander verbunden werden sollen, abzusondern, so dass die Verbindungsfestigkeit zwischen dem Bestückungselement und dem zu bestückenden Element im Vergleich zu der Situation ohne Ultraschallschwingungen erhöht werden kann.

[0016] Bei einem verbundenen Objekt, das unter Einsatz des genannten erfindungsgemäßen Lötverfahrens gelötet worden ist, werden, wie gesagt, Kristalle der im bleifreien Lot enthaltenen Komponenten ganz klein gehalten und daran gehindert, sich an den Verbindungsstellen des verbundenen Objekts abzusondern, und die Verbindungsfestigkeit an den Verbindungsstellen ist im Vergleich zu der Situation ohne Einwirken von Ultraschallschwingungen erhöht. Damit kann ein verbundenes Objekt mit hoher Verbindungsfestigkeit zur Verfügung gestellt werden.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0017] Die genannten und weitere Aspekte und Merkmale der vorliegenden Erfindung gehen aus der nachfolgenden Beschreibung anhand der bevorzugten Ausführungsbeispiele und unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen hervor, die folgendes zeigen:

[0018] Fig. 1 ist ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Löten mit einem bleifreien Lot.

[0019] Fig. 2 ist ein Diagramm zur Darstellung des zeitlichen Ablaufs des Einwirkenlassens von Ultraschallschwingungen bei Fig. 1.

[0020] Fig. 3 ist ein gedachtes Diagramm zur Erläuterung des Zustands, dass Kristalle der im bleifreien Lot enthaltenen Komponenten an der Verbindungsstelle zwischen einer Elektrode der Schaltplatine und einem elektronischen Bauelement vorhanden sind, wenn bei dem Lötverfahren nach Fig. 1 Ultraschallschwingungen einwirken.

[0021] Fig. 4 ist eine graphische Darstellung der Beziehung zwischen dem Einwirken oder dem Nichteinwirken von Ultraschallschwingungen und der Zugfestigkeit eines bleifreien Lots der Zusammensetzung Sn-3,5Ag-40Bi.

[0022] Fig. 5 ist eine graphische Darstellung der Beziehung zwischen dem Einwirken oder dem Nichteinwirken von Ultraschallschwingungen und der Zugfestigkeit eines bleifreien Lots der Zusammensetzung Sn-3,5Ag-20Bi.

[0023] Fig. 6 ist eine graphische Darstellung der Beziehung zwischen dem Einwirken oder dem Nichteinwirken von Ultraschallschwingungen und der Zugfestigkeit eines bleifreien Lots der Zusammensetzung Sn-3,5Ag-6Bi.

[0024] Fig. 7 ist ein Diagramm zur Erläuterung eines Verfahrens zum Messen der Zugfestigkeit, und

[0025] Fig. 8 ist ein gedachtes Diagramm zur Erläuterung des Zustands, dass Kristalle der im bleifreien Lot enthaltenen Komponenten an der Verbindungsstelle zwischen der Elektrode der Schaltplatine und dem elektronischen Bauelement vorhanden sind, wenn keine Ultraschallschwingungen einwirken.

Beste Ausführungsart für die Erfindung

[0026] Es folgt die Beschreibung eines Ausführungsbeispiels für das erfindungsgemäße Verfahren zum Löten mit einem bleifreien Lot und eines verbundenen Objekts, das unter Einsatz des erfindungsgemäßen Lötverfahrens gelötet wurde, unter Bezugnahme auf die Zeichnungen. Vorab sei darauf hingewiesen, dass in den Zeichnungen gleiche Teile durchweg mit demselben Bezugszeichen bezeichnet sind.

[0027] Bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel ist das verbundene Objekt eine Schaltplatine und ein elektronisches Bauelement zur Darstellung des Falles, dass das elektronische Bauelement als Beispiel für ein Bestückungselement auf die Schaltplatine als Beispiel für ein zu bestückendes Element gelötet werden soll.

[0028] Bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel wird als Beispiel für ein Lot, das eine Zinnlegierung ist und kein Blei enthält, d.h. für ein bleifreies Lot, ein Lot genommen, in dem Bi als Metall zur Erniedrigung des Schmelzpunktes des bleifreien Lots wirkt, d.h. dass dem obengenannten Lot auf Sn-Ag-Basis Bi als Schmelzpunkterniedrigungsmetall zugesetzt ist. Jedoch ist das bleifreie Lot nicht auf diese Zusammensetzung beschränkt, und es kann auch eines der obengenannten Lote auf Sn-Cu-Basis, auf Sn-Zn-Basis, auf Sn-Bi-Basis, auf Sn-In-Basis, auf In-Ag-Basis etc. sein, und das zur Erniedrigung des Schmelzpunktes zugesetzte Metall kann Bi, In, Cu o.ä. sein. Das Metall zur Erniedrigung des Schmelzpunkts macht mehr als etwa 0,5 Gewichtsprozent aus, ist nicht auf ein einziges Metall wie beispielsweise Bi oder dergleichen beschränkt und kann auch eine Legierung sein, die z.B. Bi oder dergleichen enthält.

[0029] Das Verfahren zum Löten mit einem bleifreien Lot umfasst die in Fig. 1 dargestellten Schritte. Das für das Lötverfahren verwendete bleifreie Lot hat die Zusammensetzung Sn-Ag-Bi. Der Bi-Gehalt beträgt einmal 20 Gewichtsprozent und einmal 40 Gewichtsprozent. Der Maximalgehalt von Bi beträgt 58 Gewichtsprozent (Sn-58Bi), in welchem Fall Bi in einen eutektischen Zustand mit Sn kommt und kein Ag enthalten ist.

[0030] Bei dem Verfahren zum Löten mit einem bleifreien Lot nach Fig. 1 wird im Schritt („S" in der Zeichnung) 1 das bleifreie Lot **101**, das beispielsweise die Zusammensetzung Sn-3,5Ag-40Bi hat, geschmolzen. Im anschließenden Schritt **2** wird das bleifreie Lot **101** bei dem elektronischen Bauelement **1** und der Schaltplatine **5**, die das bereits genannte verbundene Objekt bilden, in Kontakt mit der Verbindungsstelle **3** zwischen dem elektronischen Bauelement **1** und einer Elektrode **2** auf der Schaltplatine **5** gebracht.

[0031] Im anschließenden Schritt 3 wird mit dem Kühlen des bleifreien Lots **101** einschließlich der Verbindungsstelle **3** begonnen. Außerdem wird der Ultraschalltrichter eines Ultraschallschwingers in Kontakt mit der Schaltplatine **5** gebracht, um zumindest die Verbindungsstelle **3** in Schwingungen zu versetzen. Die Schwingungen haben eine Frequenz der Stärke, bei der Kristalle klein und an einer ungleichmäßigen Verteilung gehindert werden, wie noch näher beschrieben wird, d.h. beispielsweise eine Amplitude von einigen um.

[0032] Durch die Ultraschallschwingungen wird das bleifreie Lot **101** in Schwingungen versetzt, wenn die Ultraschallschwingungen auf die Verbindungsstelle **3** einwirken. Zu groß geratene Bi-Kristalle **31** (siehe Fig. 8) werden unter der Schwingungseinwirkung klein, wie in Fig. 3 gezeigt, und außerdem wird das bleifreie Lot **101** durch die Schwingungswirkung durchmischt, so dass eine ungleichmäßige Verteilung der Bi-Kristalle, beispielsweise an der Verbindungsstelle mit der Elektrode **2**, verhindert werden kann. Daher werden die Bi-Kristalle, die eine größere Härte haben als die anderen Komponenten des bleifreien Lots **101**, z.B. Sn, Ag oder dergleichen, daran gehindert, sich so abzusondern und zu verfestigen, dass sie sich beispielsweise an der Verbindungsstelle mit der Elektrode **2** sammeln. Wenn in dem hier behandelten Beispiel für ein bleifreies Lot **101** Ag als eine Komponente enthalten ist, wird zwar eine Legierung aus Sn und Ag gebildet und abgeschieden, jedoch bewirken die Ultraschallschwingungen auch bei der Sn-Ag-Legierung die Bildung feiner Kristalle. Damit erhält die ganze Verbindungsstelle **3** eine nahezu gleichmäßige Zusammensetzung, und außerdem werden in jeder Zusammensetzung die Kristalle klein. Somit erhält die gesamte Verbindungsstelle **3** eine einheitliche Festigkeit, und die Verbindungsfes-

tigkeit an der Verbindungsstelle mit der Elektrode **2** ist gegenüber dem Stand der Technik ohne Ultraschallschwingungen verbessert.

[0033] Durch die Ultraschallschwingungen können noch folgende weitere Wirkungen erzielt werden: Auch wenn sich auf Oberflächenbereichen der Elektrode **2** und der Elektrode des elektronischen Bauelements- **1**, deren Hauptbestandteil, wie bereits erwähnt, Cu ist, eine Verbindung aus dem im bleifreien Lot **101** enthaltenen Sn und Cu bildet, wird unter der Wirkung der Ultraschallschwingungen eine Schicht mit der Sn-Cu-Verbindung in das bleifreie Lot **101** eindiffundiert. Die Verbindungsfestigkeit an der Verbindungsstelle mit der Elektrode **2** kann noch weiter verstärkt werden, wenn man die Ultraschallschwingungen so einwirken lässt, dass die Dicke **102** der Schicht mit der Sn-Cu-Verbindung einen geeigneten Wert annimmt. Umgekehrt wird die Verbindungsfestigkeit geringer, wenn die Dicke **102** den geeigneten Wert übersteigt. Daher sollten die Frequenz und die Ultraschallschwingung gesteuert sein.

[0034] Weil die Oberflächenspannung des bleifreien Lots durch Einwirken der Ultraschallschwingungen verringert werden kann, können außerdem die Lötfähigkeit verbessert und die Verbindungsfestigkeit gesteigert werden.

[0035] Wie bereits erwähnt, werden die Amplitude und die Frequenz der Ultraschallschwingungen an der Verbindungsstelle **3** auf einen solchen Wert eingestellt, dass die im bleifreien Lot enthaltenen Komponenten, beispielsweise die erwähnten Bi-Kristalle, an der Verbindungsstelle des verbundenen Objekts klein werden, dass Kristalle der gebildeten Legierung, z.B. Sn-Ag oder dergleichen, klein werden, dass die enthaltenen Komponenten und die Legierungskristalle am Absondern gehindert werden und dass die Verbindungsfestigkeit der Verbindungsstelle zwischen der Elektrode **2** der Schaltplatine **5** und der Elektrode des elektronischen Bauelements **1** gesteigert wird und außerdem die Dicke der Schicht mit der Sn-Cu-Verbindung an der Verbindungsstelle erhöht wird, wodurch sowohl die Verbindungsfestigkeit als auch die Lötfähigkeit gesteigert wird.

[0036] Die Ultraschallschwingungen können so gestartet werden, dass sie gleichzeitig mit dem Beginn der Abkühlung des geschmolzenen bleifreien Lots **101** einsetzen, was in Fig. 2 mit der Zeit t1 angegeben ist, oder sie können vor dem Beginn der Abkühlung gestartet werden, was durch die Zeit t0 angegeben ist. Die Einwirkung sollte wenigstens unmittelbar vor dem Zeitpunkt beginnen, zu dem die Temperatur des bleifreien Lots **101** die Verfestigungstemperatur erreicht, was durch die Zeit t2 angegeben ist. Der Endpunkt der Einwirkung der Ultraschallschwingungen ist erreicht, wenn das bleifreie Lot **101** vollständig verfestigt ist.

[0037] Auch wenn eine kontinuierliche Einwirkung der Ultraschallschwingungen bevorzugt ist, ist eine intermittierende Einwirkung möglich.

[0038] Es wurden Versuche zur Ermittlung der Verbindungsfestigkeit bei der vorstehend beschriebenen Einwirkung von Ultraschallschwingungen und beim Stand der Technik, bei dem keine Ultraschalleinwirkung vorgesehen ist, angestellt. Ein Versuchsverfahren ist in Fig. 7 gezeigt, und die Versuchsergebnisse sind in Fig. 4 bis Fig. 6 dargestellt.

[0039] Nach dem Versuchsverfahren wird ein Anschlussdraht des elektronischen Bauelements **1**, der unter Verwendung des bleifreien Lots mit der Elektrode **2** verbunden wurde, im Winkel von 45° hochgezogen, und es werden die Trennung zwischen Anschlussdraht und Elektrode **2** und die Zugfestigkeit zu dem Zeitpunkt, zu dem der Anschlussdraht oder die Elektrode **2** an die Bruchbelastung kommt, kontrolliert. Fig. 4 gibt das Versuchsergebnis für ein bleifreies Lot der Zusammensetzung Sn-3,5Ag-40Bi an, während Fig. 5 das Versuchsergebnis für die Zusammensetzung Sn-3,5Ag-20Bi und Fig. 6 das Versuchsergebnis für die Zusammensetzung Sn-3,5Ag-6Bi angeben. Das bleifreie Lot der Zusammensetzung Sn-3,5Ag-40Bi hat einen Schmelzpunkt von etwa 180 °C, das bleifreie Lot der Zusammensetzung Sn-3,5Ag-20Bi hat einen Schmelzpunkt von etwa 200 °C, und das bleifreie Lot der Zusammensetzung Sn-3,5Ag-6Bi hat einen Schmelzpunkt von etwa 216 °C.

[0040] Wie sich insbesondere aus den Versuchsergebnissen von Fig. 4 und Fig. 5 ersehen lässt, ist die Zugfestigkeit bei Einwirken von Ultraschallschwingungen höher als bei Nichteinwirken von Ultraschallschwingungen. Wie aus den Versuchsergebnissen von Fig. 4, Fig. 5 und Fig. 6 deutlich wird, sind Ultraschallschwingungen außerdem in bleifreiem Lot mit hohem Bi-Gehalt besonders wirksam.

[0041] Durch die Wirkung der obengenannten Ultraschallschwingungen kann Zuverlässigkeit sogar in bleifreiem Lot mit einem höheren Bi-Gehalt als beim Stand der Technik erzielt werden. Damit wird bleifreies Lot, das einen niedrigeren Schmelzpunkt hat als das herkömmliche bleifreie Lot, einsetzbar, wodurch es beispielsweise möglich wird, Bauelemente von geringer Wärmebeständigkeit mittels des bleifreien Lots auf einer Schaltplatine oder dergleichen zu montieren. Die zum Schmelzen des bleifreien Lots erforderliche Energie kann geringer sein als beim herkömmlichen bleifreien Lot, so dass Energie eingespart und ein Beitrag zum Umweltschutz geleistet werden kann.

[0042] Auch wenn die vorliegende Erfindung anhand der bevorzugten Ausführungsbeispiele und unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen

vollständig beschrieben worden ist, sei darauf hingewiesen, dass der Fachmann verschiedene Abwandlungsmöglichkeiten erkennen wird. Solche Abwandlungen sind als im Schutzumfang der in den anliegenden Ansprüchen definierten Erfindung enthalten anzusehen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Löten mit einem bleifreien Lot (**101**), das zum Verbinden von mindestens einem zu befestigenden Element (**1**) und einem zu bestückenden Element (**5**) mittels des bleifreien Lots (**101**) eingesetzt wird und folgende Schritte umfasst:
Schmelzen des bleifreien Lots (**101**), das eine bleifreie Zinnlegierung ist, und
Einwirkenlassen von Ultraschall zumindest entweder auf das zu befestigende Element (**1**) oder auf das zu bestückende Element (**5**), die mit dem bleifreien Lot (**101**) zu verbinden sind, oder das bleifreie Lot (**101**), um die Verbindungsfestigkeit zwischen dem zumindest einen zu befestigenden Element (**1**) und dem zu bestückenden Element (**5**) zu erhöhen,
dadurch gekennzeichnet, dass die Einwirkung von Ultraschall zumindest unmittelbar bevor die Temperatur des bleifreien Lots (**101**) dessen Verfestigungstemperatur erreicht, beginnt, wobei die Ultraschalleinwirkung während der Verfestigung des geschmolzenen bleifreien Lots (**101**) beibehalten und fortgesetzt wird, und dass die Einwirkung von Ultraschall beendet wird, nachdem das bleifreie Lot (**101**) vollständig verfestigt ist.

2. Verfahren zum Löten mit einem bleifreien Lot (**101**) nach Anspruch 1, wobei eine der im bleifreien Lot (**101**) enthaltenen Komponenten eine Metallkomponente zum Herabsetzen des Schmelzpunkts des bleifreien Lots (**101**) ist.

3. Verfahren zum Löten mit einem bleifreien Lot (**101**) nach Anspruch 1, wobei eine der im bleifreien Lot (**101**) enthaltenen Komponenten eine Metallkomponente zum Herabsetzen des Schmelzpunkts des bleifreien Lots (**101**) ist.

4. Verfahren zum Löten mit einem bleifreien Lot (**101**) nach Anspruch 1, wobei eine der im bleifreien Lot (**101**) enthaltenen Komponenten eine Metallkomponente zum Herabsetzen des Schmelzpunkts des bleifreien Lots (**101**) ist.

5. Verfahren zum Löten mit einem bleifreien Lot (**101**) nach Anspruch 1, bei dem die Dicke einer Schicht aus einer im bleifreien Lot (**101**) enthaltenen Sn-Verbindung, die an der Verbindungsstelle vorhanden ist, und dem Cu erhöht ist, wenn das zu befestigende Element (**1**) und das zu bestückende Element (**5**) Cu enthalten.

6. Verfahren zum Löten mit einem bleifreien Lot (**101**) nach Anspruch 1, wobei das bleifreie Lot (**101**) als Hauptbestandteil eine Zusammensetzung auf Sn-Ag-Basis enthält.

7. Verfahren zum Löten mit einem bleifreien Lot (**101**) nach Anspruch 6, wobei eine der enthaltenen Komponenten eine Sn-Ag-Legierung ist.

8. Verfahren zum Löten mit einem bleifreien Lot (**101**) nach Anspruch 2, 5 oder 6, wobei das den Schmelzpunkt herabsetzende Metall mindestens eines der Elemente Bi, Cu, Zn und In ist.

9. Verfahren zum Löten mit einem bleifreien Lot (**101**) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die Einwirkung von Ultraschall kontinuierlich erfolgt.

10. Verfahren zum Löten mit einem bleifreien Lot (**101**) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die Einwirkung von Ultraschall mit Unterbrechungen erfolgt.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig.1

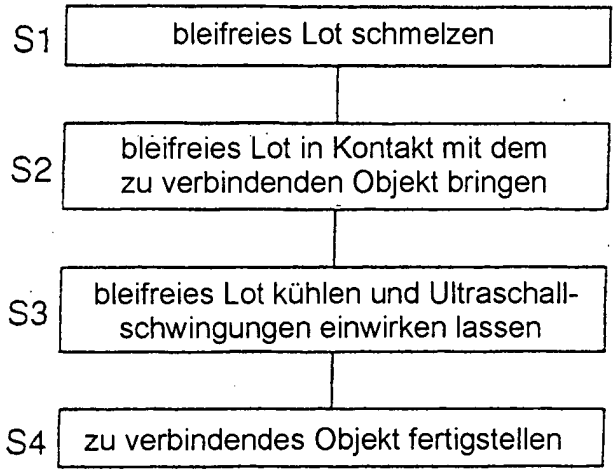


Fig.2

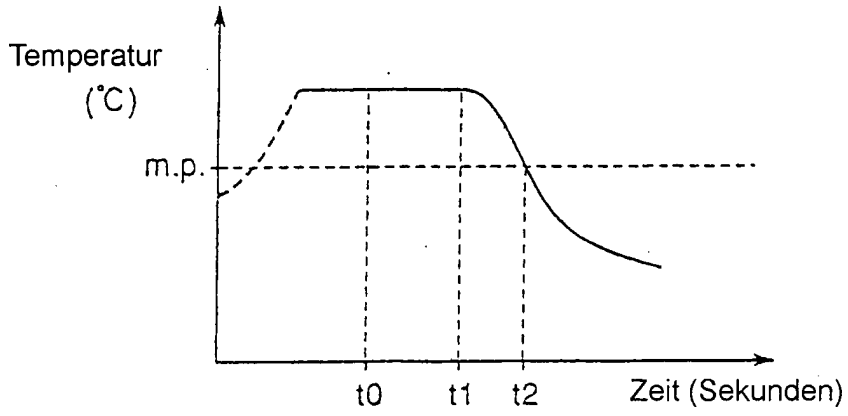


Fig.3

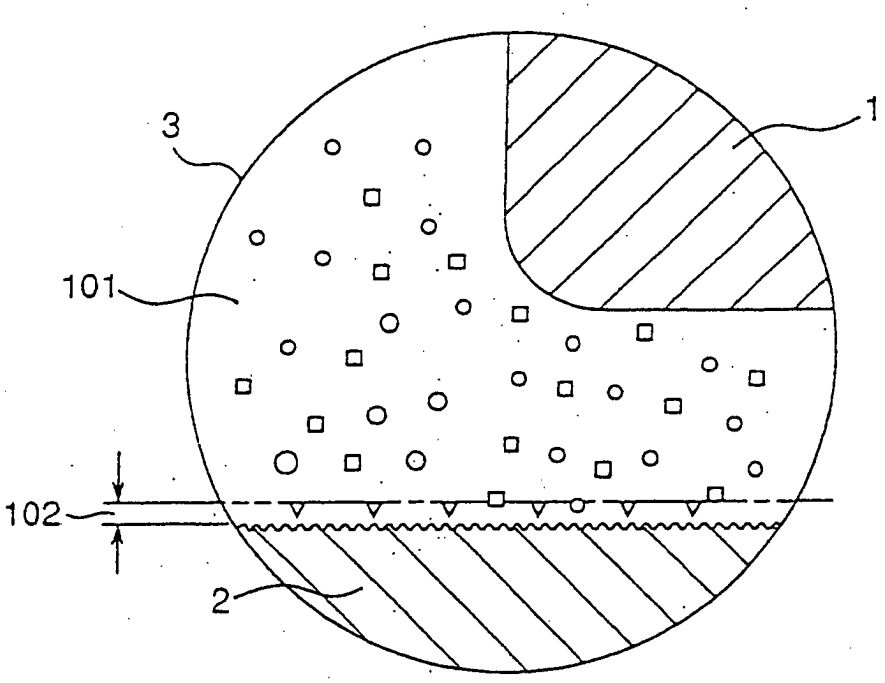

3
1
101
102
2

Fig.4

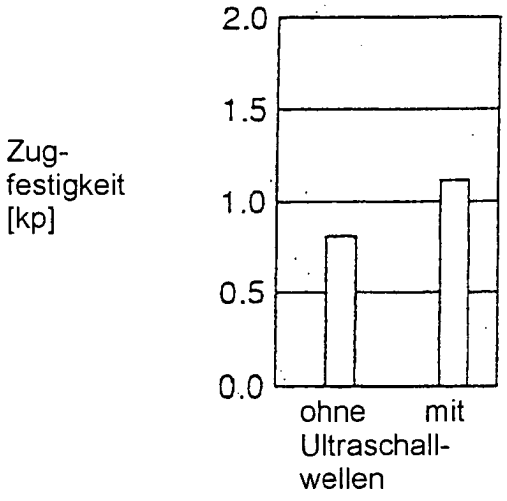

Zug-
festigkeit
[kp]
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
ohne
mit
Ultraschall-
wellen

Fig.5

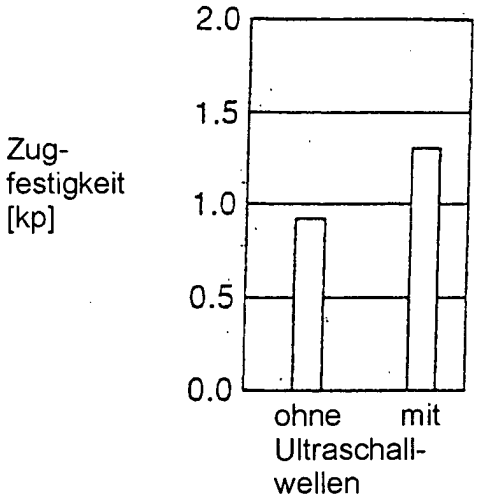

Zug-
festigkeit
[kp]
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
ohne
mit
Ultraschall-
wellen

Fig.6

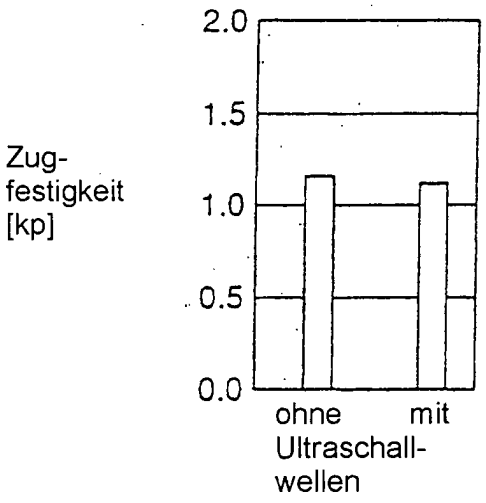

Zug-
festigkeit
[kp]
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
ohne
mit
Ultraschall-
wellen

Fig. 7

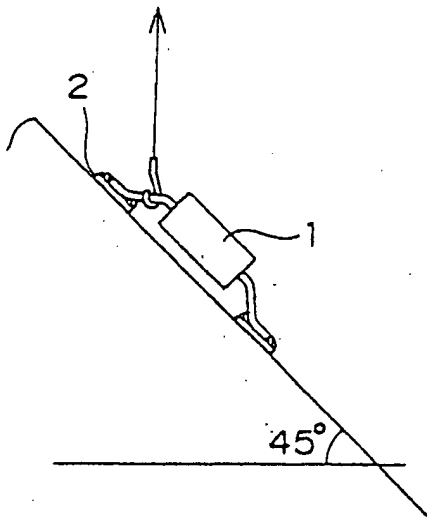


Fig.8

