



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 01 542 T2** 2005.02.03

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 404 483 B1**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **B23K 35/26**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 01 542.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB02/00259**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 716 141.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 03/006200**

(86) PCT-Anmeldetag: **22.01.2002**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **23.01.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.04.2004**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **06.10.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.02.2005**

(30) Unionspriorität:  
**200104071 09.07.2001 SG**

(74) Vertreter:  
**BOEHMERT & BOEHMERT, 28209 Bremen**

(73) Patentinhaber:  
**Quantum Chemical Technologies (S'pore) Pte Ltd., Singapur/Singapore, SG; Singapore Asahi Chemical & Solder Industries Pte. Ltd., Singapur/Singapore, SG**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(72) Erfinder:  
**CHEW, Kai Hwa, Singapore 530237, SG; PAN, Wei Chih, Singapore 270015, SG**

(54) Bezeichnung: **VERBESSERTE WEICHLÖTWERKSTOFFE**

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]** Diese Erfindung betrifft Weichlötwerkstoffe und insbesondere Weichlötwerkstoffe, die im wesentlichen bleifrei sind.

**[0002]** Viele herkömmliche Weichlötwerkstoffe enthalten Blei als einen Hauptbestandteil derselben. Solche Weichlötwerkstoffe weisen häufig wünschenswerte physikalische Eigenschaften auf, und die Verwendung von Blei enthaltenden Weichlötwerkstoffen ist über mehrere Industriezweige weit verbreitet, einschließlich solcher, die sich mit der Herstellung von gedruckten Schaltplatten beschäftigen. Beispielsweise wird ein Weichlötwerkstoff der 63 % Zinn und 37 % Blei enthält, häufig bei Schwallötverfahren verwendet.

**[0003]** Jedoch gibt es zunehmende Forderungen nach bleifreien Weichlötwerkstoffen, beispielsweise aufgrund von Umweltbedenken, und es erscheint wahrscheinlich, daß innerhalb der nächsten wenigen Jahre es eine rechtliche Grundlage in mehreren Ländern für Weichlötwerkstoffe, die bei der Herstellung von zahlreichen Gegenständen verwendet werden, geben wird, wenig oder kein Blei zu enthalten.

**[0004]** Vorangehende Ansätze, um bleifreie Weichlötwerkstoffe zuzubereiten, hatten begrenzten Erfolg. Herkömmliche bleifreie Weichlötwerkstoffe weisen im allgemeinen unerwünschte physikalische Eigenschaften auf, einschließlich schlechter Benetzungseigenschaften, geringer Fluidität, schlechter Kompatibilität mit vorhandenen Komponentenbeschichtungen und übermäßigen Schlicker. Ein besonderes Problem, welches bei der Verwendung von bleifreien Weichlötwerkstoffen erkannt worden ist, ist die Frage der Kehlenanhebung, wo eine Kehle des Weichlötwerkstoffs an dem Rand eines durchplattierten Loches in einer gedruckten Schaltplatte dazu tendiert, sich von dem darunter liegenden Material zu trennen, beispielsweise einer Nickel/Gold-Beschichtung. Ein weiteres Problem ist die Tatsache, daß bleifreie Weichlötwerkstoffe dazu tendieren, eine hohe Auflösungsrate für Kupfer aufzuweisen, so daß Kupfer in den bleifreien Weichlötwerkstoff aus Komponenten und Schaltplatten in Kontakt mit dem Weichlötwerkstoff ausbleichen.

**[0005]** Als ein Ergebnis haben einige Hersteller gefunden, daß vorhandene Lötverfahren, welche über viele Jahre wirksam funktioniert haben, nun beträchtlich angepasst werden müssen, um der Verwendung von bleifreien Weichlötwerkstoffen Rechnung zu tragen. Zusätzlich müssen die vorhandenen Materialien, die bei der Herstellung von gedruckten Schaltplatten verwendet werden, vielleicht ersetzt werden, um mit der Verwendung von bleifreien Weichlötwerkstoffen kompatibel zu sein. Diese Anpassung der Verfahren und Materialien wird allgemein als eine

schlechte Verwendung von Ressourcen betrachtet, insbesondere wenn der Standard von Gegenständen, die unter Verwendung von bekannten bleifreien Weichlötwerkstoffen hergestellt werden, wie oben angegeben, häufig beträchtlich unterhalb demjenigen liegt, der unter Verwendung von herkömmlichen bleihaltigen Weichlötwerkstoffen erreichbar ist.

**[0006]** Beispiele von bleifreien Weichlötwerkstoffen auf Zinnbasis, welche Silber, Kupfer, Indium umfassen, sind in WO 97 09455 A, WO 97 43456 A oder JP 09155586 A offenbart.

**[0007]** Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen bleifreien Weichlötwerkstoff bereitzustellen, welcher in der Lage ist, als ein mehr oder weniger direkter Ersatz für herkömmliche, Blei enthaltende Weichlötwerkstoffe zu dienen.

**[0008]** Im folgenden sind die Anteile und Prozentanteile in Gew.-% ausgedrückt.

**[0009]** Demzufolge stellt die Erfindung einen im wesentlichen bleifreien Weichlötwerkstoff bereit, der 91,3 % Zinn, 4,2 % Silber, 4,0 % Indium und 0,5 % Kupfer umfasst.

**[0010]** In einer anderen Ausführungsform umfasst der Weichlötwerkstoff 91,39 % Zinn, 4,1 % Silber, 4,0 % Indium, 0,5 % Kupfer und 0,01 % Phosphor.

**[0011]** In einer weiteren Erscheinung der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Herstellen eines im wesentlichen bleifreien Weichlötwerkstoffs bereitgestellt, umfassend den Schritt eines Mischens von Zinn, Silber, Indium und Kupfer, so daß der Anteil an Zinn in dem Weichlötwerkstoff 91,3 % ist; der Anteil an Silber in dem Weichlötwerkstoff 4,2 % ist; und der Anteil an Indium in dem Weichlötwerkstoff 4,0 % ist; und der Anteil an Kupfer in dem Weichlötwerkstoff 0,5 % ist.

**[0012]** Ein weiteres Verfahren zum Herstellen eines Weichlötwerkstoffs gemäß der Erfindung umfasst den Schritt eines Mischens von Zinn, Silber, Indium, Kupfer und Phosphor, so daß: der Anteil an Zinn in dem Weichlötwerkstoff 91,39 % ist; der Anteil an Silber in dem Weichlötwerkstoff 4,1 % ist; der Anteil an Indium in dem Weichlötwerkstoff 4,0 % ist; der Anteil an Kupfer in dem Weichlötwerkstoff 0,5 % ist; und der Anteil an Phosphor in dem Weichlötwerkstoff 0,01 % ist.

**[0013]** Eine weitere Erscheinung der vorliegenden Erfindung stellt ein Verfahren zum Löten bereit, umfassend den Schritt eines Verwendens eines Weichlötwerkstoffs, der 91,3 % Zinn, 4,2 % Silber, 4,0 % Indium und 0,5 % Kupfer umfasst.

**[0014]** Günstigerweise umfasst das Verfahren den

Schritt eines Verwendens eines Weichlötwerkstoffs, der 91,39 % Zinn, 4,1 % Silber, 4,0 % Indium, 0,5 % Kupfer und 0,01 % Phosphor umfasst.

**[0015]** Vorteilhafterweise umfasst das Verfahren den Schritt eines Schwall-Lötens unter Verwendung des im wesentlichen bleifreien Weichlötwerkstoffs.

**[0016]** Damit die vorliegende Erfindung leichter verstanden werden kann, werden Beispiele derselben nun beispielhaft unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben werden, in denen:

**[0017]** **Fig. 1** eine Tabelle von Benetzungszeiten, in Sekunden, bei einer Vielzahl von Temperaturen, für eine Auswahl von unterschiedlichen Weichlötwerkstoffen, einschließlich eines Weichlötwerkstoffes, der die Erfindung verkörpert, ist;

**[0018]** **Fig. 2** eine graphische Darstellung der Daten ist, die in der Tabelle aus **Fig. 1** ausgedrückt sind;

**[0019]** **Fig. 3** eine Tabelle der maximalen Benetzungstärke, bei einer Vielzahl von Temperaturen, für eine Auswahl von unterschiedlichen Weichlötwerkstoffen, einschließlich eines Weichlötwerkstoffes, der die vorliegende Erfindung verkörpert, ist;

**[0020]** **Fig. 4** eine graphische Darstellung der Daten ist, die in der Tabelle aus **Fig. 3** ausgedrückt sind;

**[0021]** **Fig. 5** eine Tabelle ist, welche die physikalischen Eigenschaften zeigt, einschließlich des thermischen Expansionskoeffizienten, einer Auswahl an Weichlötwerkstoffen, einschließlich eines Weichlötwerkstoffes, der die folgende Erfindung verkörpert;

**[0022]** **Fig. 6** eine graphische Darstellung der thermischen Expansionsdaten ist, die in der Tabelle aus **Fig. 5** ausgedrückt sind;

**[0023]** **Fig. 7** eine Tabelle der mechanischen Eigenschaften, einschließlich der Zugfestigkeit und der Umformfestigkeit, für eine Auswahl an unterschiedlichen Weichlötwerkstoffen, einschließlich eines Weichlötwerkstoffes, der die vorliegende Erfindung verkörpert, ist;

**[0024]** **Fig. 8** eine graphische Darstellung der Zugfestigkeits- und Umformfestigkeitsdaten ist, die in der Tabelle aus **Fig. 7** ausgedrückt sind;

**[0025]** **Fig. 9** eine Tabelle der Ergebnisse ist, die in Kehlenanhebungstests erhalten wurden, die an einer Auswahl von unterschiedlichen bleifreien Weichlötwerkstoffen durchgeführt wurden, einschließlich eines Weichlötwerkstoffes, der die vorliegende Erfindung verkörpert;

**[0026]** **Fig. 10A und 10B** zwei Paare von Mikrofoto-

graphiebildern auf zwei unterschiedlichen Maßstäben sind, welche Paarbilder jeweils Kehlen des Weichlötwerkstoffs zeigen, der die Erfindung verkörpert, anhaftend an Nickel/Gold- und OSP-Beschichtungen (Polymerbeschichtungen auf einem Kupfersubstrat);

**[0027]** **Fig. 11** eine Tabelle ist, welche die Auflösungsrate von Kupfer in verschiedene Arten von Weichlötwerkstoff zeigt, einschließlich eines bleifreien Weichlötwerkstoffes, der die vorliegende Erfindung verkörpert;

**[0028]** **Fig. 12** eine graphische Darstellung der Daten ist, die in der Tabelle aus **Fig. 11** ausgedrückt sind; und

**[0029]** **Fig. 13** eine Tabelle ist, welche das Niveau des Schlickers, gezeigt von verschiedenen Weichlötwerkstoffen, zeigt, einschließlich eines bleifreien Weichlötwerkstoffes, der die vorliegende Erfindung verkörpert.

**[0030]** Wie oben beschrieben, leiden herkömmliche bleifreie Weichlötwerkstoffe unter mehreren Nachteilen, einschließlich schlechter Benetzungseigenschaften, geringer Fluidität, schlechter Kompatibilität mit vorhandenen Komponentenbeschichtungen, Kehlenanhebung, hohen Kupferauflösungsraten und übermäßigem Schlicker, wenn sie mit herkömmlichen Weichlötwerkstoffen verglichen werden, die Blei enthalten.

**[0031]** Jedoch ist nun gefunden worden, daß der Weichlötwerkstoff, der die vorliegende Erfindung verkörpert, beträchtlich verbesserte Eigenschaften aufweist, wenn er mit bekannten bleifreien Weichlötwerkstoffen verglichen wird. Tatsächlich sind die Eigenschaften der Weichlötwerkstoffe, welche die vorliegende Erfindung verkörpern, mit herkömmlichen Weichlötwerkstoffen, die Blei enthalten, bezüglich Benetzbarkeit, Fluidität, Kompatibilität mit vorhandenen Komponentenbeschichtungen, Kehlenanhebung, Kupferauflösungsraten und Schlicker vergleichbar.

**[0032]** Um die vorteilhaften Eigenschaften von Weichlötwerkstoffen, welche die vorliegende Erfindung verkörpern, zu demonstrieren, wurden fünf Tests durchgeführt, die unten beschrieben werden. Diese Tests wurden durchgeführt an der Ausführungsform des Weichlötwerkstoffes der vorliegenden Erfindung, welcher hierin ALLOY 349 genannt wird, und umfasst 91,39 % Zinn, 4,2 % Silber, 4,0 % Indium, 0,5 % Kupfer und 0,01 % Phosphor.

#### Test 1: Benetzbarkeit

**[0033]** Der erste Test betraf die Benetzbarkeit einer Probe des Weichlötwerkstoffes, der die vorliegende

Erfindung verkörpert, verglichen mit Proben einer Auswahl von bekannten Weichlötwerkstoffen, nämlich acht vorhandenen bleifreien Weichlötwerkstoffen und einem herkömmlichen Blei enthaltenden Weichlötwerkstoff.

**[0034]** Die neun bekannten Weichlötwerkstoffe waren wie folgt:

1. Ein Blei enthaltender Weichlötwerkstoff der Zusammensetzung: 63 % Sn; 37 % Pb.
2. Ein erster bleifreier Weichlötwerkstoff der Zusammensetzung: 99,3 % Sn; 0,7 % Cu.
3. Ein zweiter bleifreier Weichlötwerkstoff der Zusammensetzung: 96,5 % Sn; 3,5 % Ag.
4. Ein dritter bleifreier Weichlötwerkstoff (hierin VIROMET 217 genannt) der Zusammensetzung: 88,3 % Sn; 3,2 % Ag; 4,5 % Bi; 4,0 % In.
5. Ein vierter bleifreier Weichlötwerkstoff (hierin VIROMET 411 genannt) der Zusammensetzung: 92 % Sn; 2 % Cu; 3 % Ag; 3 % Bi.
6. Ein fünfter bleifreier Weichlötwerkstoff (hierin VIROMET 513 genannt) der Zusammensetzung: 92,8 % Sn; 0,7 % Cu; 0,5 % Ga; 6 % In.
7. Ein sechster bleifreier Weichlötwerkstoff der Zusammensetzung: 93,5 % Sn; 3,5 % Ag; 3,0 % Bi.
8. Ein siebter bleifreier Weichlötwerkstoff der Zusammensetzung: 95,5 % Sn; 4,0 % Ag; 0,5 % Cu.
9. Ein achter bleifreier Weichlötwerkstoff der Zusammensetzung: 96,0 % Sn; 2,5 % Ag; 1,0 % Bi; 0,5 % Cu.

**[0035]** Ein erster Aspekt des ersten Tests umfasst die Messung der Benetzungszeit, basierend auf dem ANSI/J Std-003 Standard, für die Weichlötwerkstoffe unter Betrachtung bei einer Vielzahl von Temperaturen im Bereich von 235°C bis 265°C. In diesem Test wurde ein Kupferprobenkörper in einer Menge jedes geschmolzenen Weichlötwerkstoffs eingetaucht. Eine Feinkraftmeßvorrichtung wurde mit dem Kupferprobenkörper verbunden und so angeordnet, daß vertikale Kräfte auf den Probenkörper gemessen und aufgezeichnet werden konnten.

**[0036]** Die Variation der vertikalen Kraft auf den Kupferprobenkörper während des Eintauchens desselben in die geschmolzenen Weichlötwerkstoffe liegt an zwei Hauptfaktoren. Der erste von diesen, die Auftriebskraft, ergibt sich aus der Aufwärtskraft, die auf den Probenkörper ausgeübt wird aufgrund der Verdrängung des Weichlötwerkstoffs, welche gleich ist zu dem Gewicht des Weichlötwerkstoffs, das durch den Probenkörper verdrängt wird. Da das Volumen des Teils des Probenkörpers, der in dem Weichlötwerkstoff eingetaucht wurde, und die Dichte des Weichlötwerkstoffs bekannt sind, kann diese Aufwärtskraft berechnet und berücksichtigt werden.

**[0037]** Der zweite Faktor ist eine Kraft, die auf den

Probenkörper aufgrund des Wechsels im Kontaktwinkel zwischen der Oberfläche des Weichlötwerkstoffs und der Oberfläche des Probenkörpers wirkt. Die Benetzungszeit in jedem bestimmten Falle wurde als die Zeit definiert, die aufgenommen wurde für die Benetzungskraft, die auf dem Probenkörper wirkt, um gleich null zu sein.

**[0038]** Die Ergebnisse des ersten Aspekts des ersten Tests sind in **Fig. 1** gezeigt. Zusammenfassend zeigte der Weichlötwerkstoff, der die vorliegende Erfindung verkörpert, eine Benetzungszeit, bei jeder der Temperaturen, die mit derjenigen vergleichbar war, die für den herkömmlichen Blei enthaltenden Weichlötwerkstoff gezeigt wurde. Zusätzlich zeigte der Weichlötwerkstoff, der die vorliegende Erfindung verkörpert, eine Benetzungszeit, welche im allgemeinen geringer war als diejenigen, die durch irgendeinen der anderen bleifreien Weichlötwerkstoffe gezeigt wurden. Die Benetzungszeit ist ein Maß für die Schnelligkeit, mit welcher ein Weichlötwerkstoff an einer Substanz anhaftet, und eine niedrige Benetzungszeit ist selbstverständlich eine wünschenswerte Eigenschaft für einen Weichlötwerkstoff. Somit kann erkannt werden, daß der Weichlötwerkstoff, der die vorliegende Erfindung verkörpert, insgesamt besser in dem ersten Aspekt des ersten Testsabschnitts als irgendeiner der existierenden bleifreien Weichlötwerkstoffe war.

**[0039]** Die Ergebnisse des ersten Aspekts des ersten Tests sind in graphischer Form in **Fig. 2** gezeigt. Es wird erkannt werden aus diesem Graph, daß die Ergebnisse, welche die Leistungen des herkömmlichen, Blei enthaltenden Weichlötwerkstoffs und des Weichlötwerkstoffs, der die vorliegende Erfindung verkörpert, darstellen, einander eng folgen, wenn sie mit denjenigen verglichen werden, welche die Leistungen der anderen bleifreien Weichlötwerkstoffe darstellen.

**[0040]** Ein zweiter Aspekt des ersten Tests umfasst die Messung der maximalen Benetzungskraft 2 Sekunden nach dem Eintauchen des Probenkörpers in die jeweiligen Weichlötwerkstoffe. Die Benetzungskraft ist, wie oben beschrieben, die Haftkraft zwischen dem Weichlötwerkstoff und dem Probenkörper. Eindeutig stellt die Benetzungskraft ein nützliches Anzeichen der Stärke bereit, mit welcher ein Weichlötwerkstoff an einem Substrat anbindet, und eine hohe Benetzungskraft ist eine wünschenswerte Eigenschaft für einen Weichlötwerkstoff.

**[0041]** Die Ergebnisse des zweiten Aspekts des ersten Tests sind in **Fig. 3** gezeigt. Um diese Ergebnisse zusammenzufassen, zeigte der Weichlötwerkstoff der die vorliegende Erfindung verkörpert, eine maximale Benetzungskraft 2 Sekunden nach Eintauchen des Probenkörpers darin, bei jeder der betrachteten Temperaturen, die vergleichbar war mit derjenigen,

die durch den herkömmlichen, Blei enthaltenden Weichlötwerkstoff gezeigt wurde, obwohl sie etwas niedriger war. Während einige der vorhandenen bleifreien Weichlötwerkstoffe eine Benetzungskraft zeigten, die bei einigen Temperaturen näher an derjenigen des herkömmlichen bleihaltigen Weichlötwerkstoffs war, erzeugte lediglich VIROMET 217 leicht bessere Gesamtergebnisse, und der Weichlötwerkstoff der vorliegenden Erfindung zeigte eine Benetzungskraft, die nahe zu derjenigen des erkömmlichen Blei enthaltenden Weichlötwerkstoffs bei allen der betrachteten Temperaturen war. Diese Eigenschaft des Weichlötstoffs, der die vorliegende Erfindung verkörpert, ermöglicht es dem Weichlötwerkstoff der Erfindung, sich in einer ähnlichen Art und Weise wie herkömmliche Blei enthaltende Weichlötwerkstoffe unter einer Vielzahl von Temperaturbedingungen zu verhalten, oder wo ein Löten unter variierenden Temperaturbedingungen stattfindet.

**[0042]** Die Ergebnisse des zweiten Aspekts des ersten Tests sind in graphischer Form in **Fig. 4** gezeigt, welche klar zeigen, daß die Ergebnisse für den Weichlötwerkstoff, der die vorliegende Erfindung verkörpert, denjenigen, die den herkömmlichen Blei enthaltenden Weichlötwerkstoff darstellen, wenigstens so nahe folgen wie die besten derjenigen, welche die anderen bleifreien Weichlötwerkstoffe darstellen.

**[0043]** Aus den Ergebnissen des ersten Tests kann erkannt werden, daß der Weichlötwerkstoff, der die vorliegende Erfindung verkörpert, sehr ähnliche Eigenschaften bezüglich Benetzbarkeit wie der herkömmliche Blei enthaltende Weichlötwerkstoff zeigt. Selbstverständlich macht diese Ähnlichkeit der physikalischen Eigenschaften den Weichlötwerkstoff welcher die vorliegende Erfindung verkörpert, zur Verwendung als ein Ersatz für den herkömmlichen Blei enthaltenden Weichlötwerkstoff geeignet.

#### Test 2: Mechanische Eigenschaften

**[0044]** Ein zweiter Test verglich die mechanischen Eigenschaften des Weichlötwerkstoffs der vorliegenden Erfindung mit den mechanischen Eigenschaften eines herkömmlichen Blei enthaltenden Weichlötwerkstoffs. In diesem zweiten Test wurden verschiedene mechanische Tests gemäß dem ASTM Standard durchgeführt, um die Eigenschaften von ALLOY 349, dem Weichlötwerkstoff, der die vorliegende Erfindung verkörpert, mit einem herkömmlichen Blei enthaltenden Weichlötwerkstoff mit der Zusammensetzung 63 % Sn/37 % Pb und sieben anderen vorhandenen bleifreien Weichlötwerkstoffen mit den folgenden Zusammensetzungen zu vergleichen:

1. Ein erster bleifreier Weichlötwerkstoff 99,3 % Sn; 0,7 % Cu.
2. Ein zweiter bleifreier Weichlötwerkstoff: 96, 5 % Sn; 3,5 Ag.

3. Ein dritter bleifreier Weichlötwerkstoff (hierin VIROMET 217 genannt): 88,3 % Sn; 3,2 % Ag; 4,5 % Bi; 4,0 % In.

4. Ein vierter bleifreier Weichlötwerkstoff (hierin VIROMET HF genannt): 92,8 % Sn, 0,7 % Cu; 0,5 % Ga; 6 % In.

5. Ein fünfter bleifreier Weichlötwerkstoff: 93,5 % Sn; 3,5 % Ag; 3,0 % Bi.

6. Ein sechster bleifreier Weichlötwerkstoff: 95,5 % Sn; 4,0 % Ag; 0,5 % Cu.

7. Ein siebter bleifreier Weichlötwerkstoff: 96 % Sn; 2,5 % Ag; 0,5 % Cu; 1,0 % Bi.

**[0045]** Ein erster Aspekt dieses zweiten Tests schloss das Bestimmen der Schmelztemperatur, des thermischen Expansionskoeffizienten (CTE) und der spezifischen Dichte (SG) der Weichlötwerkstoffe im Test ein. Die Ergebnisse dieses ersten Aspekts des zweiten Tests sind in **Fig. 5** tabelliert und in graphischer Form in **Fig. 6** veranschaulicht.

**[0046]** Wie aus der Tabelle und dem Graph entnommen werden kann, erwies sich der ALLOY 349 Weichlötwerkstoff der vorliegenden Erfindung, einen thermischen Expansionskoeffizienten aufzuweisen, welcher sehr nahe ist zu demjenigen des herkömmlichen Blei enthaltenden Weichlötwerkstoffs, so daß jede Furcht vor einer Inkompatibilität zwischen der Erfindung und vorhandenen Komponenten und Platten beträchtlich vermindert ist.

**[0047]** Ein zweiter Aspekt des zweiten Tests schloss das Messen der Zugfestigkeit, der Last bei maximaler Beanspruchung, der Umspannfestigkeit und dem Young'schen Modul verschiedener Weichlötwerkstoffe ein. Die Ergebnisse dieser Tests sind vollständig in der Tabelle von **Fig. 7** ausgedrückt, während **Fig. 8** graphisch die Zugfestigkeit und Umspannfestigkeit jeder der Legierungen zeigt.

**[0048]** Wie aus **Fig. 7** und **8** erkannt wird, zeigen die Ergebnisse dieses Tests, daß der ALLOY 349 Weichlötwerkstoff, der die vorliegende Erfindung verkörpert, eine bessere Festigkeit und ein besseres Young'sches Modul aufweist, verglichen mit dem herkömmlichen Blei enthaltenden Weichlötwerkstoff, wodurch angezeigt wird, daß Kehlverbindungen, die aus der Legierung gemäß der Erfindung hergestellt werden, potentiell viel stärker sein können, als Verbindungen, die aus dem herkömmlichen Blei enthaltenden Weichlötwerkstoff hergestellt werden.

#### Test 3: Kehlenanhebung

**[0049]** Die zunehmende Verwendung von bleifreien Weichlötwerkstoffen in den verschiedenen Industriezweigen hat gezeigt, daß es eine Tendenz für das Auftreten eines Kehlenanhebens gibt, wenn bleifreie Weichlötwerkstoffe in dem Kontext von gedruckten Schaltplatten mit durchplattierten Löchern verwendet

werden, unter Verwendung sowohl von OSP- als auch Ni/Au-Beschichtungen.

**[0050]** In einem dritten Test wurde das Auftreten solcher Kehlenhebungen für eine Auswahl von bleifreien Weichlötwerkstoffen getestet, nämlich dem ALLOY 349 Weichlötwerkstoff, der die vorliegende Erfindung verkörpert, und den folgenden sechs vorhandenen bleifreien Weichlötwerkstoffen:

1. Ein erster bleifreier Weichlötstoff VIROMET 217.
2. Ein zweiter bleifreier Weichlötwerkstoff: 92,3 % Sn; 3,2 % Ag; 0,5 % Bi; 4,0 %.
3. Ein dritter bleifreier Weichlötwerkstoff: 89,8 % Sn; 3,2 % Ag; 1,0 % Bi, 6,0 % In.
4. Ein vierter bleifreier Weichlötwerkstoff 88,8 % Sn; 3,2 % Ag; 2,0 % Bi; 6,0 % In.
5. Ein fünfter bleifreier Weichlötwerkstoff: 94,5 % Sn; 4,0 % Ag; 0,5 % Cu; 1,0 % Bi.
6. Ein sechster bleifreier Weichlötwerkstoff: 96,5 % Sn; 3,5 % Ag.

**[0051]** Die Ergebnisse dieses dritten Tests sind in **Fig. 9**, 10A und 10B veranschaulicht, wobei **Fig. 9** die Ergebnisse in tabellarischer Form zeigt. **Fig. 10A** und 10B zeigen Mikrofotographien mit zwei unterschiedlichen Maßstäben der Kehlenverbindungen, die gebildet werden unter Verwendung des ALLOY 349 Weichlötwerkstoffs, der die vorliegende Erfindung verkörpert, auf Ni/Au- bzw. OSP-Beschichtungen. Diese Ergebnisse zeigen klar, daß die Verwendung eines Weichlötwerkstoffs, der die vorliegende Erfindung verkörpert, die Eliminierung von Kehlenanhebungsdefekten in dem Kontext von OSP- und Nickel/Goldbeschichteten Löchern in gedruckten Schaltplatten ermöglicht.

#### Test 4: Kuperauflösungsrate

**[0052]** Ein vierter Test wurde durchgeführt, um die Kuperauflösungsrate in einem bleifreien Weichlötwerkstoff, der die vorliegende Erfindung verkörpert, mit einem herkömmlichen Blei enthaltenden Weichlötwerkstoff (63 % Sn/37 % Pb) und drei vorhandenen bleifreien Weichlötwerkstoffen wie folgt zu vergleichen:

1. Ein erster bleifreier Weichlötwerkstoff: VIROMET 217.
2. Ein zweiter bleifreier Weichlötwerkstoff 99,3 % Sn; 0,7 % Cu.
3. Ein dritter bleifreier Weichlötwerkstoff 95,5 % Sn; 4,0 % Ag; 0,5 % Cu.

**[0053]** Der Test wurde durchgeführt durch Eintauchen eines bekannten Gewichts einer mit Flußmittel überzogenen Kupferplatte in den geschmolzenen Weichlötwerkstoff, und die Konzentration des Kupfers in dem Weichlötwerkstoff wurde anschließend

unter Verwendung einer induktiv gekoppelten Plasmaausrüstung gemessen. Die Rate der Kupferauflösung wurde dann auf der Basis der Konzentration des Kupfers gemessen, welches in dem Weichlötwerkstoff gefunden wurde, gegenüber dem Gewicht des Kupfers, das in den Weichlötwerkstoff eingetaucht wurde.

**[0054]** Die Ergebnisse dieses vierten Tests sind in **Fig. 11** und 12 ausgedrückt, welche die Ergebnisse in tabellarischer Form bzw. in graphischer Form zeigen. Wie aus **Fig. 11** und 12 erkannt werden wird, weist die Legierung, welche die vorliegende Erfindung verkörpert, eine leicht höhere Rate der Kupferauflösung als der herkömmliche Blei enthaltende Weichlötwerkstoff auf, hat jedoch ebenfalls eine der niedrigsten Kupferauflösungsraten, die in den getesteten bleifreien Weichlötwerkstoffen gefunden werden.

#### Test 5: Schlicker

**[0055]** Ein fünfter Test betraf die Geeignetheit des Weichlötwerkstoffs der vorliegenden Erfindung zur Verwendung in einer Schwalllötmaschine. In einem Beispiel des Schwalllötens wird eine Schaltplatte gerade oberhalb der Oberfläche einer Menge des geschmolzenen Weichlötwerkstoffs in einem Topf gehalten. Ein Schwall wird dann verursacht, um sich über der Oberfläche des geschmolzenen Weichlötwerkstoffs zu propagieren, von ausreichender Amplitude, daß der Scheitelpunkt des Schwalls in Kontakt mit der Oberfläche der Schaltplatte kommt. Der Schwall ist so breit wie die Schaltplatte (oder die Bereiche derselben, die ein Löten erfordern), und wenn der Schwall über die Oberfläche des geschmolzenen Weichlötwerkstoffs propagiert kommen alle Teile der nach unten gerichteten Oberfläche der Schaltplatte mit dem geschmolzenen Weichlötwerkstoff in Berührung.

**[0056]** Bei Verwendung vorhandener bleifreier Weichlötwerkstoffe sind die Gehalte an Schlicker, die in dem Topf nach mehreren Verwendung vorhanden sind, in einigen Fällen als inakzeptabel hoch gefunden worden.

**[0057]** Ein fünfter Test wurde durchgeführt, um das Ausmaß des Schlickers zu bestimmen, wenn der ALLOY 349 Weichlötwerkstoff, der die vorliegende Erfindung verkörpert, verwendet wurde, verglichen mit dem herkömmlichen 63 % Sn/37 % Pb Weichlötwerkstoff und mit drei anderen vorhandenen bleifreien Weichlötwerkstoffen, wie folgt:

1. Ein erster bleifreier Weichlötwerkstoff: VIROMET 217.
2. Ein zweiter bleifreier Weichlötwerkstoff: 99,3 % Sn; 0,7 % Cu.
3. Ein dritter bleifreier Weichlötwerkstoff: 95,5 %

Sn; 4,0 % Ag; 0,5 % Cu.

## Patentansprüche

**[0058]** In diesem Test wurde der zu testende Weichlötwerkstoff in einem Topf aus geschmolzenem Weichlötwerkstoff in einer simulierten herkömmlichen Schwalllötmaschine verwendet. Keine Veränderung der Maschine wurde durchgeführt, um der Verwendung des Weichlötwerkstoffs Rechnung zu tragen, und die Schwalllötmaschine wurde verwendet, um Schaltplatten auf die gleiche Art und Weise wie für herkömmliche Zinn/Blei-Weichlötwerkstoffe zu löten. Die Schwalllötmaschine wurde in einer normalen Luftumgebung bei einer Topftemperatur von 245°C betrieben, wobei die Platten über der Oberfläche des Topfes mit einer Geschwindigkeit von 1,4 bis 1,8m/Min. gefördert wurden. Am Ende jeder von vier aufeinanderfolgenden 15-minütigen Betriebsperioden wurde der Schlicker in dem Topf entfernt und gewogen, um die Menge an Schlicker, die durch das Schwalllötverfahren in jeder Periode hergestellt wurde, zu bestimmen. Die Gewichte wurden dann aufsummiert, um ein Maß der Geschwindigkeit der Schlickerproduktion pro Stunde zu ergeben. Die Ergebnisse dieses fünften Tests sind in **Fig. 13** tabelliert, welche klar demonstriert, daß der Weichlötwerkstoff, der die vorliegende Erfindung verkörpert, Schlicker zu einem Grad produziert, welcher geringer ist als alle bis auf einen der anderen bleifreien Weichlötwerkstoffe und geringer ist als der Schlicker, der für den herkömmlichen Blei enthaltenden Weichlötwerkstoff gefunden wird.

**[0059]** Wie aus den obigen Ergebnissen entnommen werden kann, stellt die vorliegende Erfindung einen bleifreien Weichlötwerkstoff bereit, der sehr geeignet ist zur Verwendung als ein direkter Ersatz für herkömmliche Blei enthaltende Weichlötwerkstoffe aufgrund der vergleichbaren Charakteristika der Benetzbarkeit, Fluidität, Kompatibilität mit vorhandenen Komponentenbeschichtungen, Kehlenanhebung und Schlicker, die von dem Weichlötwerkstoff der vorliegenden Erfindung gezeigt werden.

**[0060]** Folglich kann die Notwendigkeit für Hersteller, um vorhandene Maschinen, Verfahren oder Komponentenbeschichtungen zu ersetzen, um der Verwendung eines bleifreien Weichlötwerkstoffs Rechnung zu tragen, eliminiert oder wesentlich vermindert werden durch Verwendung eines Weichlötwerkstoffs, der durch die vorliegende Erfindung verkörpert wird. Als ein Ergebnis kann das Verfahren zum Umwandeln der Herstellereinrichtungen auf die Verwendung von bleifreien Weichlötwerkstoffen deutlich einfacher und ökonomisch rentabler gemacht werden als bislang angenommen.

**[0061]** In der vorliegenden Erfindung bedeutet "umfassen" "einschließen oder bestehen aus" und "umfassend" bedeutet "einschließend oder bestehend aus".

1. Im wesentlichen bleifreier Weichlötwerkstoff der, in Gewichtsprozent, 91,3% Zinn, 4,2% Silber, 4,0% Indium und 0,5% Kupfer umfasst.

2. Verfahren zum Herstellen eines im wesentlichen bleifreien Weichlötwerkstoffes, umfassend den Schritt eines Mischens von Zinn, Silber, Indium und Kupfer, so daß der Anteil an Zinn 91,3% ist, der Anteil an Silber 4,2% ist, der Anteil an Indium 4,0% ist und der Anteil an Kupfer 0,5% ist, wobei die Anteile in Gewichtsprozent ausgedrückt sind.

3. Verfahren zum Löten, umfassend den Schritt eines Verwendens eines im wesentlichen bleifreien Weichlötwerkstoffs, der, in Gewichtsprozent, 91,3% Zinn, 4,2% Silber, 4,0% Indium und 0,5% Kupfer umfasst.

4. Im wesentlichen bleifreier Weichlötwerkstoff, der, in Gewichtsprozent, 91,39% Zinn, 4,1% Silber, 4,0% Indium, 0,5% Kupfer und 0,01% Phosphor umfasst.

5. Verfahren zum Herstellen eines im wesentlichen bleifreien Weichlötwerkstoffes, umfassend den Schritt eines Mischen von Zinn, Silber, Indium, Kupfer und Phosphor, so daß der Anteil an Zinn 91,39% ist, der Anteil an Silber 4,1% ist, der Anteil an Indium 4,0%, der Anteil an Kupfer 0,5% ist und der Anteil an Phosphor 0,01% ist, wobei die Anteile in Gewichtsprozent ausgedrückt sind.

6. Verfahren zum Löten, umfassend den Schritt eines Verwendens eines im wesentlichen bleifreien Weichlötwerkstoffs, der, in Gewichtsprozent, 91,39% Zinn, 4,1% Silber, 4,0% Indium, 0,5% Kupfer und 0,01% Phosphor umfasst.

7. Verfahren nach Anspruch 3 oder 6, umfassend den Schritt eines Schwall-Lötens unter Verwendung des im wesentlichen bleifreien Weichlötwerkstoffs.

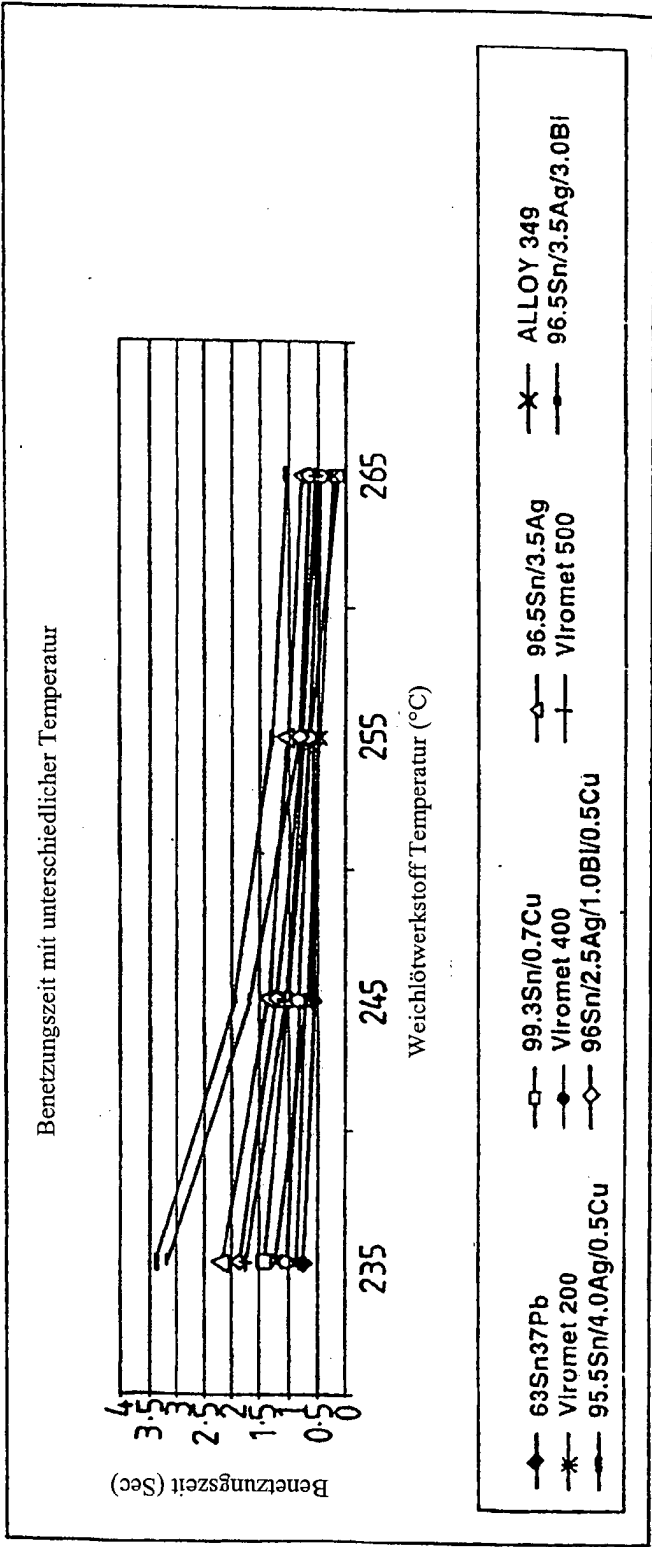
Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Weichlöt- werkstoff Temp (°C)	Benetzungszeit (Sec)											
	63Sn37Pb	99.3Sn/0.7Cu	96.5Sn/3.5Ag	ALLOY349	Viromet217	Viromet411	Viromet513	96.5n/3.5Ag/3.0Bi	95.5Sn/4.0Ag/0.5Cu	96Sn/2.5Ag/1.0Bi/0.5Cu		
235	0.767	1.411	2.189	1.156	0.949	1.036	1.758	3.173	3.368		1.86	
245	0.606	1.034	1.352	0.716	0.791	0.869	1.072	1.669	1.946		1.235	
255	0.546	0.682	1.05	0.544	0.569	0.587	0.822	0.814	1.284		0.824	
265	0.46	0.165	0.74	0.244	0.476	0.496	0.597	0.653	1.048		0.668	

FIG 1

FIG 2

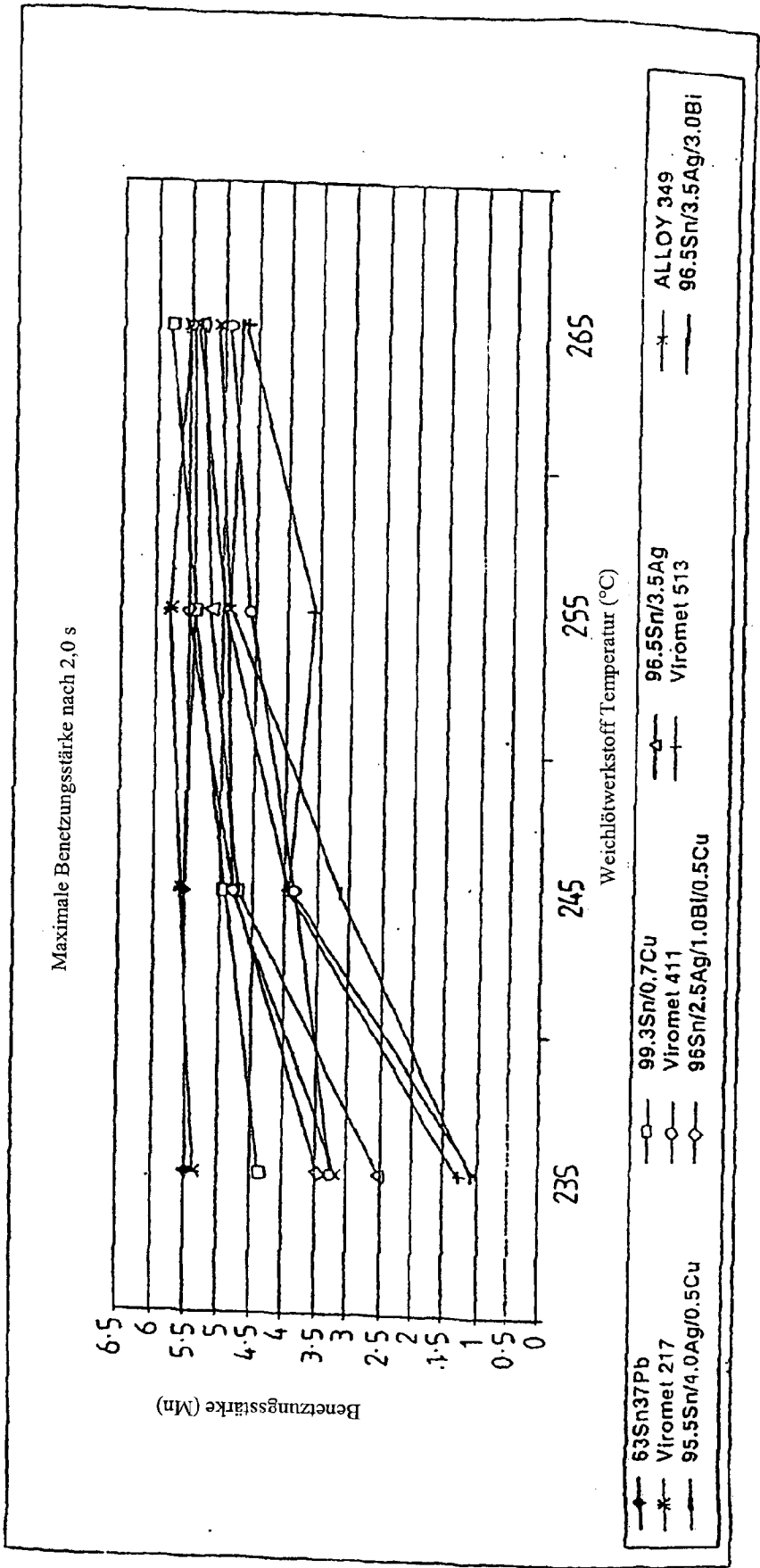




Weichlöt- werkstoff: Temp (°C)	Benetzungszeit (Sec)									
	63Sn37Pb	99.35Sn/0.7Cu	96.5Sn/3.5Ag	ALLOY 349	Viromet 217	Viromet 411	Viromet 513	96.5Sn/3.5Ag/3.0Bi	95.5Sn/4.0Ag/0.5Cu	96.5Sn/2.5Ag/1.0Bi/0.5Cu
235	5.48	4.37	2.54	3.21	5.38	3.25	1.27	1.03	1.07	3.47
245	5.54	4.93	4.74	4.82	5.57	3.85	3.94	3.91	3.13	4.8
255	5.42	5.4	5.16	4.9	5.76	4.55	3.58	4.95	4.86	5.48
265	5.41	5.77	5.34	5.07	5.49	4.89	4.67	5.37	4.73	5.49

FIG 3

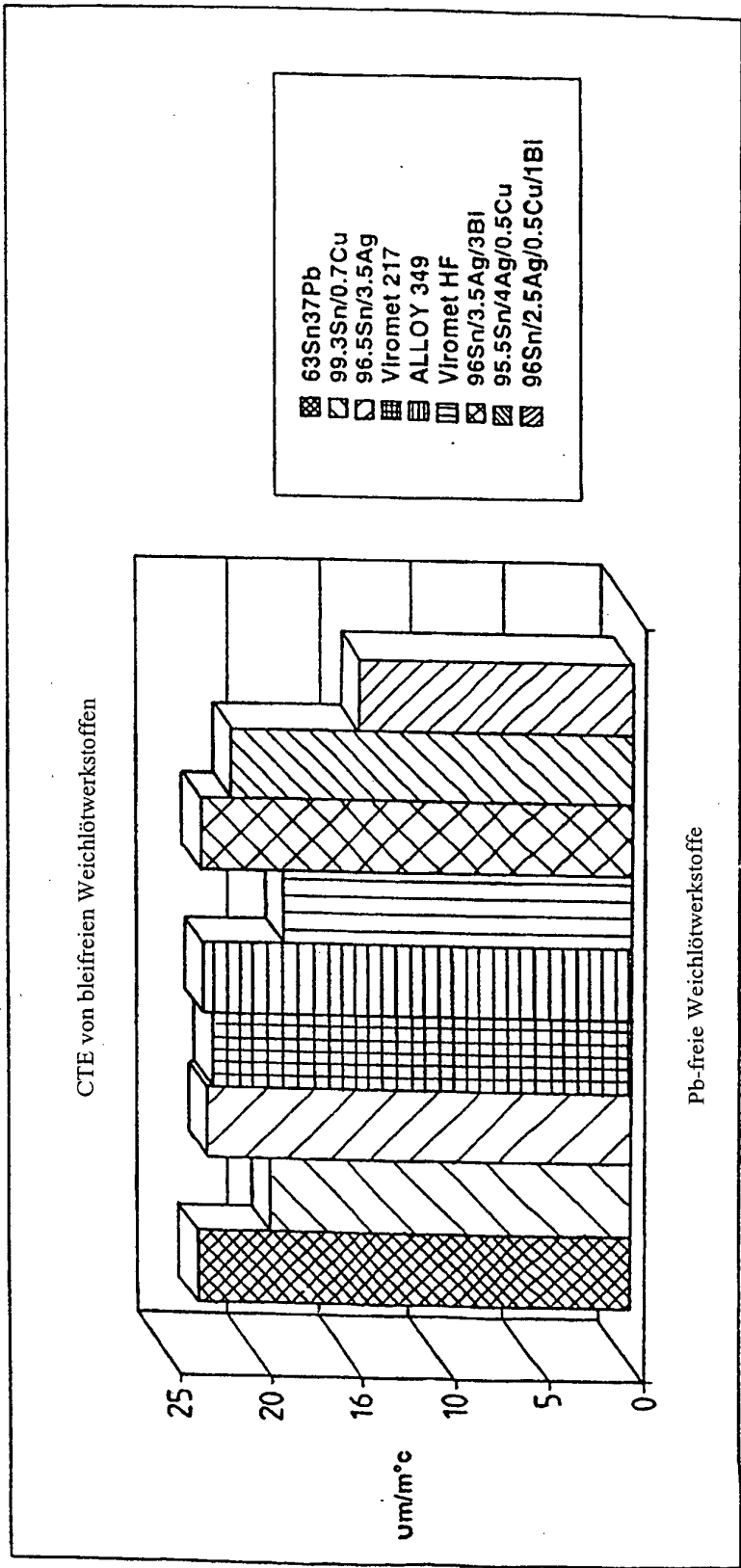
FIG 4



Eigenschaften	Legierungsarten										
	63Sn37Pb	99.35Sn/0.7Cu	96.55Sn/3.5Ag	Viromet217	ALLOY309	Viromet HF	96.5n/3.5Ag/3.0Bi	95.5Sn/4.0Ag/0.5Cu	95Sn/2.5Ag/1.0Bi/0.5Cu		
Schmelztemperatur (°C)	183	227	221	199-209	205-210	203-215	195-215	194-218	196-218		
CTE(µm/m°C)	23.3	19.3	22.7	22.5	22.9	18.6	23.1	21.5	14.5		
SG(g/m)	8.4	7.31	7.38	7.34	7.4	7.3	7.22	7.4	7.38		

FIG 5

FIG 6



Eigenschaften	Legierungsartef									
	63Sn37Pb	99.35Sn0.7Cu	96.5Sn3.5Ag	Viromet217	ALLOY309	Viromet HF	96.5Sn3.5Ag/3.0Bi	95.5Sn/4.0Ag/0.5Cu	96Sn/2.5Ag/1.0Bi/0.5Cu	
Zugfestigkeit	48.37	39.76	55.15	96.18	68.06	68.06	84.79	49.55	63.11	
Last bei maxi- maler Beladung	1.37	1.12	1.56	2.71	1.93	1.92	2.4	1.4	1.78	
Umspann- festigkeit	39.53	32.79	46.39	70.56	53.89	54.93	62.34	38.28	49.26	
(bei 2 % Fehl- anpassung)										
Young-Modul	4958.91	10111.55	11437.11	11396.76	9512.28	10692.66	9958.52	11396.93	11403.57	

FIG 7

Mechanische Eigenschaften von Pb-freien Weichlötwerkstoffen

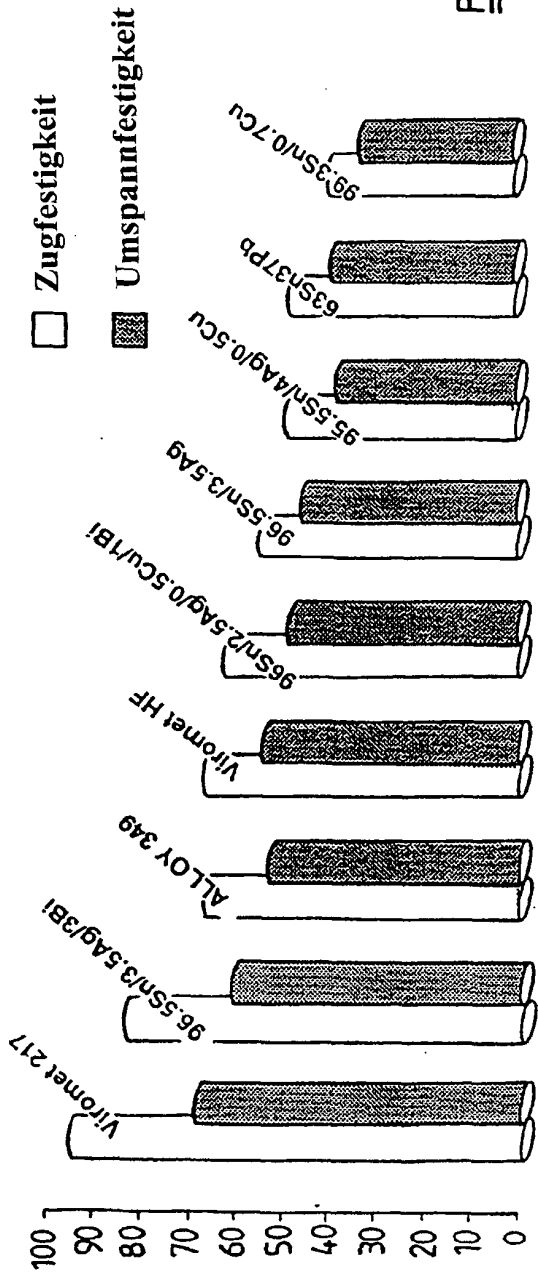
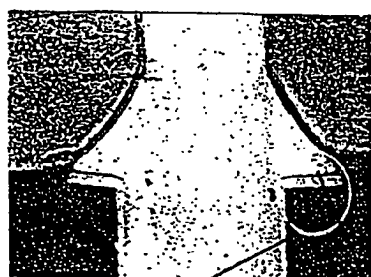
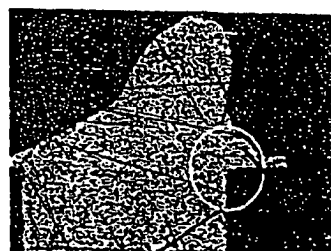


FIG 8

Weichlötwerkstoffarten	Lötverfahren	Plattierung der Platte	Art der Komponente	Anzahl an angehobenen Punkten	Gesamtzahl der Punkte	% Auftreten
<b>Viromet 217</b>	Schwall <b>245/1.0</b>	<b>Au</b>	Dioden	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>100</b>
			Widerstände 1	<b>29</b>	<b>32</b>	<b>91</b>
	Schwall <b>255/1.0</b> Tauch	<b>Au</b>	Widerstände 2	<b>27</b>	<b>36</b>	<b>75</b>
			Dioden	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>95</b>
		<b>Au</b>	Widerstände 1	<b>37</b>	<b>40</b>	<b>92.5</b>
			Klemme	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>100</b>
		<b>HASL</b>	Prüfkabel	<b>22</b>	<b>32</b>	<b>69</b>
<b>Sn/3.2Ag/0.5Bi/41n</b>	Tauch	<b>HASL</b>	Prüfkabel	<b>16</b>	<b>24</b>	<b>66.7</b>
<b>Sn/3.2Ag/1Bi/61n</b>	Tauch	<b>HASL</b>	Prüfkabel	<b>18</b>	<b>24</b>	<b>75</b>
<b>Sn/3.2Ag/2Bi/61n</b>	Tauch	<b>HASL</b>	Prüfkabel	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>70</b>
<b>ALLOY 349</b>	Tauch	<b>OSP</b>	Klemme 1	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>
				<b>0</b>	<b>22</b>	<b>0</b>
	Tauch	<b>Au</b>	Widerstand	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>0</b>
			Widerstand		<b>16</b>	<b>0</b>
			Dioden			<b>0</b>
<b>Sn/4Ag/0.5Cu/1Bi</b>	Tauch	<b>HASL</b>	Prüfkabel	<b>15</b>	<b>24</b>	<b>62.5</b>
<b>Sn/Ag</b>	Tauch	<b>HASL</b>	Prüfkabel	<b>5</b>	<b>28</b>	<b>17.9</b>

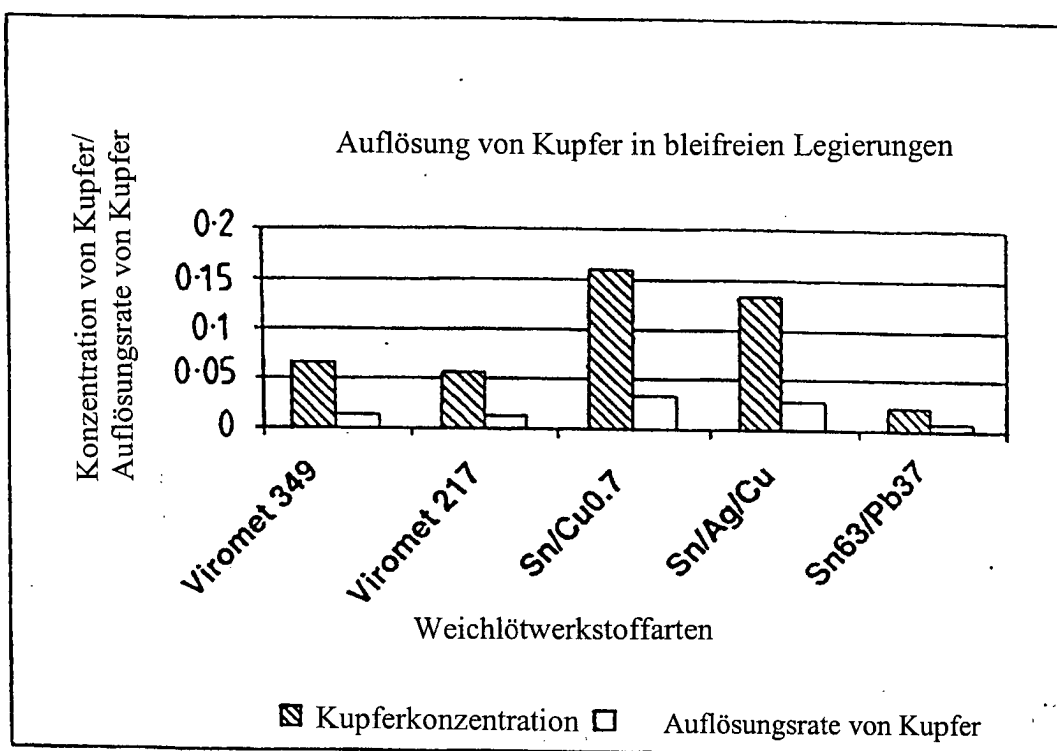
FIG 9FIG 10A

Ni/Au  
Beschichtung

FIG 10B

OSP Beschichtung

Weichlötwerkstoffarten	Kupferkonzentration (Gew-%)	Auflösungsrate von Kupfer
<b>Viromet 349</b>	<b>0.06312</b>	<b>0.0118406</b>
<b>Viromet 217</b>	<b>0.05506</b>	<b>0.0112433</b>
<b>Sn/Cu0.7</b>	<b>0.16017</b>	<b>0.0320858</b>
<b>Sn/Ag/Cu</b>	<b>0.13221</b>	<b>0.0264772</b>
<b>Sn63/Pb37</b>	<b>0.02279</b>	<b>0.0045627</b>

FIG 11FIG 12

Weichlötwerkstofflegierung	1	2	3	4	Gesamt (g/h)
<b>Sn63/37</b>	6.55	6.80	7.05	6.80	27.2
<b>Viromet 217</b>	3.8	5.50	5.60	6.90	21.80
<b>Viromet 349</b>	7.20	6.41	5.45	5.88	24.94
<b>Sn/Cu0.7</b>	10.36	10.71	10.70	10.10	41.87
<b>Sn/Ag/Cu</b>	13.95	10.95	10.50	12.85	48.06

FIG 13