



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0050397  
(43) 공개일자 2015년05월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C23C 2/28 (2006.01) C23C 2/08 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2014-0145826  
(22) 출원일자 2014년10월27일  
심사청구일자 없음  
(30) 우선권주장  
JP-P-2013-225843 2013년10월30일 일본(JP)  
JP-P-2014-171316 2014년08월26일 일본(JP)

(71) 출원인  
미쓰비시 마테리얼 가부시키키가이샤  
일본국 도쿄도 지요다쿠 오테마치 1쵸메 3방 2코  
(72) 발명자  
이노우에 유키  
일본 이바라키켄 나카시 무코야마 1002반치 14 미쓰비시 마테리얼 가부시키키가이샤 주오겐큐쇼 나이  
가토 나오키  
일본 이바라키켄 나카시 무코야마 1002반치 14 미쓰비시 마테리얼 가부시키키가이샤 주오겐큐쇼 나이  
(74) 대리인  
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 주석 도금 구리 합금 단자재

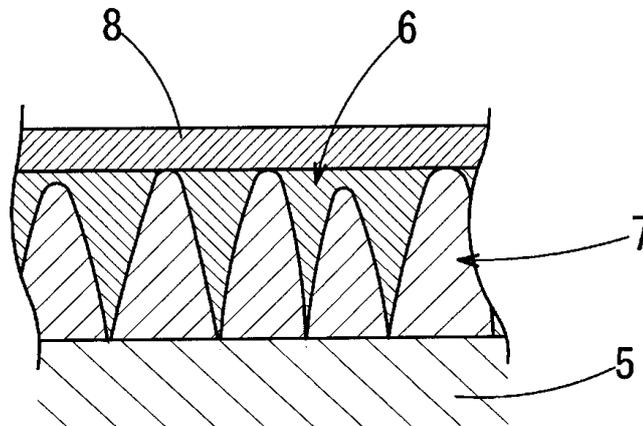
(57) 요약

(과제)

범용의 Sn 도금 단자재를 사용한 단자에 대해서도 끼워 맞춤시의 삽입력을 저감시킬 수 있는 주석 도금 구리 합금 단자재의 제공을 목적으로 한다.

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



(해결 수단)

Cu 합금으로 이루어지는 기재 상 표면에 Sn 계 표면층이 형성되고, Sn 계 표면층과 기재 사이에 CuSn 합금층이 형성되어 있고, Sn 계 표면층을 용해 제거하여, CuSn 합금층을 표면에 현출시켰을 때 측정되는 CuSn 합금층의 오일 고임 깊이 (Rvk) 가  $0.2 \mu\text{m}$  이상이고, 또한 상기 Sn 계 표면층의 평균 두께가  $0.2 \mu\text{m}$  이상  $0.6 \mu\text{m}$  이하이며, Sn 계 표면층에 CuSn 합금층의 일부가 노출되고, 최표면에  $0.005 \mu\text{m}$  이상  $0.05 \mu\text{m}$  이하의 막 두께의 Ni 또는 NiSn 합금으로 이루어지는 Ni 계 피복층이 형성되고, Ni 계 피복층은 Sn 계 표면층으로부터 노출되어 있는 CuSn 합금층 상에 형성되어 있고, 표면의 동마찰 계수가 0.3 이하이다.

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

Cu 합금으로 이루어지는 기재 상 표면에 Sn 계 표면층이 형성되고, 상기 Sn 계 표면층과 상기 기재 사이에 CuSn 합금층이 형성되어 있고, 상기 Sn 계 표면층을 용해 제거하여, 상기 CuSn 합금층을 표면에 현출시켰을 때 측정되는 상기 CuSn 합금층의 오일 고임 깊이 (Rvk) 가 0.2  $\mu\text{m}$  이상이고, 또한 상기 Sn 계 표면층의 평균 두께가 0.2  $\mu\text{m}$  이상 0.6  $\mu\text{m}$  이하이며, 최표면에 0.005  $\mu\text{m}$  이상 0.05  $\mu\text{m}$  이하의 막 두께의 Ni 계 피복층이 형성되고, 표면의 동마찰 계수가 0.3 이하인 것을 특징으로 하는 주석 도금 구리 합금 단자재.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 Sn 계 표면층에 상기 CuSn 합금층의 일부가 노출되어 있고, 상기 Ni 계 피복층은 상기 Sn 계 표면층으로부터 노출되어 있는 상기 CuSn 합금층 상에 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 주석 도금 구리 합금 단자재.

**청구항 3**

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 CuSn 합금층의 평균 두께가 0.6  $\mu\text{m}$  이상 1  $\mu\text{m}$  이하인 것을 특징으로 하는 주석 도금 구리 합금 단자재.

**청구항 4**

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기재가 0.5 질량% 이상 5 질량% 이하의 Ni, 0.1 질량% 이상 1.5 질량% 이하의 Si 를 함유하고, 추가로 필요에 따라 Zn, Sn, Fe, Mg 의 군에서 선택된 1 종 이상을 합계로 5 질량% 이하 함유하고, 잔부가 Cu 및 불가피 불순물로 구성되는 것을 특징으로 하는 주석 도금 구리 합금 단자재.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001]

본 발명은 자동차나 민생 기기 등의 전기 배선의 접속에 사용되는 커넥터용 단자, 특히 다 (多) 핀 커넥터용의 단자로서 유용한 주석 도금 구리 합금 단자재에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002]

최근, 자동차에 있어서 전장 (電裝) 기기의 다기능 · 고집적화에 수반하여, 사용하는 커넥터 단자의 소형화, 다핀화가 현저해지고 있다. 커넥터에는 주석 도금 구리 합금재가 널리 사용되고 있지만, 커넥터의 다핀화에 의해, 단자 차입시의 마찰 저항이 증가하여 생산성이 저하되는 것이 우려되고 있다. 그래서, 주석 도금 구리 합금재의 마찰 계수를 작게 하여 단 (單) 핀당 삽입력을 저감시키는 것이 시도되고 있다.

[0003]

예를 들어, 주석 도금 구리 합금재의 최표면에 주석과는 상이한 결정 구조를 갖는 금속으로 함으로써 삽입력을 저감시키는 것 (특허문헌 1) 이 있지만, 접촉 저항이 증대되거나, 땀납 젖음성이 저하된다는 문제가 있었다.

[0004]

특허문헌 2 에서는, 표면 도금층을 Sn 도금층과 Ag 또는 In 을 함유하는 도금층을 리플로우 처리 또는 열확산 처리된 층으로 하고 있다.

[0005]

또, 특허문헌 3 에서는, Sn 도금층 상에 Ag 도금층을 형성하여 열처리함으로써, Sn-Ag 합금층을 형성하는 것이 나타나 있다.

[0006]

이들 특허문헌 2, 3 에 기재된 기술은, 모두 전체면에 Sn-Ag 합금 도금 혹은 Ag 도금 등을 실시하는 것으로, 비용이 높아진다.

[0007] 여기서, 커넥터의 삽입력 (F) 은, 암 단자가 수 단자를 가압하는 힘 (접압) 을 P, 동마찰 계수를  $\mu$  로 하면, 통상 수 단자는 상하 2 방향으로부터 암 단자에 끼워지므로,  $F = 2 \times \mu \times P$  가 된다. 이 F 를 작게 하기 위해서는, P 를 작게 하는 것이 유효하지만, 커넥터 끼워 맞출시의 수·암 단자의 전기적 접속 신뢰성을 확보하기 위해서는 공연히 접압을 작게 할 수 없어 3 N 정도는 필요시된다. 다핀 커넥터에서는, 50 핀/커넥터를 초과하는 것도 있지만, 커넥터 전체의 삽입력은 100 N 이하, 가능하면 80 N 이하, 혹은 70 N 이하가 바람직하기 때문에, 동마찰 계수 ( $\mu$ ) 로는 0.3 이하가 필요시된다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0008] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 2007-100220호  
 (특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 2005-154819호  
 (특허문헌 0003) 일본 공개특허공보 2010-61842호

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0009] 종래보다 표층의 마찰 저항을 낮춘 단자재가 개발되고 있지만, 수, 암 단자를 끼워 맞추는 접속 단자의 경우, 양자에 동일한 재종을 사용하는 경우가 적고, 특히 수 단자는 황동을 기재로 한 범용의 Sn 도금이 피복된 단자재가 널리 사용되고 있다. 그 때문에, 암 단자에만 저삽입력 단자재를 사용해도, 삽입력 저감의 효과가 작다는 문제가 있었다.

[0010] 본 발명은 전술한 과제를 감안하여 이루어진 것으로서, 범용의 Sn 도금 단자재를 사용한 단자에 대해서도 끼워 맞출시의 삽입력을 저감시킬 수 있는 주석 도금 구리 합금 단자재의 제공을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

[0011] 발명자들은, 단자재 표층의 마찰 저항을 낮추는 수단으로서, CuSn 합금층과 Sn 계 표면층의 계면의 형상을 제어하고, Sn 계 표면층의 바로 아래에 급준한 요철 형상의 CuSn 합금층을 배치함으로써 마찰 계수가 작아지는 것을 알아내었다. 단, 이 저삽입력 단자재를 단자의 일방에만 사용하고, 타방을 범용의 Sn 도금재로 했을 경우, 마찰 계수 저감의 효과가 반감되었다.

[0012] 모두 최표면이 Sn 도금이기 때문에, 동종의 Sn 끼리가 접촉함으로써 Sn 의 응착이 발생하여 마찰 계수 저감의 효과가 반감된다. 특히, 저삽입력 단자재는 Sn 계 표면층의 바로 아래에 단단한 CuSn 합금층이 배치되어 있기 때문에, 범용의 Sn 도금재의 무른 Sn 계 표면층의 Sn 이 깎여 응착된다고 생각된다.

[0013] 발명자들은 예의 연구한 결과, 최표면에 얇게 Ni 도금을 실시함으로써, 저삽입력 단자재의 마찰 계수 저감 효과를 확보하면서, 더욱 Sn 의 응착을 억제하여, 타방의 단자에 범용재를 사용해도 마찰 저항의 저감이 가능해지는 것을 알아내었다.

[0014] 본 발명의 주석 도금 구리 합금 단자재는, Cu 합금으로 이루어지는 기재 상 표면에 Sn 계 표면층이 형성되고, 상기 Sn 계 표면층과 상기 기재 사이에 CuSn 합금층이 형성되어 있고, 상기 Sn 계 표면층을 용해 제거하여, 상기 CuSn 합금층을 표면에 현출시켰을 때 측정되는 상기 CuSn 합금층의 오일 고임 깊이 (Rvk) 가 0.2  $\mu\text{m}$  이상이고, 또한 상기 Sn 계 표면층의 평균 두께가 0.2  $\mu\text{m}$  이상 0.6  $\mu\text{m}$  이하이며, 최표면에 0.005  $\mu\text{m}$  이상 0.05  $\mu\text{m}$  이하의 막 두께의 Ni 또는 NiSn 합금으로 이루어지는 Ni 계 피복층이 형성되어 표면의 동마찰 계수가 0.3 이하이다.

[0015] CuSn 합금층의 오일 고임 깊이 (Rvk) 를 0.2  $\mu\text{m}$  이상, Sn 계 표면층의 평균 두께를 0.2  $\mu\text{m}$  이상 0.6  $\mu\text{m}$  이하로 하고, 최표면에 0.005  $\mu\text{m}$  이상 0.05  $\mu\text{m}$  이하의 Ni 계 피복층을 형성함으로써, 동마찰 계수를 0.3 이하로 할 수 있다.

[0016] CuSn 합금층의 오일 고임 깊이 (Rvk) 는, 0.2  $\mu\text{m}$  미만에서는 CuSn 합금층의 오목부 내에 존재하는 Sn 이 적어지므로 동마찰 계수가 증대된다. 또, Sn 계 표면층의 평균 두께를 0.2  $\mu\text{m}$  이상 0.6  $\mu\text{m}$  이하로 한 것은, 0.2

$\mu\text{m}$  미만에서는 뱀납 젖음성의 저하, 전기적 접속 신뢰성의 저하를 초래하고,  $0.6 \mu\text{m}$  를 초과하면 CuSn 합금층의 오일 고임 깊이 (Rvk) 를  $0.2 \mu\text{m}$  이상으로 할 수 없어, Sn 이 차지하는 두께가 커지므로 동마찰 계수가 증대되기 때문이다.

[0017] 최표면의 Ni 또는 NiSn 합금으로 이루어지는 Ni 계 피복층은, Sn 과의 응착이 발생하기 어려운 층이기 때문에 CuSn 합금층 이상의 마찰 계수의 저감 효과가 얻어진다. 이 경우, Ni 계 피복층의 막 두께가  $0.005 \mu\text{m}$  미만에서는 효과가 얻어지지 않는다. Ni 계 피복층의 막 두께가  $0.05 \mu\text{m}$  를 초과하면, Sn 계 표면층과 CuSn 합금층의 특수한 계면 형상에 의한 마찰 계수 저감 효과와 Ni 계 피복층에 의한 Sn 응착 억제 효과를 동시에 얻을 수 없어, Ni 계 피복층에 의한 응착 억제 효과뿐이기 때문에 충분한 마찰 계수 저감 효과가 얻어지지 않고, 또, 뱀납 젖음성의 저하를 초래한다.

[0018] 본 발명의 주석 도금 구리 합금 단자재에 있어서, 상기 Sn 계 표면층에 상기 CuSn 합금층의 일부가 노출되어 있고, 상기 Ni 계 피복층은 상기 Sn 계 표면층으로부터 노출되어 있는 상기 CuSn 합금층 상에 형성되어 있으면 된다.

[0019] Ni 계 피복층이 CuSn 합금층 상에 형성된다고 한 것은, Sn 계 표면층의 표면에 노출된 단단한 CuSn 합금층이 Ni 계 피복층을 유지하기 위함으로, CuSn 합금층 상에 형성하지 않고, Sn 계 표면층 상에만 형성하면, 단자재끼리의 마찰시에 Ni 계 피복층이 깨지고, 그 결과, 동종의 Sn 끼리가 접촉함으로써 Sn 의 응착이 발생되어, 마찰 계수 저감의 효과가 얻어지지 않는다. 이 Ni 계 피복층은 Sn 계 표면층 상에 형성되어 있어도 되지만, 적어도 CuSn 합금층 상에 형성되어 있을 필요가 있다.

[0020] 본 발명의 주석 도금 구리 합금 단자재에 있어서, 상기 CuSn 합금층의 평균 두께가  $0.6 \mu\text{m}$  이상  $1 \mu\text{m}$  이하이면 된다.

[0021] CuSn 합금층의 평균 두께가  $0.6 \mu\text{m}$  미만에서는 오일 고임 깊이 (Rvk) 를  $0.2 \mu\text{m}$  이상으로 하는 것이 어렵고,  $1 \mu\text{m}$  이상의 두께로 형성하기 위해서는 Sn 계 표면층을 필요 이상으로 두껍게 할 필요가 있어 경제적이지 않다.

[0022] 본 발명의 주석 도금 구리 합금 단자재에 있어서, 상기 기체가  $0.5$  질량% 이상  $5$  질량% 이하의 Ni,  $0.1$  질량% 이상  $1.5$  질량% 이하의 Si 를 함유하고, 추가로 필요에 따라 Zn, Sn, Fe, Mg 의 군에서 선택된  $1$  종 이상을 합계로  $5$  질량% 이하 함유하고, 잔부가 Cu 및 불가피 불순물로 구성되면 된다.

[0023] CuSn 계 표면층의 오일 고임 깊이 (Rvk) 를  $0.2 \mu\text{m}$  이상으로 하기 위해서는, CuSn 합금층 중에 Ni 및 Si 가 고용될 필요가 있다. 이 경우, Ni 및 Si 를 함유하고 있는 기체를 사용하면, 리플로우시에 기체로부터 Ni 및 Si 를 CuSn 합금층 중에 공급할 수 있다. 단, 기체 중의 이들 Ni 및 Si 의 함유량은, Ni 가  $0.5$  질량% 미만, Si 가  $0.1$  질량% 미만에서는, 각각 Ni 또는 Si 의 효과가 나타나지 않고, Ni 에서는  $5$  질량% 를 초과하면 주조나 열간 압연시에 균열을 일으킬 우려가 있고, Si 에서는  $1.5$  질량% 를 초과하면 도전성이 저하되기 때문에, Ni 는  $0.5$  질량% 이상  $5$  질량% 이하, Si 는  $0.1$  질량% 이상  $1.5$  질량% 이하가 바람직하다.

[0024] Zn, Sn 은 강도, 내열성 향상을 위해서 첨가하면 좋고, 또, Fe, Mg 는 응력 완화 특성 향상을 위해서 첨가하면 좋지만, 합계로  $5$  질량% 를 초과하면 도전율이 저하되므로 바람직하지 않다.

**발명의 효과**

[0025] 본 발명의 주석 도금 구리 합금 단자재에 의하면, CuSn 합금층과 Sn 계 표면층의 계면의 요철 형상을 제어한 저삽입력 단자재의 최표면에  $0.05 \mu\text{m}$  이하의 막 두께의 Ni 또는 NiSn 합금으로 이루어지는 Ni 계 피복층을 형성한 것에 의해, 범용의 Sn 도금재와의 조합으로 사용하는 경우에도, 끼워 맞춤시의 삽입력을 저감시키는 것이 가능해진다.

**도면의 간단한 설명**

[0026] 도 1 은 본 발명의 주석 도금 구리 합금 단자재를 모식적으로 나타내는 단면도이다.  
 도 2 는 본 발명의 단자재가 적용되는 끼워 맞춤형 접속 단자의 예를 나타내는 끼워 맞춤부의 단면도이다.  
 도 3 은 수 단자에 사용되는 단자재를 모식적으로 나타내는 단면도이다.  
 도 4 는 동마찰 계수를 측정하기 위한 장치를 개념적으로 나타내는 정면도이다.  
 도 5 는 동마찰 계수 측정 후의 실시예 5 의 수 단자 시험편 표면의 현미경 사진이다.

도 6 은 동마찰 계수 측정 후의 비교예 1 의 수 단자 시험편 표면의 현미경 사진이다.

도 7 은 동마찰 계수 측정 후의 비교예 2 의 수 단자 시험편 표면의 현미경 사진이다.

도 8 은 AES 분석에 의한 단자재 최표면의 원소 분포를 나타내는 사진이다. (a) 는 에칭에 의해 표면의 산화물을 제거한 후, (b) 는 Ni 계 피복층을 에칭에 의해 제거한 후의 원소 분포를 나타내는 사진이다.

도 9 는 TEM 분석에 의한 단자재의 최표면 근방을 나타내는 사진이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0027] 본 발명의 일 실시형태의 주석 도금 구리 합금 단자재를 설명한다.
- [0028] 이 주석 도금 구리 합금 단자재는, 도 1 의 모식도에 나타내는 바와 같이, Cu 합금으로 이루어지는 기재 (5) 상 표면에 Sn 계 표면층 (6) 이 형성되고, Sn 계 표면층 (6) 과 Cu 합금 기재 (5) 사이에 CuSn 합금층 (7) 이 형성되어 있고, Sn 계 표면층 (6) 을 용해 제거하고, CuSn 합금층 (7) 을 표면에 현출시켰을 때 측정되는 CuSn 합금층 (7) 의 오일 고입 깊이 (Rvk) 가 0.2  $\mu\text{m}$  이상이고, 또한 Sn 계 표면층 (6) 의 평균 두께가 0.2  $\mu\text{m}$  이상 0.6  $\mu\text{m}$  이하이며, 최표면에 0.005  $\mu\text{m}$  이상 0.05  $\mu\text{m}$  이하의 막 두께의 Ni 또는 NiSn 합금으로 이루어지는 Ni 계 피복층 (8) 이 형성되고, 표면의 동마찰 계수가 0.3 이하이다.
- [0029] 이 경우, Sn 계 표면층 (6) 에 CuSn 합금층 (7) 의 일부가 노출되어 있고, Sn 계 표면층 (6) 으로부터 노출되어 있는 CuSn 합금층 (7) 의 노출 부분, 또는 이 CuSn 합금층 (7) 의 노출 부분과 그 주위의 Sn 계 표면층 (6) 에 걸친 영역에, Ni 계 피복층 (8) 이 형성된다.
- [0030] 기재는 Cu-Ni-Si 계 합금, Cu-Ni-Si-Zn 계 합금 등, Ni 및 Si 를 함유하고, 추가로 필요에 따라 Zn, Sn, Fe, Mg 의 군에서 선택된 1 종 이상을 합계로 5 질량% 이하 함유하고, 잔부가 Cu 및 불가피 불순물로 구성되는 구리 합금이다. Ni 및 Si 를 필수 성분으로 한 것은, 후술하는 리플로우 처리에 의해 형성되는 CuSn 합금층의 오일 고입 깊이 (Rvk) 를 0.2  $\mu\text{m}$  이상으로 하기 위해서, 리플로우시에 기재로부터 Ni 및 Si 를 공급하고, CuSn 합금층 중에 Ni 및 Si 를 고용시키기 때문이다. 기재 중의 Ni 의 함유량으로는 0.5 질량% 이상 5 질량% 이하가, Si 의 함유량으로는 0.1 질량% 이상 1.5 질량% 이하가 바람직하다. Ni 가 0.5 질량% 미만에서는 Ni 의 효과, Si 가 0.1 질량% 미만에서는 Si 의 효과가 각각 나타나지 않고, Ni 가 5 질량% 를 초과하면 주조나 열간 압연시에 균열을 일으킬 우려가 있고, Si 가 1.5 질량% 를 초과하면 도전성이 저하되기 때문이다.
- [0031] 또, Zn, Sn 은 강도, 내열성을 향상시키고, Fe, Mg 는 응력 완화 특성을 향상시킨다. 이들 Zn, Sn, Fe, Mg 중 어느 1 종 이상을 첨가하는 경우에는, 그 합계의 함유량이 5 질량% 를 초과하면 도전성이 저하되므로 바람직하지 않다. 특히, Zn, Sn, Fe, Mg 모두를 함유하는 것이 바람직하다.
- [0032] CuSn 합금층은, 후술하는 바와 같이 기재 상에 Cu 도금층과 Sn 도금층을 형성하여 리플로우 처리함으로써 형성된 것으로, 그 대부분은  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  이지만, 기재와의 계면 부근에 기재 중의 Ni 및 Si 와 Cu 의 일부가 치환된  $(\text{Cu}, \text{Ni}, \text{Si})_6\text{Sn}_5$  합금이 얇게 형성된다. 또, 이 CuSn 합금층과 Sn 계 표면층의 계면은 요철상으로 형성되고, 그 오일 고입 깊이 (Rvk) 가 0.2  $\mu\text{m}$  이상이 된다.
- [0033] 이 오일 고입 깊이 (Rvk) 는, JIS B0671-2 에서 규정되는 표면 조도 곡선의 돌출 계곡부 평균 깊이이고, 평균적인 요철보다 깊은 부분이 어느 정도 있는지를 나타내는 지표가 되어, 이 값이 크면 매우 깊은 계곡 부분의 존재에 의해 급준한 요철 형상으로 되어 있는 것을 나타낸다.
- [0034] 이 CuSn 합금층의 평균 두께는 0.6  $\mu\text{m}$  이상 1  $\mu\text{m}$  이하이면 되고, 0.6  $\mu\text{m}$  미만에서는 CuSn 합금층의 오일 고입 깊이 (Rvk) 를 0.2  $\mu\text{m}$  이상으로 하는 것이 어렵고, 1  $\mu\text{m}$  이하로 규정한 것은, 1  $\mu\text{m}$  이상의 두께로 형성하기 위해서는 Sn 계 표면층을 필요 이상으로 두껍게 할 필요가 있어 경제적이지 않다.
- [0035] 또한, 이 CuSn 합금층의 일부 ( $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ ) 가 Sn 계 표면층에 노출되어 있다. 그 경우, 각 노출부의 원상당 직경이 0.6  $\mu\text{m}$  이상 2.0  $\mu\text{m}$  이하로, 노출 면적률은 10 % 이상 40 % 이하가 되고, 그 한정된 범위이면 Sn 계 표면층이 갖는 우수한 전기 접속 특성을 저해하는 경우는 없다.
- [0036] Sn 계 표면층은 평균 두께가 0.2  $\mu\text{m}$  이상 0.6  $\mu\text{m}$  이하로 형성된다. 그 두께가 0.2  $\mu\text{m}$  미만에서는 땀납 젖음성의 저하, 전기적 접속 신뢰성의 저하를 야기하고, 0.6  $\mu\text{m}$  를 초과하면 표층을 Sn 과 CuSn 의 복합 구조로 할 수 없고, Sn 만이 차지하므로 동마찰 계수가 증대되기 때문이다. 보다 바람직한 Sn 계 표면층의 평균 두께

는 0.25  $\mu\text{m}$  이상 0.5  $\mu\text{m}$  이하이다.

[0037] Ni 계 피복층은 Ni 또는 NiSn 합금으로 이루어지는 피복층이며, 후술하는 바와 같이 리플로우 처리한 후의 Sn 계 표면층으로부터 노출되는 CuSn 합금층의 노출 부분, 또는 그 노출 부분으로부터 주위의 Sn 계 표면층 상에 걸쳐 형성되어, 막 두께가 0.005  $\mu\text{m}$  이상 0.05  $\mu\text{m}$  이하가 된다. 단, 최표면의 전체면에 Ni 계 피복층이 형성되는 것이 아니라, Sn 계 표면층으로부터 노출된 CuSn 합금층의 노출 부분 상에 주로 형성된다. 따라서, 최표면은 Sn 계 표면층과 Ni 계 피복층이 혼재한 표면이 된다. 이 경우, Sn 계 표면층에 접재되어 있는 CuSn 합금층의 노출 부분은, 그 대부분이 Ni 계 피복층에 의해 피복되지만, 그 노출 부분 전부가 Ni 계 피복층에 의해 완전하게 피복되는 것까지 요구되는 것은 아니고, Ni 계 피복층에 피복되지 않고 노출된 상태로 약간 남아 있는 부분이 있어도 된다.

[0038] 또, 이 Ni 계 피복층이 CuSn 합금층의 노출 부분 상에 형성되지 않고 Sn 계 표면층에만 형성되면, 단자재끼리의 마찰시에 Ni 계 피복층이 깨져 동종의 Sn 끼리가 접촉함으로써 Sn 의 응착이 발생되어, 마찰 계수 저감의 효과가 얻어지지 않는다.

[0039] 이 경우, Ni 계 피복층의 막 두께가 0.005  $\mu\text{m}$  미만에서는 효과가 얻어지지 않는다. 0.05  $\mu\text{m}$  를 초과하는 막 두께에서는, Sn 계 표면층과 CuSn 합금층의 특수한 계면 형상에 의한 마찰 계수 저감 효과와 Ni 계 피복층에 의한 Sn 응착 억제 효과를 동시에 얻을 수 없고, Ni 계 피복층에 의한 응착 억제 효과뿐이기 때문에 충분한 마찰 계수 저감 효과가 얻어지지 않으며, 또, 땀납 젖음성의 저하를 초래한다.

[0040] 다음으로, 이 단자재의 제조 방법에 대해 설명한다.

[0041] 기재로서, Cu-Ni-Si 계 합금, Cu-Ni-Si-Zn 계 합금 등, Ni 및 Si 를 함유하고, 추가로 필요에 따라 Zn, Sn, Fe, Mg 의 군에서 선택된 1 종 이상을 합계로 5 질량% 이하 함유하고, 잔부가 Cu 및 불가피 불순물로 구성되는 구리 합금으로 이루어지는 판재를 준비한다. 이 판재에 탈지, 산세 등의 처리를 함으로써 표면을 청정하게 한 후, Cu 도금, Sn 도금을 이 순서대로 실시한다.

[0042] Cu 도금은 일반적인 Cu 도금욕을 사용하면 되고, 예를 들어 황산구리 ( $\text{CuSO}_4$ ) 및 황산 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 을 주성분으로 한 황산구리욕 등을 사용할 수 있다. 도금욕의 온도는 20  $^{\circ}\text{C}$  이상 50  $^{\circ}\text{C}$  이하, 전류 밀도는 1  $\text{A}/\text{dm}^2$  이상 20  $\text{A}/\text{dm}^2$  이하가 된다. 이 Cu 도금에 의해 형성되는 Cu 도금층의 막 두께는 0.03  $\mu\text{m}$  이상 0.15  $\mu\text{m}$  이하가 된다. 0.03  $\mu\text{m}$  미만에서는 합금 기재의 영향이 크고, 표층에까지 CuSn 합금층이 성장하여, 광택도, 땀납 젖음성의 저하를 초래하고, 0.15  $\mu\text{m}$  를 초과하면 리플로우시에 기재로부터 Ni 가 충분히 공급되지 않아, 원하는 CuSn 합금층의 형상이 얻어지지 않기 때문이다.

[0043] Sn 도금층 형성을 위한 도금욕으로는, 일반적인 Sn 도금욕을 사용하면 되고, 예를 들어 황산 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 과 황산제1주석 ( $\text{SnSO}_4$ ) 을 주성분으로 한 황산제1주석욕을 사용할 수 있다. 도금욕의 온도는 15  $^{\circ}\text{C}$  이상 35  $^{\circ}\text{C}$  이하, 전류 밀도는 1  $\text{A}/\text{dm}^2$  이상 10  $\text{A}/\text{dm}^2$  이하가 된다. 이 Sn 도금층의 막 두께는 0.6  $\mu\text{m}$  이상 1.3  $\mu\text{m}$  이하가 된다. Sn 도금층의 두께가 0.6  $\mu\text{m}$  미만이면 리플로우 후의 Sn 계 표면층이 얇아져 전기 접속 특성이 저해되고, 1.3  $\mu\text{m}$  를 초과하면 표면에 대한 CuSn 합금층의 노출이 적어져 동마찰 계수를 0.3 이하로 하기 어렵다.

[0044] 리플로우 처리 조건으로는, 환원 분위기 중에서 기재의 표면 온도가 240  $^{\circ}\text{C}$  이상 360  $^{\circ}\text{C}$  이하가 되는 조건에서 3 초 이상 15 초 이하의 시간 가열하고, 급랭된다. 240  $^{\circ}\text{C}$  보다 낮은 온도, 3 초 미만의 가열에서는 Sn 의 용해가 진행되지 않고, 360  $^{\circ}\text{C}$  를 초과하는 온도, 15 초를 초과하는 가열에서는 CuSn 합금층 중의 결정이 크게 성장되어 원하는 형상이 얻어지지 않고, 또 CuSn 합금층이 표층에까지 달하여 Sn 계 표면층이 잔류하지 않게 되기 때문이다. 바람직하게는 260  $^{\circ}\text{C}$  이상 300  $^{\circ}\text{C}$  이하에서 5 초 이상 10 초 이하의 가열 후 급랭이다.

[0045] 리플로우 처리 후의 소재에 탈지, 산세 등의 처리를 실시하여, 표면을 세정한 후, Ni 도금을 실시한다. Ni 도금은 일반적인 Ni 도금욕을 사용하면 되고, 예를 들어 염산 ( $\text{HCl}$ ) 과 염화니켈 ( $\text{NiCl}_2$ ) 을 주성분으로 한 염화니켈욕을 사용할 수 있다. Ni 도금욕의 온도는 15  $^{\circ}\text{C}$  이상 35  $^{\circ}\text{C}$  이하, 전류 밀도는 1  $\text{A}/\text{dm}^2$  이상 10  $\text{A}/\text{dm}^2$  이하가 된다. 이 Ni 도금층의 막 두께는 전술한 바와 같이 0.05  $\mu\text{m}$  이하가 된다.

[0046] 그리고, 이 단자재는, 예를 들어 도 2 에 나타내는 바와 같은 형상의 암 단자 (2) 로 성형된다.

[0047] 이 암 단자 (2) 는, 도 2 에 나타내는 예에서는, 전체로서는 각통상으로 형성되고, 그 일방 단 (端) 의 개구부 (15) 로부터 수 단자 (1) 를 끼워 맞춤으로써, 이 수 단자 (1) 를 양측에서 협지한 상태로 유지하여 접속된다.

암 단자 (2) 의 내부에는, 끼워 맞춰지는 수 단자 (1) 의 일방의 면에 접촉되는 탄성 변형 가능한 접촉편 (16) 이 형성됨과 함께, 이 접촉편 (16) 에 대향하고 있는 측벽 (17) 에, 수 단자 (1) 의 타방의 면에 접촉하는 반구상의 볼록부 (18) 가 엠보싱 가공에 의해 안쪽으로 돌출된 상태로 형성되어 있다. 접촉편 (16) 에도, 볼록부 (18) 에 대향하도록 산 형상의 절곡부 (19) 가 형성되어 있다. 이들 볼록부 (18) 및 절곡부 (19) 는, 수 단자 (1) 를 끼워 맞추었을 때 수 단자 (1) 를 향하여 볼록해지도록 돌출되어 있고, 그 수 단자 (1) 에 대한 슬라이딩부 (11) 가 된다.

[0048] 또한, 수 단자 (1) 에 사용되는 단자재는, 도 3 에 모식적으로 나타내는 바와 같이, Cu 합금으로 이루어지는 기재 (21) 상 표면에 Sn 계 표면층 (22) 이 형성되고, Sn 계 표면층 (22) 과 Cu 합금 기재 (21) 사이에 CuSn 합금층 (23) 이 형성된, 일반적인 리플로우 처리재로 구성된다. 이 수 단자 (1) 에 있어서, Sn 계 표면층 (22) 을 용해 제거하여, CuSn 합금층 (23) 을 표면에 현출시켰을 때 측정되는 CuSn 합금층 (23) 의 오일 고임 깊이 (Rvk) 는 0.2  $\mu\text{m}$  미만, 통상은 0.15  $\mu\text{m}$  정도이고, 또한 Sn 계 표면층 (22) 의 평균 두께는 0.2  $\mu\text{m}$  이상 3  $\mu\text{m}$  이하이다.

[0049] 수 단자 (1) 는 평판상으로 형성되고, 구리 합금판에 Cu 도금 및 Sn 도금을 이 순서대로 실시한 후, 리플로우 처리함으로써 형성된다. 이 경우, 리플로우 처리의 가열 조건으로는, 일반적으로는 240  $^{\circ}\text{C}$  이상 400  $^{\circ}\text{C}$  이하의 온도에서 1 초 이상 20 초 이하의 시간 유지한 후, 급랭된다.

[0050] 또한, 리플로우 처리하지 않고, Cu 합금으로 이루어지는 기재에 Sn 도금에 의해 평균 두께 0.5  $\mu\text{m}$  이상 3  $\mu\text{m}$  이하의 Sn 계 표면층을 형성한 단자재를 수 단자재로 해도 된다.

[0051] 이와 같은 암 단자재 및 수 단자재를 사용하여 형성한 커넥터는, 암 단자 (2) 의 개구부 (15) 로부터 접촉편 (16) 과 측벽 (17) 사이에 수 단자 (1) 를 삽입 하면, 접촉편 (16) 은 2 점 채선으로 나타내는 위치로부터 실선으로 나타내는 위치로 탄성 변형되고, 그 절곡부 (19) 와 볼록부 (18) 사이에 수 단자 (1) 를 협지한 상태로 유지된다.

[0052] 전술한 바와 같이, 암 단자 (2) 는 CuSn 합금층과 Sn 계 표면층의 계면을 오일 고임 깊이 (Rvk) 가 0.2  $\mu\text{m}$  이상인 급준한 요철 형상으로 형성되고, 또한 Sn 계 표면층의 평균 두께가 0.1  $\mu\text{m}$  이상 0.6  $\mu\text{m}$  이하, 최표면에 0.005  $\mu\text{m}$  이상 0.05  $\mu\text{m}$  이하의 막 두께의 Ni 계 피복층이 형성되어 있기 때문에, 암 단자 (2) 의 볼록부 (18) 및 절곡부 (19) 의 표면에 Sn 이 응착되는 것이 억제되고, CuSn 합금층과 Sn 계 표면층의 계면이 급준한 요철 형상으로 형성되어 있는 것에 의한 동마찰 계수의 저감 효과가 유효하게 발휘되어, 수 단자 (1) 가 통상적인 리플로우 처리에 의한 Sn 계 표면층인 것이어도, 동마찰 계수를 0.3 이하로 할 수 있다.

[0053] 실시예

[0054] 암 단자 시험편으로서, 판 두께 0.25 mm 의 구리 합금 (Ni ; 0.5 질량% 이상 5.0 질량% 이하-Zn ; 1.0 질량% -Sn ; 0 질량% 이상 0.5 질량% 이하-Si ; 0.1 질량% 이상 1.5 질량% 이하-Fe ; 0 질량% 이상 0.03 질량% 이하-Mg ; 0.005 질량%) 을 기재로 하고, Cu 도금, Sn 도금을 순서대로 실시한 후에, 리플로우 처리로서 환원 분위기 중에서, 기재 표면 온도가 240  $^{\circ}\text{C}$  이상 360  $^{\circ}\text{C}$  이하의 온도가 될 때까지 승온시켜, 3 ~ 15 초 유지한 후, 수랭하였다. 리플로우 처리 후, Ni 도금을 실시하였다. 비교예로서, 기재의 Ni 및 Si 농도나, Cu 도금 두께, Sn 도금 두께를 변량한 것, Ni 도금을 실시하지 않은 것도 제작하였다.

[0055] 이 경우, Cu 도금 및 Sn 도금, Ni 도금의 도금 조건은, 표 1 에 나타내는 바와 같이 하였다. 표 1 중, Dk 는 캐소드의 전류 밀도, ASD 는 A/dm<sup>2</sup> 의 약어이다.

[0056] 각 도금층의 두께, 리플로우 조건은, 표 2 에 나타내는 바와 같이 하였다.

표 1

도금액 조성	Cu도금		Sn도금		Ni도금	
	황산구리	250g/L	황산제1주석	75g/L	염화니켈	240g/L
황산	50g/L	황산	85g/L	염산	50g/L	
		첨가제	10g/L			
액온	25 $^{\circ}\text{C}$		25 $^{\circ}\text{C}$		25 $^{\circ}\text{C}$	
Dk	5 ASD		5 ASD		2 ASD	

[0057]

[0058] 이들 시료에 대하여, 리플로우 후의 Sn 계 표면층의 두께, CuSn 합금층의 두께, CuSn 합금층의 오일 고임 깊이

(Rvk), Ni 계 피복층의 두께, CuSn 합금층의 노출 부분 상의 Ni 계 피복층의 유무를 측정하였다.

[0059] 리플로우 후의 Sn 계 표면층 및 CuSn 합금층의 두께, Ni 계 피복층의 두께는 SII·나노테크놀로지 주식회사 제조 형광 X 선 막후계 (SFT9400) 로 측정하였다.

[0060] Sn 계 표면층 및 CuSn 합금층의 두께는, Ni 계 피복층을 형성하기 전의 시료 에 대해, 최초로 리플로우 후의 시료의 전체 Sn 계 표면층의 두께를 측정한 후, 예를 들어 레이볼드 주식회사 제조의 L80 등의, 순 Sn 을 에칭하여 CuSn 합금을 부식시키지 않는 성분으로 이루어지는 도금 피막 박리용의 에칭액에 수 분간 침지시킴으로써 Sn 계 표면층을 제거하고, 그 하층의 CuSn 합금층을 노출시켜 순 Sn 환산 에 있어서의 CuSn 합금층의 두께를 측정 한 후, (전체 Sn 계 표면층의 두께-순 Sn 환산에 있어서의 CuSn 합금층의 두께) 를 Sn 계 표면층의 두께로 정의 하였다.

[0061] CuSn 합금층의 오일 고임 깊이 (Rvk) 는, Sn 도금 피막 박리용의 에칭액에 침지시켜 Sn 계 표면층을 제거하고, 그 하층의 CuSn 합금층을 노출시킨 후, 주식회사 키엔스 제조 레이저 현미경 (VK-X200) 을 사용하여 대물 렌즈 150 배 (측정 시야 94 μm × 70 μm) 의 조건에서 길이 방향에서 5 점, 폭 방향에서 5 점, 합계 10 점 측정한 값의 평균값으로부터 구하였다.

[0062] CuSn 합금층 상의 Ni 계 피복층의 유무는 Ni 도금 후의 시료에 대해 AES 로 표면을 서서히 에칭하고 Ni 계 피복층을 제거하여 Ni 계 피복층의 하방의 층을 노출시킴으로써 확인하였다. 그 밖에 Ni 도금 후의 시료 단면에 대해 TEM 분석을 실시함으로써 확인하였다.

표 2

	기재 조성	도금층 막 두께/μm		리플로우 조건		리플로우 후의 층 두께/μm		오일 고임 깊이 Rvk /μm	Ni 계 피복층 두께/μm	CuSn 합금층 상의 Ni 계 피복층의 유무
		Cu	Sn	기재 온도 /℃	유지 시간 /s	Sn	CuSn			
실시예 1	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.05	0.96	270	6	0.43	0.76	0.31	0.005	유
실시예 2	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.05	0.96	270	6	0.43	0.76	0.31	0.01	유
실시예 3	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.05	0.96	270	6	0.43	0.76	0.31	0.02	유
실시예 4	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.05	0.96	270	6	0.43	0.76	0.31	0.03	유
실시예 5	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.05	0.96	270	6	0.43	0.76	0.31	0.05	유
실시예 6	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.05	0.96	270	9	0.27	0.94	0.36	0.01	유
실시예 7	Ni0.5-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.05	0.92	270	6	0.42	0.73	0.28	0.01	유
실시예 8	Ni50-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.05	0.90	270	6	0.32	0.84	0.35	0.01	유
실시예 9	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.1-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.05	0.90	270	6	0.41	0.72	0.29	0.01	유
실시예 10	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si1.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.05	0.90	270	6	0.33	0.81	0.33	0.01	유
실시예 11	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.03	0.72	245	3	0.27	0.65	0.32	0.01	유
실시예 12	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.05	0.92	270	3	0.43	0.71	0.27	0.01	유
실시예 13	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.05	0.90	270	9	0.26	0.92	0.36	0.01	유
실시예 14	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.05	0.92	290	6	0.42	0.72	0.32	0.01	유
실시예 15	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.05	0.81	350	6	0.28	0.91	0.32	0.01	유
실시예 16	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.10	0.89	270	9	0.23	0.95	0.35	0.01	유
실시예 17	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.14	0.94	270	12	0.32	0.90	0.24	0.01	유
실시예 18	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.10	0.84	245	6	0.22	0.60	0.22	0.01	유
실시예 19	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.03	1.25	360	12	0.57	0.98	0.39	0.01	유
비교예 1	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.30	0.92	270	6	0.52	0.58	0.18	0	무
비교예 2	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.05	0.96	270	6	0.43	0.78	0.31	0	무
비교예 3	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.05	0.96	270	6	0.43	0.76	0.31	0.07	유
비교예 4	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.30	0.92	270	6	0.52	0.58	0.18	0.01	무
비교예 5	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.10	0.88	270	6	0.45	0.63	0.19	0.01	무
비교예 6	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.40	0.35	270	2	0.01	0.47	0.28	0.01	유
비교예 7	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.05	0.92	270	12	0.08	1.03	0.38	0.01	유
비교예 8	Ni0.3-Zn10-Sn0.5-Si0.5-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.05	0.94	270	6	0.49	0.63	0.19	0.01	유
비교예 9	Ni20-Zn10-Sn0.5-Si0.08-Fe0.03-Mg0.005wt%	0.05	0.92	270	6	0.47	0.65	0.18	0.01	유

[0063] 한편, 수 단자 시험편으로서 판 두께 0.25 mm 의 구리 합금 (C2600, Cu : 70 질량%-Zn : 30 질량%) 을 기재로 하고, Cu 도금, Sn 도금을 순서대로 실시하여, 리플로우 처리하였다. 이 수 단자재의 리플로우 조건으로는, 기재 온도 270 ℃, 유지 시간 6 초로 하고, 리플로우 후의 Sn 계 표면층의 두께는 0.6 μm, CuSn 합금층의 두께는 0.5 μm 로 하였다.

[0065] 이 수 단자 시험편과, 표 2 의 암 단자 시험편을 사용하여 동마찰 계수를 측정하였다.

[0066] 동마찰 계수에 대해서는, 주식회사 트리니티 랩 제조의 마찰 측정기 (μV1000) 를 사용하여 양 시험편간의 마찰력을 측정하여 동마찰 계수를 구하였다. 도 4 에 의해 설명하면, 수평인 받침대 (31) 상에 수 단자 시험편 (32) 을 고정시키고, 그 위에 암 단자 시험편 (33) 의 반구 볼록면을 놓고 도금면끼리를 접촉시켜, 암 단자 시험편 (33) 에 추 (34) 에 의해 500 gf 의 하중 (P) 을 가하여 수 단자 시험편 (32) 을 누른 상태로 한다. 이 하중 (P) 을 가한 상태에서, 수 단자 시험편 (32) 을 슬라이딩 속도 80 mm/분으로 화살표로 나타낸 수평 방

향으로 10 mm 잡아당겼을 때의 마찰력 (F) 을 로드 셀 (35) 에 의해 측정하였다. 그 마찰력 (F) 의 평균값 (Fav) 과 하중 (P) 으로부터 동마찰 계수 (= Fav / P) 를 구하였다.

[0067] 또, 땀납 젖음성으로서, 시험편을 10 mm 폭으로 잘라내고, 활성 플럭스를 사용하여 메니스코그래프법으로 제로 크로스 타임을 측정하였다 (땀납 욕은 260 °C 의 Sn-3 % Ag-0.5 % Cu 땀납에 침지시키고, 침지 속도 2 mm /sec, 침지 깊이 1 mm, 침지 시간 10 초의 조건으로 측정하였다). 땀납 제로 크로스 타임이 3 초 이하를 ○ 로 평가하고, 3 초를 초과한 경우를 × 로 평가하였다.

[0068] 전기적 신뢰성을 평가하기 위해, 대기 중에서 150 °C × 500 시간 가열하여, 접촉 저항을 측정하였다. 측정 방법은 JIS-C-5402 에 준거하여, 4 단자 접촉 저항 시험기 (야마자키 정밀 기계 연구소 제조 : CRS-1) 에 의해, 슬라이딩식 (1 mm) 으로 0 부터 50 g 까지의 하중 변화-접촉 저항을 측정하고, 하중을 50 g 으로 했을 때의 접촉 저항값으로 평가하였다.

표 3

	동마찰계수 하중 500gf	땀납 젖음성	접촉 저항 /mΩ
실시예 1	0.26	○	2.86
실시예 2	0.20	○	3.55
실시예 3	0.22	○	5.09
실시예 4	0.21	○	6.25
실시예 5	0.24	○	7.03
실시예 6	0.21	○	7.98
실시예 7	0.25	○	3.42
실시예 8	0.21	○	4.11
실시예 9	0.24	○	2.86
실시예 10	0.21	○	3.13
실시예 11	0.24	○	5.48
실시예 12	0.27	○	3.33
실시예 13	0.22	○	8.13
실시예 14	0.23	○	2.23
실시예 15	0.23	○	4.37
실시예 16	0.22	○	2.65
실시예 17	0.27	○	2.48
실시예 18	0.28	○	8.67
실시예 19	0.24	○	2.12
비교예 1	0.39	○	2.18
비교예 2	0.33	○	2.51
비교예 3	0.27	×	9.21
비교예 4	0.32	○	2.32
비교예 5	0.32	○	2.27
비교예 6	0.28	×	15.48
비교예 7	0.29	×	14.21
비교예 8	0.33	○	3.25
비교예 9	0.32	○	2.89

[0069] 이 표 3 으로부터 명백한 바와 같이, 실시예는 모두 동마찰 계수가 0.3 이하로 작고, 양호한 땀납 젖음성과 접촉 저항값을 나타냈다.

[0070]

[0071] 이에 대하여, 각 비교예는 이하와 같은 문제가 확인되었다.

[0072] 비교예 1, 2 는 모두 Ni 계 피복층이 없기 때문에 동마찰 계수가 크다. 비교예 3 은, Ni 계 피복층의 막 두께가 두껍기 때문에 땀납 젖음성이나 접촉 저항이 나빠진다. 비교예 4, 5 는 Rvk 가 낮은 범용의 주석 도금재에 Ni 도금을 실시하는 것만으로는 저감 효과는 있지만 큰 효과는 얻어지지 않는다. 비교예 6, 7 은 CuSn 합금층이 지나치게 크게 성장되어, 표면에 잔류하는 Sn 계 표면층이 지나치게 적어지기 때문에, 땀납 젖음성이나 접촉 저항이 나빠진다. 비교예 8, 9 는 CuSn 합금층의 성장을 촉진시키는 첨가 원소량이 적기 때문에, 충분한 오일 고임 깊이 (Rvk) 를 얻지 못하여, 큰 효과는 얻어지지 않는다.

[0073] 도 5 는 실시예 5 의 동마찰 계수 측정 후의 수 단자 시험편의 슬라이딩면의 현미경 사진이고, 도 6 은 비교예 1 의 현미경 사진이며, 도 7 은 비교예 2 의 현미경 사진이다. 이들 사진을 비교하여 알 수 있는 바와

같이, 실시예의 것은, Sn 의 응착이 억제되어 슬라이딩면이 매끄러운 데에 반해, 비교예는 Sn 의 응착때문에 슬라이딩면이 거칠다. 특히 압축의 Rvk 가 작은 비교예 1 은, Sn 의 응착이 심하여 슬라이딩면이 보다 거칠어졌다.

[0074]

도 8 은 실시예 2 의 AES 에 의한 원소 분포 결과이다. (a) 는 에칭에 의해 표면의 산화물을 제거한 후의 사진이고, 최표면에는 Sn 및 Ni, NiSn 합금만이 존재하고 있는데, (b) 에 나타나는 150 분의 에칭 후에는 Ni 및 NiSn 합금층 아래로부터 CuSn 합금층이 나타나고 있다. 도 9 는 실시예 2 의 TEM 분석에 의한 단면 사진이고, Ni 계 피복층의 막 두께가 0.01  $\mu\text{m}$  로 극히 얇으면 Sn 계 표면층 상에는 Ni 계 피복층은 없고, CuSn 합금층 상에 우선적으로 Ni 계 피복층이 형성되어 있는 것을 알 수 있다.

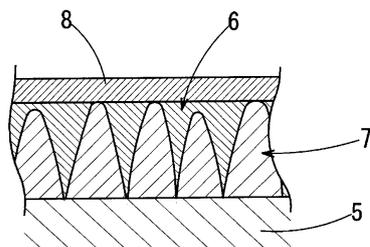
**부호의 설명**

[0075]

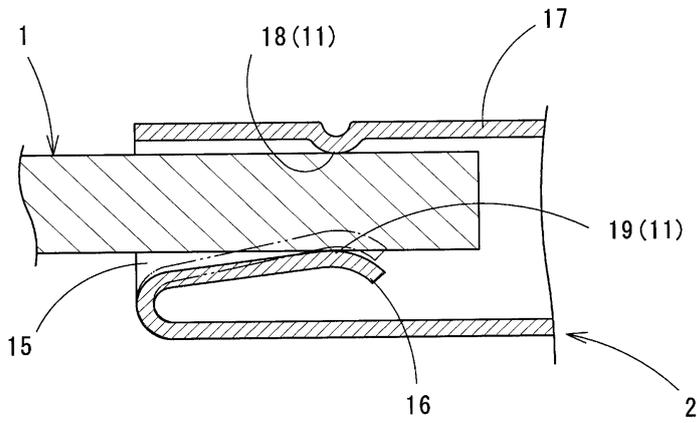
- 1 : 수 단자
- 2 : 압 단자
- 5 : 기재
- 6 : Sn 계 표면층
- 7 : CuSn 합금층
- 8 : Ni 계 피복층
- 11 : 슬라이딩부
- 15 : 개구부
- 16 : 접촉편
- 17 : 측벽
- 18 : 블록부
- 19 : 절곡부
- 21 : 기재
- 22 : Sn 계 표면층
- 23 : CuSn 합금층
- 31 : 받침대
- 32 : 수 단자 시험편
- 33 : 압 단자 시험편
- 34 : 추
- 35 : 로드 셀

**도면**

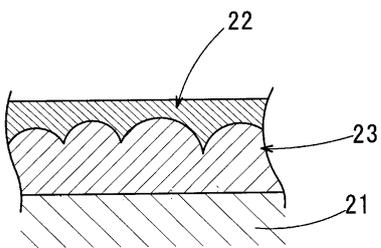
**도면1**



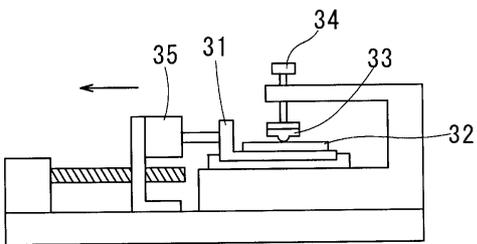
도면2



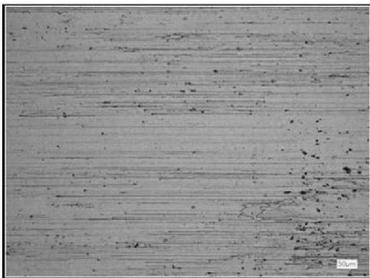
도면3



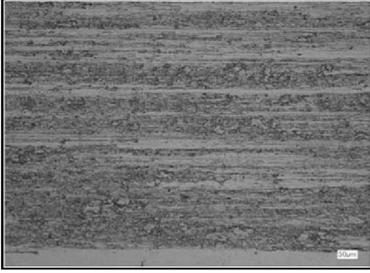
도면4



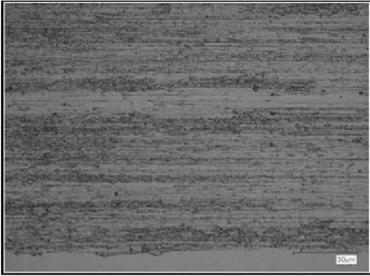
도면5



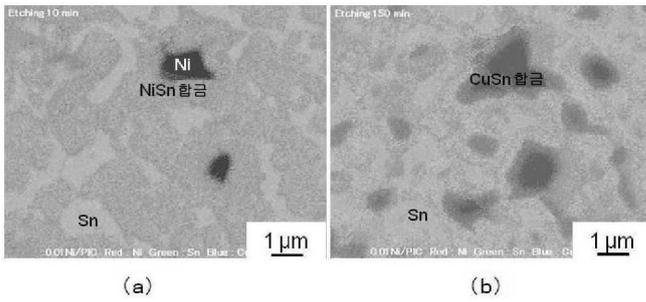
도면6



도면7



도면8



도면9

