



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년09월13일

(11) 등록번호 10-2578294

(24) 등록일자 2023년09월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H10K 10/80 (2023.01) *H10K 30/80* (2023.01)
H10K 59/00 (2023.01)
 (52) CPC특허분류
H10K 10/82 (2023.02)
H10K 30/81 (2023.02)
 (21) 출원번호 10-2018-7014865
 (22) 출원일자(국제) 2016년10월24일
 심사청구일자 2021년08월17일
 (85) 번역문제출일자 2018년05월25일
 (65) 공개번호 10-2018-0087267
 (43) 공개일자 2018년08월01일
 (86) 국제출원번호 PCT/AT2016/000094
 (87) 국제공개번호 WO 2017/087998
 국제공개일자 2017년06월01일
 (30) 우선권주장
 GM 350/2015 2015년11월27일 오스트리아(AT)
 (56) 선행기술조사문헌
 EP01813439 A1*
 JP2001174613 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 플란제 에스이
 오스트리아, 아-6600 로이테, 메탈베르크
 플란제-슈트라세 71
 (72) 발명자
 쇠슈텐바우어, 하랄트
 오스트리아, 6600 브라이텐방, 오스터비홀 6
 (74) 대리인
 민영준

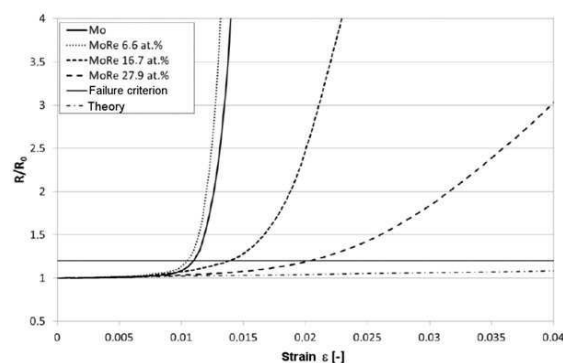
전체 청구항 수 : 총 18 항

심사관 : 정미나

(54) 발명의 명칭 코팅된 연성 부품

(57) 요약

본 발명은 연성 기관(2) 및 내화 금속을 기재로 하는 적어도 하나의 금속 코팅(3)을 포함하는 코팅된 연성 부품(1), 특히 코팅된 연성 전자 부품에 관한 것이다. 내화 금속 기재 코팅(3)은 6 at% 초과 및 50 at% 미만의 Re를 함유한다. 본 발명은 또한 연성 기관(2)의 제공 및 내화 금속을 기재로 하고 6 at% 초과 및 50 at% 미만의 Re를 함유하는 적어도 하나의 금속 코팅(3)의 증착을 통해 코팅된 연성 부품(1)을 제조하기 위한 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도2

(52) CPC특허분류
H10K 59/131 (2023.02)

명세서

청구범위

청구항 1

- 연성 기관(2), 및

- 몰리브덴을 기재로 하는 코팅(3)

을 포함하는 코팅된 연성 전자 부품(1)으로서,

상기 몰리브덴을 기재로 하는 코팅(3)이 6 at% 초과 및 50 at% 미만의 Re를 함유하는 것을 특징으로 하는 코팅된 연성 전자 부품(1).

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 몰리브덴을 기재로 하는 코팅(3)이 6 at% 초과 및 35 at% 미만의 Re를 함유하는 것을 특징으로 하는 코팅된 연성 전자 부품(1).

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 몰리브덴을 기재로 하는 코팅(3)의 두께가 1 μm 미만인 것을 특징으로 하는 코팅된 연성 전자 부품(1).

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 몰리브덴을 기재로 하는 코팅(3)의 두께가 5 내지 300 nm인 것을 특징으로 하는 코팅된 연성 전자 부품(1).

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 연성 기관(2)이 투명한 것을 특징으로 하는 코팅된 연성 전자 부품(1).

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 연성 기관(2)이 폴리머, 얇은 유리, 금속박, 광물질로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나의 재료를 포함하는 것을 특징으로 하는 코팅된 연성 전자 부품(1).

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 몰리브덴을 기재로 하는 코팅(3)이 탄성 변형률(ϵ) 2%에서 측정 초기의 전기 저항(R_0)에 대한 전기 저항(R)의 비(R/R_0)가 1.2 미만인 것을 특징으로 하는 코팅된 연성 전자 부품(1).

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서, 코팅된 연성 전자 부품(1)이 적어도 하나의 도체 트랙 구조(4)를 갖는 것을 특징으로 하는 코팅된 연성 전자 부품(1).

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 적어도 하나의 도체 트랙 구조(4)가 Cu, Al, Ag, Cu계 합금, Al계 합금 또는 Ag계 합금으로 구성된 적어도 하나의 금속층(5)을 갖는 것을 특징으로 하는 코팅된 연성 전자 부품(1).

청구항 10

제8항에 있어서, 상기 몰리브덴을 기재로 하는 코팅(3)이 상기 적어도 하나의 도체 트랙 구조(4)의 일부인 것을 특징으로 하는 코팅된 연성 전자 부품(1).

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 몰리브덴을 기재로 하는 코팅(3)이 상기 연성 기관(2)과 Cu, Al, Ag, Cu계 합금, Al계 합금 또는 Ag계 합금으로 구성된 금속층(5) 사이에 배치되는 것을 특징으로 하는 코팅된 연성 전자 부품(1).

청구항 12

제8항에 있어서, 코팅된 연성 전자 부품(1)이 적어도 하나의 반도체 층(6)을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 코팅된 연성 전자 부품(1).

청구항 13

제8항에 있어서, 상기 몰리브덴을 기재로 하는 코팅(3)이 TFT 구조의 일부인 것을 특징으로 하는 코팅된 연성 전자 부품(1).

청구항 14

제1항 또는 제2항에 있어서, 코팅된 연성 전자 부품(1)이 연성 LCD 디스플레이, 연성 OLED 디스플레이, 연성 전기영동 디스플레이(E-종이), 연성 태양전지, 전기변색 연성 필름, 연성 박막 배터리로 이루어진 군으로부터 선택되는 부품인 것을 특징으로 하는 코팅된 연성 전자 부품(1).

청구항 15

코팅된 연성 전자 부품(1)을 제조하기 위한 방법으로서, 적어도 다음 단계들을 포함하는 방법:

- 연성 기관(2)을 제공하는 단계;
- 몰리브덴을 기재로 하고 6 at% 초과 및 50 at% 미만의 Re를 함유하는 것을 특징으로 하는 적어도 하나의 금속 코팅(3)을 증착하여 상기 연성 기관(2)을 코팅하는 단계.

청구항 16

제15항에 있어서, 적어도 하나의 몰리브덴 기재 금속 코팅(3)의 증착을 PVD 공정에 의해 수행하는 것을 특징으로 하는 코팅된 연성 전자 부품(1)을 제조하기 위한 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 적어도 하나의 몰리브덴 기재 금속 코팅(3)의 증착을 스퍼터링 공정에 의해 수행하는 것을 특징으로 하는 코팅된 연성 전자 부품(1)을 제조하기 위한 방법.

청구항 18

제15항 또는 제16항에 있어서, 상기 방법이

- 몰리브덴을 기재로 하고 6 at% 내지 50 at% 미만의 Re를 함유하는 타겟을 제공하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 코팅된 연성 전자 부품(1)을 제조하기 위한 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 연성(flexible) 기관 및 내화 금속을 기재로 하는 적어도 하나의 금속 코팅을 포함하는 코팅된 연성 부품, 특히 코팅된 연성 전자 부품에 관한 것이다. 본 발명은 또한 코팅된 연성 부품을 제조하기 위한 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

연성 부품 분야의 기술 발전은 박막 재료 분야의 발전과 밀접하게 연관되어 있다. 특히 이러한 발전은 전자 소자, 특히 박막 트랜지스터(TFT)와 같은 박막 부품 분야에서 더 많은 개발을 가능하게 한다. 나아가 새로운 집적 공정의 개발에 있어서 발전은 전자 소자를 연성 기관과 조합할 수 있게 하여 결국에는 연성 전자 부품(flexible

electronic components)을 제조할 수 있게 한다.

- [0003] 수십 년 동안 이뤄져 온 박막 재료의 개발과 최적화 결과로서 최근에는 박막 부품을 제조하는 수많은 유리한 방법들이 나타났다. 이에 따르면, 이러한 박막 부품들은 예를 들면 대면적 기관상에서 제조함으로써 매우 저렴하고 일관성 있는 품질로 제조할 수 있다. 가장 널리 사용되는 이러한 유형의 박막 부품 중 2개는 다수의 디지털과 아날로그 회로에서 센서 부재로서 그리고 에너지 회수용으로 사용되고 있는 다이오드와 트랜지스터이다.
- [0004] 전자 소자와 전자 기기, 특히 가전제품 분야에서 현재의 개발은 점점 디자인에 의해 꾸준히 좌우되고 있다: "형태는 기능을 따른다(form follows function)". 최신 기기에서 이러한 디자인 개념을 구현하기 위해서는 연성 부품이 점점 더 중요해 지고 있다. (연성) 형태 인자는 중요한 파라미터이다. 부품과 그에 따른 기기의 연성(flexibility)(즉 굴곡성(bendability), 변형성(deformability))은 향후 예를 들면 건강 부문, 자동차 산업, 인간-기계 인터페이스(HMI) 또는 그래픽 사용자 인터페이스(GUI), 새로운 유형의 컴퓨터 플랫폼, 이동통신, 에너지 관리 등과 같은 다수의 용도 분야를 개발할 수 있을 것이다.
- [0005] 현재 다수의 연성 전자 기기 분야에는 이미 많은 원형들(prototype)이 있다. 원하는 특성을 얻기 위하여 특이한 신소재(예. 그래핀, 탄소나노튜브, 유기 반도체 등)와 귀금속이 자주 사용되고 있다. 이러한 원형들은 비용을 이유로 대량생산에 그다지 적합하지 않고 학문적인 관심만 종종 있을뿐 이다. 따라서 가전제품에 있어서 확립된 박막 공정을 경성 기관(예를 들어 유리, 실리콘)으로부터 연성 기관(예. 폴리머 필름)으로 바꾸려는 시도가 있다.
- [0006] 특허문헌 역시 연성 전자 부품 분야와 관련이 있다. 이에 따르면, 예를 들어 US 2014 0170413 A1은 연성 기관을 가진 코팅체를 제조하기 위한 다양한 방법을 개시하고 있다. 상기 기재된 방법에서는 연성 기관 위에 투명 전도성 산화물 또는 도핑 또는 합금화된 은의 다양한 층들을 증착한다.
- [0007] 이러한 유형의 연성 부품, 특히 연성 전자 부품은 디스플레이, 착용형 기기 및 휴대용 기기, 의료 기술(예. 의료 기기, 센서, 임플란트), 에너지 생산, 에너지 관리 및 에너지 저장(예. 연성 태양전지, 박막 전지, 커패시터), 자동차 산업 및 주택 또는 건축 기술(예. 센서, 스마트 유리)용으로 점점 더 중요해지고 있다. 이들 부품은 작동 또는 설치 중에 높은 탄성변형, 예를 들어 굽힘응력 또는 인장응력을 견뎌야 한다. 이들 응력은 또한 종종 주기적이고 이들 부품에 사용되는 재료의 기계적 특성에 대한 높은 조건을 요구한다.
- [0008] 이러한 연성 전자 부품의 도체 트랙 또는 도체 트랙 구조는 낮은 전기 저항이 요구되므로 대부분 Cu, Al, Ag, Cu계, Al계 또는 Ag계 합금 또는 Pt와 Au와 같은 귀금속으로 구성된다. 그래핀, 탄소나노튜브와 전도성 고분자와 같은 다른 물질은 연성이 크지만 위에서 언급한 금속 또는 귀금속보다 전기전도성이 나빠 이들은 현재 단순 부품에서만 채용되고 있다.
- [0009] Pt와 Au는 우수한 전기전도성을 갖고 있고 내산화성과 내식성이 매우 양호하지만 비용을 이유로 양산용으로는 부적합하다.
- [0010] Cu, Al, Ag, Cu계, Al계 또는 Ag계 합금은 높은 파단신율을 갖고 있다. 그러나 이들은 불순물의 (내부) 확산에 대해 아주 낮은 차단 작용을 보인다. 이러한 확산은 예를 들면 부품의 기관 또는 그외 다른 층으로부터 도체 트랙으로 일어날 수 있지만 도체 트랙으로부터 반도체로 일어날 수도 있다. 따라서 Cu, Al, Ag 또는 Cu, Al 또는 Ag 합금의 구성성분이 반도체로 확산되어 반도체 특성을 파괴할 우려가 있다. 또한 Cu, Al, Ag, Cu계, Al계 또는 Ag계 합금은 아주 낮은 내식성을 갖고 있다. 이에 따라 이들은 비교적 높은 대기습도를 가진 환경에서 사용할 수도 있는 부품에 대해 제한된 정도로만 사용될 수 있고 각각의 부품의 용도에 따라 Cu, Al, Ag, Cu계, Al계 또는 Ag계 합금으로 구성된 도체 트랙에는 추가 피복층 및/또는 배리어층이 요구된다.
- [0011] 연성 부품의 기능에 대한 또 다른 중요한 기준은 기관에 도포되는 층 또는 층들, 예를 들면 도체 트랙의 충분한 접착성이다. 이러한 이유로 사용 기관에 따라 적절한 본딩층이 추가 도포된다.
- [0012] 경성(rigid) 전자 부품에서는 Mo, W, Ti, Ta, Cr 및 이들의 합금과 같은 내화 금속으로 구성된 층을 배리어 또는 본딩층 등의 내산화 또는 내식성이 있는 피복층으로서 사용하는 것이 일반적이다. 이에 따르면, 예를 들어 US 2011199341 A1에 기재되어 있는 바와 같이 몰리브덴-탄탈 합금의 층이 접촉 센서 배치구조에서 사용되고 있다. 내화 금속으로 구성된 층은 이들이 도체 트랙과 존재하는 반도체 층 사이에 도포시 도체 트랙과 반도체 사이에는 옴믹 접촉이 형성되는 추가 이점이 있다.
- [0013] 그러나 내화 금속과 이들의 합금은 입방 공간 중심 결정구조(cubic space-centered crystal structure)로 인해 매우 빈번하게 변형성이 나쁘고 또한 연성 부품에서 사용하기에는 너무 낮은 인성(균열 형성과 균열 확대에 대

한 내성)을 갖고 있다. 이러한 이유로 높은 연성을 가져야 하는 부품에서 내화 금속을 사용하여도 지금까지는 만족스러운 결과를 얻지 못하였다. 본딩된 층에서 균열은 예를 들어 도체 트랙으로 확대될 수 있다. 이는 도체 트랙에서 균열을 유도하고 추가로 도체 레도의 전체 폭을 관통하는 균열이 발생한다. 그 결과, 전기 저항은 크게 증가하고 극단적인 경우에 도체 트랙은 더 이상 전도성이 없게 된다.

- [0014] 유연성과 충격 인성을 증가시킬 목적으로 내화 금속 합금으로 구성되고 공간 내 3개의 모든 방향으로 연장되는 물체 또는 시료(벌크 물질)에 대한 연구가 있어 왔지만(예를 들어 *Leichtfried et al. Metallurgical and Materials Transactions A, Vol. 37A, Oct. 2006, 2955-2961* 참조), 박막에 관한 연구는 없었다. 그러나 예를 들면 박막 성질이 공간 내 3개의 모든 방향으로 연장되는 물체와 크게 다를 수 있음을 순수 몰리브덴의 예에서 볼 수 있다. 이에 따르면, 몰리브덴은 전형적으로 미소구조, 잔류응력과 재결정 상태에 따라 실온에서 약 10%의 파단신율을 갖고 있다. 한편 몰리브덴 박막은 불과 1~2%의 파단신율을 갖고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 따라서 본 발명의 목적은 위에서 언급한 문제점과 단점이 회피되는 연성 부품을 제공하는 것이다. 상기 부품은 종래기술에 비해 크게 향상된 인성, 즉 균열 형성과 균열 성장에 대해 증가된 내성을 가져야 할 것이다. 본 발명의 또 다른 목적은 연성 부품을 제조하는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0016] 상기 목적은 청구범위 제1항의 특징들을 가진 연성 부품과 제15항에 기재되어 있는 상기 연성 부품을 제조하기 위한 방법을 제공함으로써 달성된다.
- [0017] 본 발명의 목적을 위해서 연성(flexibility)과 "연성이 있는(flexible)"이라 함은 부품의 용도 관련 특성에 부작용 없이 굴곡 응력(flexural stress)을 흡수하거나 굴곡 응력에 견디는 특성을 의미한다. 이에 따르면, 충분히 연성이 있는 부품은 크게 향상된 인성(toughness)을 갖는다.
- [0018] 본 발명의 목적을 위해서 크게 향상된 인성이라 함은 부품과 자연스럽게 그 안에 존재하는 층 또는 층들이 균열 형성과 균열 성장에 대해 증가된 내성을 갖고 따라서 특정 변형률 이하에서는 균열이 형성되지는 않지만 이보다 더 높은 변형률에서만 형성되거나 변형된 균열 양상(modified crack profile)을 갖는다는 것을 의미한다.
- [0019] 본 발명의 내용과 관련하여 인성 및 결과적으로 연성을 기재하기 위해서 임계 변형률(critical strain)을 사용한다. 임계 변형률은 연성 기관 상의 층 또는 층들의 전기 저항(R)이 초기 상태에 비해 20% 증가한($R/R_0=1.2$) 변형률(ϵ_k)로서 정의한다. 연성이 충분히 높은 부품의 경우에 임계 변형률(ϵ_k)은 크게 증가되고 이에 따라 층 또는 층들의 전도성이 상당히 더 오래 유지된다.
- [0020] 청구항 제1항에 따르면, 연성 기관 및 내화 금속을 기재로 하는 적어도 하나의 금속 코팅을 포함하는 코팅된 연성 부품이 제공된다. 상기 내화 금속 기재 코팅은 6 at% 초과 및 50 at% 미만의 Re를 함유한다.
- [0021] 본 발명의 목적을 위해서 표현 "내화 금속을 기재로 하는(based on refractory metal)"은 하나 이상의 내화 금속을 기재로 하고 상기 내화 금속 또는 내화 금속들의 비율이 전체 합금의 50 at%를 넘게 차지하는 합금을 의미한다. 내화 금속은 금속 Mo, W, Ta, Nb, Ti와 Cr이다.
- [0022] 6 at% 이하의 Re(레늄) 함량에서는 내화 금속 기재 금속 코팅과 이에 따른 연성 부품이 충분한 연성을 아직 확보하지 못한다.
- [0023] 본 발명의 목적을 위해서 연성 기관이라 함은 굴곡 응력을 인가하였을 때 그 위에 증착된 층 또는 층들(코팅)에서 소정의 변형률(ϵ)이 나타나는 기관을 말한다. 상기 층 또는 층들이 기관보다 훨씬 얇은 경우에 변형률은 $\epsilon = d_s/2R$ (d_s 는 기관의 두께이고 R 은 곡률 반경임)에 의해 근사적으로 기재된다. 층 또는 층들이 기관에 비해 매우 얇은 경우에 층 또는 층들에서 변형률은 순수한 인장 또는 압축 응력에 근사치로서 간주될 수 있다. 예를 들면, 연성 기관은 하나 이상의 폴리머 재료, 예를 들면 폴리이미드, 폴리카보네이트, 폴리에틸렌 테레프탈레이트 또는 폴리에틸렌 나프탈레이트를 기재로 할 수 있다. 하나 이상의 폴리머 재료를 기재로 하는 대부분의 연성 기관은 8 GPa 이하의 탄성률(E modulus)을 갖는다. 얇은 유리(1 mm 미만의 두께를 갖는 유리), 금속박, 예를 들면 1 mm 미만의 두께를 갖는 강판 또는 운모와 같은 광물질 또한 본 발명에 따른 연성 부품에 적합한 연성 기관이다.

- [0024] 본 발명의 목적에 적합한 연성 기관은 또한 하나의 층 또는 복수 개의 층 또는 하나 이상의 재료로 이루어질 수 있다. 마찬가지로 이러한 기관은 다른 재료의 하나 이상의 층으로 완전히 또는 일부만 미리 코팅될 수 있다.
- [0025] 상기 부품은 바람직하게는 코팅된 연성 전자 부품이다. 금속 증기 배리어층 또는 광학층을 가진 패키징 필름과 같은 코팅된 연성 부품과 달리, 코팅된 연성 전자 부품은 전류를 전도하는 적어도 하나의 층을 갖고 있다. 예를 들면 연성 회로, 연성 디스플레이, 연성 센서 부재, 연성 박막 커패시터, 연성 박막 배터리 또는 단순한 전기전도성 필름이 이에 해당된다.
- [0026] 본 발명에 따른 연성 부품의 내화 금속 기재 코팅은 6 at% 초과 및 35 at% 미만의 Re를 함유한다. 35 at% 초과 함량에서는 내화 금속, 내화 금속들 또는 내화 금속 기재와 Re 사이에 금속간상이 형성될 수 있다. 이러한 금속간상 형성에 의해 몇몇 합금에서는 인성 감소가 나타날 수 있다. 또한 지나치게 높은 Re 함량은 많은 경우에 원료 비용이 높아 더 이상 의미있지 않다.
- [0027] 본 발명에 따라 코팅된 부품의 내화 금속 기재 코팅은 특히 바람직하게는 10 at% 이상의 Re를 함유한다. 10 at%를 초과하는 Re 함량에서는 임계 변형률(ϵ_k)에서 특히 유의적인 증가(순수 MoRe 코팅의 경우 20%)가 관찰될 수 있다.
- [0028] 본 발명에 따른 코팅된 연성 부품의 내화 금속 기재 코팅은 바람직하게는 1 μm 미만의 두께를 갖는다. 상기 내화 금속 기재 코팅은 바람직하게는 5 nm의 최소 두께, 보다 바람직하게는 적어도 10 nm의 두께를 갖는다. 또한 두께는 바람직하게는 5 내지 300 nm이고, 더 바람직하게는 5 내지 100 nm이다. 이러한 층 두께는 내화 금속 기재 코팅이 본딩층으로 사용할 때 특히 유리하다. 다른 예로서 150 내지 400 nm의 두께 범위가 바람직하다. 150 내지 400 nm의 층 두께는 본 발명에 따른 코팅된 연성 부품을 디스플레이에서, 예를 들면 게이트 전극층으로 사용하기에 특히 적합하다.
- [0029] 본 발명에 따른 코팅된 연성 부품의 내화 금속 기재 코팅은 또한 몰리브덴 기재 코팅인 것이 바람직하다. 이는 내화 금속 몰리브덴의 소정 비율(단위 at%)이 일반적으로 내화 금속 기재 코팅에 존재하는 것을 의미한다. 이 경우, 몰리브덴 기재 코팅은 예를 들면 Mo-Re 코팅, Mo-Nb-Re 코팅, Mo-Ta-Re 코팅, Mo-W-Re 코팅, Mo-Ti-Re 코팅 또는 Mo-Cr-Re 코팅일 수 있다. 그러나 몰리브덴을 기재로 하는 더 많은 코팅들, 예를 들면 4원소 유형의 코팅 또한 가능하다. 이러한 유형의 일례는 Mo-W-Nb-Re 코팅일 수 있다.
- [0030] 몰리브덴을 기재로 하는 코팅은 특히 많은 기관 재료에 대한 접착성이 우수하고 확산 배리어로서 적합성이 양호하기 때문에 바람직하다. 또 다른 이유는 많은 반도체 재료, 특히 실리콘과 오믹 접촉을 형성한다는 것이다.
- [0031] 또 다른 일례로서, 본 발명에 따른 코팅된 연성 부품의 내화 금속 기재 코팅은 텅스텐을 기재로 하는 코팅, 예를 들면 W-Re 코팅 또는 W-X-Re 코팅($X=\text{Cr, Nb, Ta, Ti, Mo}$)이다. 몰리브덴을 기재로 하는 코팅에 비해 텅스텐을 기재로 하는 코팅의 차단 작용이 약간 향상된다.
- [0032] 본 발명에 따른 코팅된 연성 부품의 연성 기관은 바람직하게는 투명하다. 투명은 용도 관련 전자기 스펙트럼의 일부, 예를 들어 가시광선, 근적외선 또는 자외선이 연성 기관에 의해 흡수되지 않거나 아주 조금만 흡수되는 것을 의미한다.
- [0033] 본 발명에 따른 코팅된 연성 부품의 연성 기관은 또한 바람직하게는 폴리머, 얇은 유리, 금속박, 광물질로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 하나의 재료를 포함한다. 상기 재료들의 조합 또한 가능한 구현예이다. 비용과 무게 때문에 폴리머로 이루어진 연성 기관이 특히 바람직하다.
- [0034] 본 발명에 따른 코팅된 연성 부품의 두께는 바람직하게는 10 mm 미만, 특히 바람직하게는 5 mm 미만, 매우 특별히 바람직하게는 2 mm 미만이다. 본 발명에 따른 코팅된 연성 부품은 바람직하게는 10 μm 의 최소 두께, 보다 바람직하게는 적어도 50 μm 의 최소 두께를 갖는다.
- [0035] 본 발명에 따른 코팅된 연성 부품의 내화 금속 기재 코팅은 바람직하게는 Re가 없는 내화 금속을 기재로 하는 대조 코팅보다 25% 더 높은 임계 변형률(ϵ_k)을 갖는다. 임계 변형률은 다음과 같이 결정되며 한편으로 부품의 연성과 인성에도 영향을 주는 내화 금속을 기재로 하는 코팅의 연성과 인성에 대한 정보를 제공한다.
- [0036] 기관 상의 내화 금속 기재 코팅의 시료에 대한 R/R_0 비는 MTS Tyron 250® 만능 시험기를 사용하는 일축 인장 시험에 의해 결정된다. 여기서, 시료(기관과 코팅)는 최대 변형률(ϵ) 15%까지 탄성 변형된다. 인장 시험 중에 코팅의 전기 저항(R)은 4점법을 이용하여 계속 기록한다. 초기 상태의 전기 저항을 R_0 으로 표시한다. 사용한 측

정 장치의 경우에 초기 상태의 시료 길이(클램프 간 자유 길이)는 20 mm이고 폭은 5 mm이다. 측정 장치가 도 1에 개략적으로 도시된다. L_{const} 는 연신이 일어나지 않았을 때 고정되어 있는 클램프 길이를 의미한다.

- [0037] 임계 변형률은 연성 기관 상의 코팅의 전기 저항(R)이 초기 상태에 비해 20% 증가했을 때, 즉 $R/R_0 = 1.2$ 일 때의 변형률(ϵ_k)로서 정의한다.
- [0038] 상기 내화 금속 기재 코팅은 탄성 변형률(ϵ) 2%에서 측정 초기의 전기 저항(R_0)에 대한 전기 저항(R)의 비(R/R_0)가 1.2 미만인 것이 특히 바람직하다.
- [0039] 본 발명에 따른 코팅된 연성 부품에서, 상술한 바와 같이 또한 도 1에 도시되어 있는 실험 배치구조의 경우에 응력이 가해지는 방향에 수직으로 평행하게 진행되는 균열의 비율이 감소하는 균열 구조가 발생하는 것이 특히 바람직하다. 특별히 바람직한 경우에, 응력이 가해지는 방향에 수직으로 균열 길이의 50% 넘게 연장 형성되지 않는다.
- [0040] 본 발명에 따른 코팅된 연성 부품은 바람직하게는 적어도 하나의 도체 트랙 구조를 갖는다. 본 발명의 목적을 위해서 표현 "도체 트랙 구조" 또는 단순히 "도체 트랙"은 전류를 전도하고 또한 마찬가지로 층에 도포되는 구조를 의미한다. 적어도 하나의 도체 트랙 구조를 가진 코팅된 연성 부품은 코팅된 연성 전자 부품이다.
- [0041] 이러한 도체 트랙 구조는 코팅된 연성 부품의 기관에 직접 도포될 수 있다. 그러나 하나 이상의 추가 층을 기관과 도체 트랙 구조 사이에 제공 및 도포할 수도 있다. 이러한 도체 트랙 구조는 단일 층으로 이루어질 수 있지만 일련의 여러 층들로 구성할 수도 있다.
- [0042] 바람직한 구현예에 있어서, 본 발명에 따른 코팅된 연성 부품의 적어도 하나의 도체 트랙 구조는 Cu, Al, Ag, Cu계 합금, Al계 합금 또는 Ag계 합금으로 구성된 적어도 하나의 금속층을 갖는다. 이 경우, 표현 Cu계 합금, Al계 합금 또는 Ag합금은 각각 Cu, Al 또는 Ag를 50 at% 넘게 함유하는 합금을 말한다. Cu, Al, Ag, Cu계 합금, Al계 합금 또는 Ag계 합금으로 구성된 금속층은 매우 높은 전기전도성을 갖고 그 결과 전기 도체 트랙에 사용하기에 특히 적합하다.
- [0043] 또 다른 바람직한 구현예에 있어서, 본 발명에 따른 코팅된 연성 부품의 내화 금속 기재 코팅은 적어도 하나의 도체 트랙 구조물의 일부이다. 이때 여러 경우들을 구분할 수 있다.
- [0044] 이에 따르면, 상기 내화 금속 기재 코팅은 예를 들면 도체 트랙 구조 전체일 수 있다. 내화 금속 역시 우수한 전기전도성을 가지며 이에 따라 일부 용도에 대해 만족할만한 방법으로 전류를 운반할 수 있다. 이러한 경우는 예를 들면 박막 트랜지스터의 게이트 전극이다.
- [0045] 이와 다른 구현예에 있어서, 상기 내화 금속 기재 코팅은 기관에 대항하는 적어도 하나의 도체 트랙 구조의 측면에 배치된다. 이러한 경우, 상기 내화 금속 기재 코팅은 부식 및/또는 산화로부터 보호하기 위한 피복층의 기능을 담당할 수 있다.
- [0046] 또 다른 바람직한 구현예에 있어서, 상기 내화 금속 기재 코팅은 연성 기관과 Cu, Al, Ag, Cu계 합금, Al계 합금 또는 Ag계 합금으로 구성된 금속층 사이, 즉 기관과 대면하는 적어도 하나의 도체 트랙 구조체의 측면에 배치된다. 이러한 경우, 상기 내화 금속 기재 코팅은 배리어층, 본딩층 또는 그 밖에 옴믹 접촉을 형성하기 위한 층의 기능을 담당할 수 있다.
- [0047] 또 다른 바람직한 구현예에 있어서, 본 발명에 따른 코팅된 연성 부품은 추가로 적어도 하나의 반도체 층을 포함한다. 이러한 반도체 층은 예를 들면 비정질, 미결정질 또는 나노결정성 실리콘, 금속 산화물, 예를 들면 인듐-갈륨-아연 산화물(IGZO) 또는 산화 텅스텐, 또는 반도체 폴리머로 구성된 층일 수 있다.
- [0048] 또 다른 구현예에 있어서, 상기 내화 금속 기재 코팅은 TFT 구조의 일부이다. TFT 구조(TFT = 박막 트랜지스터)는 다수의 코팅된 연성 전자 부품에 존재할 수 있는 박막 트랜지스터의 배치구조이다.
- [0049] 본 발명에 따른 코팅된 연성 부품은 바람직하게는 연성 LCD 디스플레이, 연성 OLED 디스플레이, 연성 전기영동 디스플레이(E-종이), 연성 태양전지, 전기변색 연성 필름, 연성 박막 배터리로 이루어진 군으로부터 선택되는 부품이다. 매우 특별히 바람직하게는 연성 LCD 디스플레이, 연성 OLED 디스플레이 또는 연성 전기영동 디스플레이이다.
- [0050] 코팅된 부품, 특히 코팅된 연성 전자 부품을 제조하기 위한 본 발명에 따른 방법은 적어도 다음 단계들을 포함

한다:

- [0051] - 연성 기판을 제공하는 단계;
- [0052] - 내화 금속을 기재로 하고 6 at% 초과 및 50 at% 미만의 Re를 함유하는 것을 특징으로 하는 적어도 하나의 금속 코팅을 증착하여 상기 연성 기판을 코팅하는 단계.
- [0053] 이에 따르면, 적절한 연성 기판을 제공한다. 본 발명의 목적을 위해서 연성 기판이라 함은 굴곡 응력을 인가하였을 때 그 위에 도포된 층 또는 층들(코팅)에서 소정의 변형률(ϵ)이 얻어지는 기판이다. 상기 층 또는 층들이 기판보다 훨씬 얇은 경우에 변형률은 $\epsilon = d_s/2R$ (d_s 는 기판의 두께이고 R은 곡률 반경임)에 의해 근사적으로 기재된다. 층 또는 층들이 기판에 비해 매우 얇은 경우에 층 또는 층들에서 변형률은 순수한 인장 또는 압축 응력에 근사치로서 간주될 수 있다. 예를 들면, 연성 기판은 하나 이상의 폴리머 재료, 예를 들면 폴리이미드, 폴리카보네이트, 폴리에틸렌 테레프탈레이트 또는 폴리에틸렌 나프탈레이트를 기재로 할 수 있다. 하나 이상의 폴리머 재료를 기재로 하는 대부분의 연성 기판은 8 GPa 이하의 탄성률을 갖는다. 얇은 유리(1 mm 미만의 두께를 갖는 유리), 금속박, 예를 들면 1 mm 미만의 두께를 갖는 강판 또는 운모와 같은 광물질 또한 본 발명에 따른 연성 부품에 적합한 연성 기판이다.
- [0054] 본 발명의 목적에 적합한 연성 기판은 또한 하나의 층 또는 복수 개의 층 또는 하나 이상의 재료로 이루어질 수도 있다. 마찬가지로 이러한 기판은 다른 재료의 하나 이상의 층으로 완전히 또는 일부만 미리 코팅될 수 있다.
- [0055] 나아가 내화 금속을 기재로 하고 6 at% 초과 및 50 at% 미만의 Re를 함유한 적어도 하나의 금속 코팅이 증착된다. 상기 적어도 하나의 내화 금속 기재 금속 코팅의 증착은 다양한 증착 공정에 의해 이루어질 수 있다. 예를 들면 이러한 코팅은 물리적 또는 화학적 기상 증착에 의해 이루어질 수 있다.
- [0056] 그러나 상기 적어도 하나의 내화 금속 기재 금속 코팅의 증착을 PVD 공정, 특히 스퍼터링 공정에 의해 수행하는 것이 유리하다. PVD(물리적 기상 증착) 공정은 코팅 재료의 입자를 증기상이 되게 한 다음 기판 상에 증착하는 공지의 박막 코팅 기술이다. 코팅 영역에 걸쳐 특성이 동일하고 등방성인 특히 균질한 코팅을 PVD 공정에 의해 증착할 수 있다. 상기 공정의 다른 장점은 이에 의해 달성할 수 있는 낮은 기판 온도이다. 이는 예를 들면 폴리머 코팅을 가능하게 한다. 또한 PVD 층은 기판에 대해 우수한 접착성을 나타낸다.
- [0057] 상기 내화 금속 기재 코팅은 스퍼터링 공정(즉: 캐소드 원자화 공정)에 의해 증착되는 것이 특히 바람직하다. 스퍼터링 공정은 대면적의 균질한 코팅을 위해 비교적 간단히 이용할 수 있으므로 저가의 양산 공정이다.
- [0058] 본 발명의 방법이 추가로 다음 단계를 포함하는 것이 특히 바람직하다:
- [0059] - 내화 금속을 기재로 하고 6 at% 내지 50 at% 미만의 Re를 함유하는 타겟을 제공하는 단계.
- [0060] 내화 금속을 기재로 하고 6 at% 내지 50 at% 미만의 Re를 함유하는 타겟은 내화 금속을 기재로 하는 적어도 하나의 금속 코팅을 증착하기 전에 제공한다. 즉, 금속 코팅은 제공되는 타겟으로부터 분리된다.
- [0061] 본 발명의 목적을 위해서 타겟이라 함은 코팅 설비용 코팅 소스이다. 바람직한 공정에서, 상기 타겟은 스퍼터링 공정용 스퍼터링 타겟이다.
- [0062] 상기 코팅의 화학 조성은 사용하는 타겟의 화학 조성에 의해 결정된다. 그러나 타겟 내 원소들의 존재하는 스퍼터링 거동이 약간 다른 결과로서 코팅 조성과 타겟 조성에는 편차가 발생할 수 있다. 예를 들면 증착된 코팅의 Re 함량은 MoRe 타겟으로부터 Re가 우선적으로 스퍼터링된 결과로서 약간 증가할 수 있다. 6 at%가 넘는 Re를 함유해야 할 코팅을 형성하기 위해서 해당 타겟은 6 at% 미만의 Re를 포함할 수도 있다. 그러나 이러한 거동은 타겟 내 존재하는 원소에 따라 달라지므로 서로 다른 내화 금속 기재를 갖는 서로 다른 타겟에 대해 다를 수 있다.
- [0063] 단일 타겟의 사용에 대한 대안으로서, 상기 내화 금속 기재 금속 코팅은 또한 개별 타겟의 동시 증착, 바람직하게는 동시 스퍼터링에 의해 증착할 수 있다. 이 경우, 코팅의 화학 조성은 서로 다른 타겟을 선택하여 추가로 제어할 수 있다.
- [0064] 내화 금속을 기재로 하는 금속 코팅의 증착에 적합한 스퍼터링 타겟은 예를 들면 분말 야금 경로에 의해 제조할 수 있다.
- [0065] 스퍼터링 타겟을 제조할 수 있는 분말 야금 경로는 열압착(HP) 또는 방전 플라즈마 소결(SPS)과 같은 열압착 기술을 기반으로 한다. 두 경우 모두, 분말 혼합물을 프레스의 다이에 넣어 가열하고 고온에서 높은 압착 압력의

로 소결/치밀화하여 고밀도 부품을 얻는다. 이때 균일한 형상의 입자를 갖고 우선적인 배향(조직)이 없는 균질한 미소구조가 얻어진다.

[0066] 스퍼터링 타겟을 제조하기 위한 유사한 분말 야금 경로는 열간등압성형 (HIP)이다. 이 경우, 치밀화할 재료를 변형이 가능하고 불투과성인 용기(통상적으로 강철 캔)에 도입한다. 치밀화할 재료는 분말, 분말 혼합물 또는 생소지(압착 분말 형태)일 수 있다. 상기 용기 내 존재하는 재료를 가압조 내 보호 가스(예. Ar)하 고온 및 고압 용기에서 소결/치밀화한다. 상기 가스 압력은 모든 측면으로부터 작용하기 때문에 이 공정은 등압 성형으로 알려져 있다. 전형적인 공정 파라미터는 예를 들어 3시간의 유지 시간과 함께 1100℃와 100 MPa이다. 이때 균일한 형상의 입자를 갖고 우선적인 배향(조직)을 갖지 않는 균질한 미소구조가 얻어진다.

[0067] 분말 야금 경로를 통해 스퍼터링 타겟을 제조할 수 있는 또 다른 방법은 소결과 후속의 성형이다. 여기서 분말 성형체를 수소 또는 감압하 고온에서 소결한다. >99%의 높은 상대 밀도를 얻기 위해서 소결 후에는 압연이나 단조와 같은 성형 단계를 실시한다. 이때, 긴 형상의 입자를 가지며 우선적인 배향(조직)을 가진 미소구조가 생성된다. 최적의 후속 재결정 열처리 단계를 통해 균일한 형상의 입자를 갖지만 우선적인 배향(조직)을 계속하여 갖는 균질한 미소구조가 얻어진다.

[0068] 분말 야금 경로를 통해 스퍼터링 타겟을 제조할 수 있는 또 다른 방법은 적절한 지지 구조체, 예를 들면 판이나 튜브에 열용사 공정, 예를 들면 냉가스 용사에 의해 분말 또는 분말 혼합물을 도포하는 것이다.

도면의 간단한 설명

[0069] 도 1: 전기 저항 측정과 함께 임계 파단 변형률(ϵ_k)을 결정하기 위해 이용하는 일축 인장 시험의 개략도. L_{const} 는 연신이 일어나지 않았을 때 고정되어 있는 클램프 길이를 의미한다.

도 2: 코팅의 Re 함량의 함수로서 Mo와 MoRe 합금에 대한 R/R_0 곡선. "이론"으로 표시된 곡선은 시료의 형상 변화 결과로만 발생하는 전기 저항 증가를 보여준다.

도 3: 조사한 모든 MoX 와 $MoXRe$ ($X=Cr, Nb, Ta, Ti, W$) 합금에 대한 R/R_0 곡선.

도 4: 15%의 최대 변형률 이후 Mo 코팅과 다양한 MoRe 코팅의 균열 패턴을 보여주는 광학 현미경사진(MoCrRe에 비해 MoCr에 의해 그리고 MoWRe에 비해 MoW에 의해 유사한 거동이 또한 나타남)

도 5: 15%의 최대 변형률 이후 MoNb와 MoNbRe의 균열 패턴을 보여주는 광학 현미경사진(MoTaRe에 비해 MoTa에 의해 그리고 MoTiRe에 비해 MoTi에 의해 유사한 거동이 또한 나타남)

도 6: 서로 다른 Re 함량에 대해 측정한 MoRe 코팅의 Re 함량의 함수로서 ϵ_k (결합 기준 $R/R_0 = 1.2$ 으로부터)

도 7: 최대 변형률 15% 이후 25℃와 340℃에서 인장 응력을 가한 후 Mo 코팅의 균열 패턴을 보여주는 전자 현미경사진.

도 8: 코팅의 Re 함량과 층 두께의 함수로서 Mo와 MoRe 합금에 대한 R/R_0 곡선.

도 9: 본 발명에 따른 코팅된 연성 부품의 다양한 구현예들의 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0070] 후술하는 실시예에 의해 본 발명을 더 상세하게 기재하고 표와 도면의 도움으로 추가 설명하기로 한다.

[0071] 실시예 1:

[0072] 일련의 여러 실험에서 내화 금속을 기재로 하는 서로 다른 금속 코팅을 폴리이미드 기판 상에 증착하였다. 이때 코팅들의 화학 조성은 서로 다르게 하였다.

[0073] 상기 내화 금속 기재 금속 코팅의 조성과 이들의 증착을 위해 사용한 타겟의 조성을 표 1과 2에 요약하였다.

표 1

MoRe 스퍼터링 타겟 및 이에 따라 제조된 MoRe 코팅의 화학 조성		
MoRe6	Mo [at%]	Re [at%]
타겟	94	6

코팅	93.4	6.6
MoRe15	Mo [at%]	Re [at%]
타겟	85	15
코팅	83.3	16.7
MoRe26	Mo [at%]	Re [at%]
타겟	74	26
코팅	72.1	27.9

표 2

MoXRe 스퍼터링 타겟 및 이에 따라 제조된 MoXRe 코팅의 화학 조성			
MoNbRe	Mo [at%]	Nb [at%]	Re [at%]
타겟	76.5	8.5	15
코팅	74.5	9.5	16.0
MoTaRe	Mo [at%]	Ta [at%]	Re [at%]
타겟	76.5	8.5	15
코팅	71.3	13.2	15.5
MoTiRe	Mo [at%]	Ti [at%]	Re [at%]
타겟	42.5	42.5	15
코팅	41.1	44.8	14.2
MoCrRe	Mo [at%]	Cr [at%]	Re [at%]
타겟	76.5	8.5	15
코팅	75.9	8.5	15.6
MoWRe	Mo [at%]	W [at%]	Re [at%]
타겟	63.75	21.25	15
코팅	55.7	34.0	10.3

[0076] 200 nm의 두께를 가진 몰리브덴 코팅 형태의 순수 Mo를 몰리브덴계 합금에 대한 대조 재료로서 사용하였다.

[0077] 또한 마찬가지로 두께가 200 nm인 MoX 코팅(X=Cr, Nb, Ta, Ti, W) 각각을 MoXRe 코팅(X=Cr, Nb, Ta, Ti, W)과 비교하여 측정하였다.

[0078] MoXRe 합금에서 Mo 대 X의 비(단위 at%)는 MoX 비교 합금과 동일하게 하였다. (증착용으로 사용한 타겟 내) MoXRe 합금의 Re 함량은 항상 15 at%이었다. 각각의 코팅을 해당 내화 금속 기재 합금으로 구성된 스퍼터링 타겟으로부터 증착하였다.

[0079] 모든 코팅은 실온에서 폴리이미드(PI, "Kapton")로 구성된 50 μ m 두께의 필름 상에 증착하였다. 공정 파라미터는 다양한 공정 조건이 결과에 미치는 영향을 가능한 한 배제하기 위해서 일정하게 유지하였다. 기하구조 효과가 결과에 미치는 영향을 피하기 위해서 층 두께는 200 nm에서 일정하게 유지하였다.

[0080] 폴리이미드 기판 상의 코팅 시료에 대해 MTS Tyron 250® 만능 시험기를 사용하여 일축 인장 시험을 실시하였다. 이때 기판은 최대 변형률(ϵ) 15%까지 탄성 변형시켰다. 인장 시험 중에 코팅의 전기 저항(R)을 4 점법을 이용하여 계속 기록하였다. 측정 초기의 전기 저항을 R_0 로 표시한다. 초기 상태에서 시료 길이(클램프 간 자유 길이)는 20 mm이었고 폭은 5 mm이었다. 도 1에 측정 장치를 개략적으로 도시하였다. L_{const} 는 연신이 일어나지 않았을 때 고정되어 있는 클램프 길이를 의미한다.

[0081] 임계 변형률은 연성 기판 상의 코팅의 전기 저항(R)이 초기 상태에 비해 20% 증가했을 때, 즉 $R/R_0=1.2$ 일 때의 변형률(ϵ_k)로서 정의하였다.

[0082] 상기 인장 시험에 의해 결정한 임계 변형률(ϵ_k)을 표 3과 4에 나타내었다.

표 3

[0083]

조사한 Mo와 MoRe 코팅의 임계 변형률(ϵ_k) 및 순수 Mo로 구성된 대조 시료와의 차이		
재료	임계 변형률, ϵ_k	$\Delta \epsilon_k$
Mo	1.11%	대조
MoRe 6 at%	1.06%	-4%
MoRe 15 at%	1.39%	26%
MoRe 26 at%	2.05%	85%

[0084]

MoRe 합금(내화 금속 기재로서 Mo 단독)의 경우, 6 at%의 Re 첨가에 대해 유의적인 임계 변형률(ϵ_k)의 증가는 관측되지 않는다. 순수 Mo 및 MoRe 6 at%의 임계 변형률은 거의 동일하다; 작은 차이는 측정에 있어서 전형적인 변동으로 설명될 수 있다.

표 4

[0085]

조사한 MoX와 MoXRe 코팅의 임계 변형률(ϵ_k) 및 MoX(X=Cr, Nb, Ta, Ti, W)로 구성된 대조 시료와의 차이				
	임계 변형률, ϵ_k		임계 변형률, ϵ_k	$\Delta \epsilon_k$
MoCr	0.87%	MoCrRe	1.79%	107%
MoNb	0.36%	MoNbRe	1.42%	294%
MoTa	1.10%	MoTaRe	1.59%	45%
MoTi	0.76%	MoTiRe	1.46%	92%
MoW	1.20%	MoWRe	1.56%	30%

[0086]

상술한 인장 시험 후, 시험한 코팅을 광학현미경과 주사 전자현미경으로 조사하였다. 이때 코팅에서 발생한 균열의 형상과 균열 사이의 평균 간격을 평가하였다.

[0087]

순수한 Mo와 같은 취성 재료를 기재로 하는 코팅에서는 취성 재료 거동에 전형적인 균열 패턴이 시료가 인장 응력하에서 파괴될 때 일반적으로 발생한다. 이는 응력이 가해지는 방향에 거의 직각으로 형성되는 직선형의 평행한 균열의 네트워크를 특징으로 한다. 이러한 균열 패턴은 예를 들면 도 4a)(Mo)와 5에서 볼 수 있다. 이들 직선형 균열은 대부분 시료의 전체 폭에 걸쳐 일측면에서 타측면으로 또한 코팅의 전체 두께를 통해서도 연장 형성된다. 이러한 균열을 관통 균열(TTC)이라고 한다. TTC는 최악의 경우에 코팅에 어떠한 연속적인 전기적 접속이 더 이상 없기 때문에 코팅의 전기전도성을 현저히 감소시킨다. 대조 재료에 대해 측정된 곡선으로부터 알 수 있는 바와 같이, 전기 저항은 변형률이 증가함에 따라 매우 크게 증가한다. 이는 적용된 변형률(ϵ)에 대해 초기 저항 대비 전기저항(R/R_0) 증가를 보여주는 도 2와 3에서 관찰할 수 있다; 이때 Mo와 MoX(X=Cr, Nb, Ta, Ti, W)에 대한 곡선을 참조할 것. "이론"으로 표시된 곡선은 시료의 형상 변화로부터만 발생하는 전기저항 증가를 보여준다.

[0088]

도 6은 결함 기준($R/R_0=1.2$)으로부터 임계 변형률(ϵ_k)을 보여주고 있다. 6 at%를 초과하는 임계 Re 함량에서는 코팅의 인성이 증가한다. 이러한 인성 증가는 취성-연성 전이 온도의 감소에 의해 초래되는 것으로 추정된다. 이로 인해 임계 변형률이 증가하고 TTC의 발생이 감소한다. 이 거동의 예들을 도 2 내지 5에서 볼 수 있다. 이에 따르면, 도 2는 상이한 Re 함량을 가진 MoRe 시료의 저항 곡선(R/R_0)을 보여주고, 도 3은 서로 다른 MoXRe 합금의 저항 곡선(R/R_0)을 보여주고 있다. 각각의 경우에 임계 변형률(ϵ_k)이 크게 증가한다; 이는 마찬가지로 표 3과 4에서 볼 수 있다. 균열의 패턴은 도 4와 5에서 볼 수 있다.

[0089]

임계 변형률(ϵ_k) 증가 외에 관찰할 수 있는 또 다른 효과는 균열의 패턴이 취성 재료 거동으로부터 인성 재료 거동으로 변한다는 것이다. 인성 재료 거동에 전형적인 균열은 더 이상 선형이 아니라 지그재그형 경로를 갖는 경향이 있는 균열로부터 인식될 수 있다. 균열 선단에서 균열의 방향 변화는 이러한 균열 거동의 가능한 설명이다. MoRe 16.7 at%의 경우에 균열은 거의 평행하지만 더 이상 직선으로 연장 형성되지 않는다는 것을 도 4b)(MoRe 16.7 at%)에서 볼 수 있다. 도 4c)에서는 더 거친 균열 패턴을 명확히 볼 수 있다(MoRe 27.9 at%). 더 거친 특성을 가진 균열은 통상적으로 전체 층 두께를 통해 연장 형성되지만 반드시 시료의 전체 폭에 걸쳐

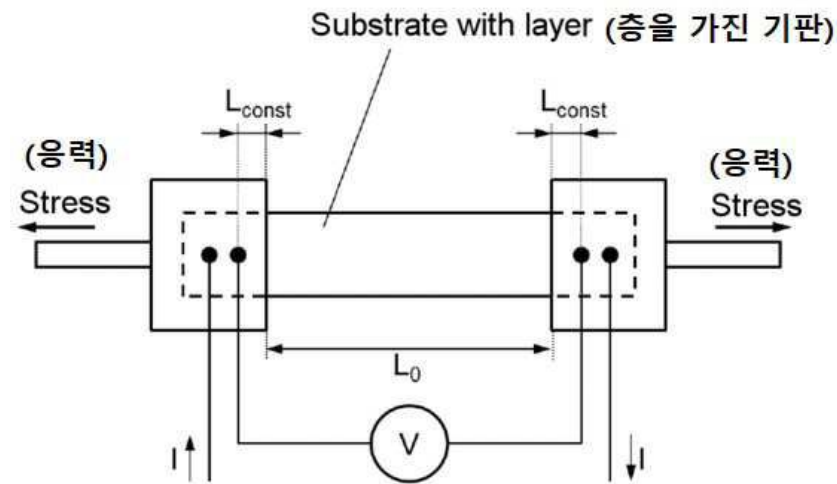
연장 형성되는 것은 아니며, 그 결과 재료에는 전도성 접속부가 남아있게 된다. 이 경우, R/R_0 곡선의 기울기는 도 2에서 MoRe와 도 3에서 MoCrRe와 MoWRe의 실시예로부터 볼 수 있는 바와 같이 더 낮다(곡선은 덜 급하게 상승함).

- [0090] 상기 내화 금속 기재 코팅에서 임계 Re 함량을 초과하면 임계 변형률(ϵ_k)이 크게 증가하여 균열 발생이 감소한다. Re 함량이 더 증가하면 균열 거동이 취성으로부터 인성 방향으로 변한다. 균열 거동의 변화가 일어나는 Re 함량은 대조 재료(Mo, MoX)와 합금화 원소 X(Cr, Nb, Ta, Ti, W)에 따라 다르다.
- [0091] Mo와 MoX 코팅(X=Cr, Nb, Ta, Ti, W)과 MoRe와 MoXRe 코팅(X=Cr, Nb, Ta, Ti, W)의 더 큰 인성 거동은 시험 온도를 증가시켜 달성할 수도 있다. 이 효과는 공간 내 3개의 모든 방향으로 연장되는 재료로부터 충분히 알려져 있다(취성-연성 전이 온도). 일례로서 25℃ 및 340℃에서 인장 시험 후 Mo 코팅의 균열 네트워크의 전자 현미경 사진을 도 7에 나타내었다. 25℃에서 시험한 시료는 분명한 취성 거동을 보이는 반면에 340℃에서 시험한 시료는 더 큰 인성 거동을 보인다. 그러나 이와 같이 높은 온도는 사용에 있어 비현실적이고 따라서 이 효과는 적절하지 않다.
- [0092] 조사한 코팅의 기계적 특성은 더욱 최적화할 수 있는 것으로 예상된다. 내화 금속을 기재로 하는 증착된 코팅의 미소구조와 고유 응력의 상태는 소정의 열처리에 의해 더욱 최적화될 가능성이 있다. 증착 조건을 원하는 대로 조절하면 코팅의 성장에 원하는 방식으로 영향을 줄 수 있고 인성의 추가 증가를 달성할 확률이 높다.
- [0093] Mo와 MoX 코팅(X=Cr, Nb, Ta, Ti, W) 및 MoRe와 MoXRe 코팅(X=Cr, Nb, Ta, Ti, W)의 더 큰 인성 거동은 더 작은 층 두께에 의해 달성할 수도 있다. 일례로서 50 nm 및 200 nm의 서로 다른 층 두께를 가진 Mo 및 MoRe 시료의 저항 곡선 R/R_0 를 도 8에 나타내었다. 50 nm 두께의 코팅을 가진 시료의 R/R_0 곡선은 더 큰 변형률의 방향으로 오른쪽으로 크게 이동되었고 곡선 기울기는 더 낮다. 이에 따르면, 층 두께를 감소시킴으로써 코팅의 유의적인 인성 향상을 달성할 수 있다.
- [0094] 실시예 2
- [0095] 일련의 여러 실험에서 내화 금속을 기재로 하는 서로 다른 금속 코팅을 폴리이미드 기판 상에 증착하였다. 이때 WRe계에서 텅스텐을 기재로 하는 코팅들의 화학 조성은 서로 다르게 하였다.
- [0096] 첫 번째 일련의 실험에서, 실시예 1에서와 동일한 증착 파라미터를 사용하여 WRe 코팅을 제조하였다. W와 Re의 매우 다른 스퍼터링 거동으로 인해 사용한 증착 조건에 의해 매우 적은 Re가 증착된 코팅에 도입될 수 있었다. 예를 들어 15 at%의 Re를 함유한 텅스텐 타겟으로부터 불과 약 1.3 at%의 Re를 함유한 WRe 코팅을 증착할 수 있었다. 증착 파라미터의 변형, 예를 들면 스퍼터링 가스로서 아르곤 대신 크립톤을 사용하였더니 코팅의 Re 함량을 증가시킬 수 있었다.
- [0097] WRe 코팅은 MoRe 코팅과 유사하게 순수 텅스텐 코팅에 비해 인장 시험에서 인성이 크게 향상된다.
- [0098] 도 9a) 내지 j)는 본 발명에 따른 코팅된 연성 부품(1)의 다양한 구현예를 도시하고 있다. 상기 구현예 각각은 연성 기판(2)과 내화 금속을 기재로 하는 적어도 하나의 금속 코팅(3)을 갖고 있다. 도 9b) 내지 j)에 나타낸 구현예는 적어도 하나의 도체 트랙 구조(4)를 추가로 갖고 있다. 내화 금속 기반 코팅(3)은 도 9c)와 d)에 도시되어 있는 바와 같이 도체 트랙 구조(4)의 일부일 필요는 없다. 그러나 바람직한 구현예에 있어서, 내화 금속 기재 코팅(3)은 도 9e) 내지 j)에 도시되어 있는 바와 같이 도체 트랙 구조(4)의 일부이다. 상기 적어도 하나의 트랙 구조는 추가로 금속층(5)을 추가로 가질 수 있다, 도 9d) 및 h) 내지 j)를 참조할 것. 바람직한 구현예에 있어서, 내화 금속 기재 코팅(3)은 도 9h) 내지 j)에 도시되어 있는 바와 같이 연성 기판(2)과 금속층(5) 사이에 배치된다. 코팅된 연성 부품(1)은 적어도 하나의 반도체 층(6)을 추가로 가질 수 있다, 도 9j)를 참조할 것.
- [0099] 도면의 설명
- [0100] 도 1: 전기 저항 측정과 함께 임계 파단 변형률(ϵ_k)을 결정하기 위해 이용하는 일축 인장 시험의 개략도. L_{const} 는 연신이 일어나지 않았을 때 고정되어 있는 클램프 길이를 의미한다.
- [0101] 도 2: 코팅의 Re 함량의 함수로서 Mo와 MoRe 합금에 대한 R/R_0 곡선. "이론"으로 표시된 곡선은 시료의 형상 변화 결과로만 발생하는 전기 저항 증가를 보여준다.
- [0102] 도 3: 조사한 모든 MoX와 MoXRe(X=Cr, Nb, Ta, Ti, W) 합금에 대한 R/R_0 곡선.

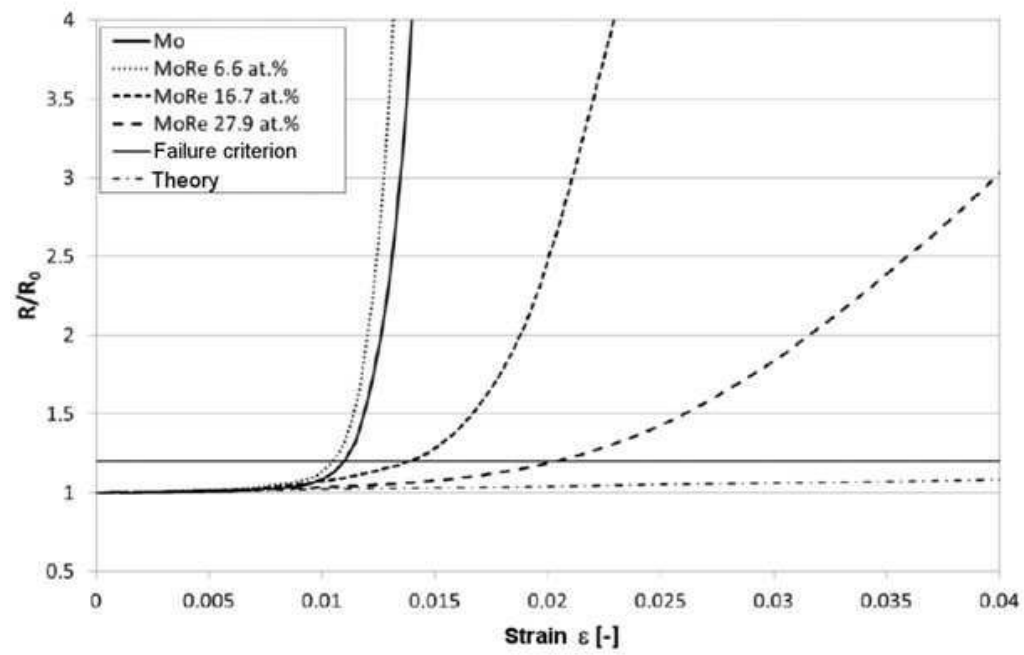
- [0103] 도 4: 15%의 최대 변형률 이후 Mo 코팅과 다양한 MoRe 코팅의 균열 패턴을 보여주는 광학 현미경사진(MoCrRe에 비해 MoCr에 의해 그리고 MoWRe에 비해 MoW에 의해 유사한 거동이 또한 나타남)
- [0104] 도 5: 15%의 최대 변형률 이후 MoNb와 MoNbRe의 균열 패턴을 보여주는 광학 현미경사진(MoTaRe에 비해 MoTa에 의해 그리고 MoTiRe에 비해 MoTi에 의해 유사한 거동이 또한 나타남)
- [0105] 도 6: 서로 다른 Re 함량에 대해 측정된 MoRe 코팅의 Re 함량의 함수로서 ϵ_k (결함 기준 $R/R_0 = 1.2$ 으로부터)
- [0106] 도 7: 최대 변형률 15% 이후 25℃와 340℃에서 인장 응력을 가한 후 Mo 코팅의 균열 패턴을 보여주는 전자 현미경사진.
- [0107] 도 8: 코팅의 Re 함량과 층 두께의 함수로서 Mo와 MoRe 합금에 대한 R/R_0 곡선.
- [0108] 도 9: 본 발명에 따른 코팅된 연성 부품의 다양한 구현예들의 도면.
- [0109] 도면 번역
- [0110] 도 2
- [0111] Failure criterion: 결함 기준
- [0112] Theory: 이론
- [0113] Strain: 변형률
- [0114] 도 3
- [0115] Failure criterion: 결함 기준
- [0116] Theory: 이론
- [0117] Strain: 변형률
- [0118] 도 6
- [0119] critical strain: 임계 변형률
- [0120] Re content: Re 함량
- [0121] 도 8
- [0122] Failure criterion: 결함 기준
- [0123] Theory: 이론
- 부호의 설명**
- [0124] 1 코팅된 연성 부품
- 2 연성 기판
- 3 내화 금속 기재 금속 코팅
- 4 도체 트랙 구조
- 5 금속층
- 6 반도체 층

도면

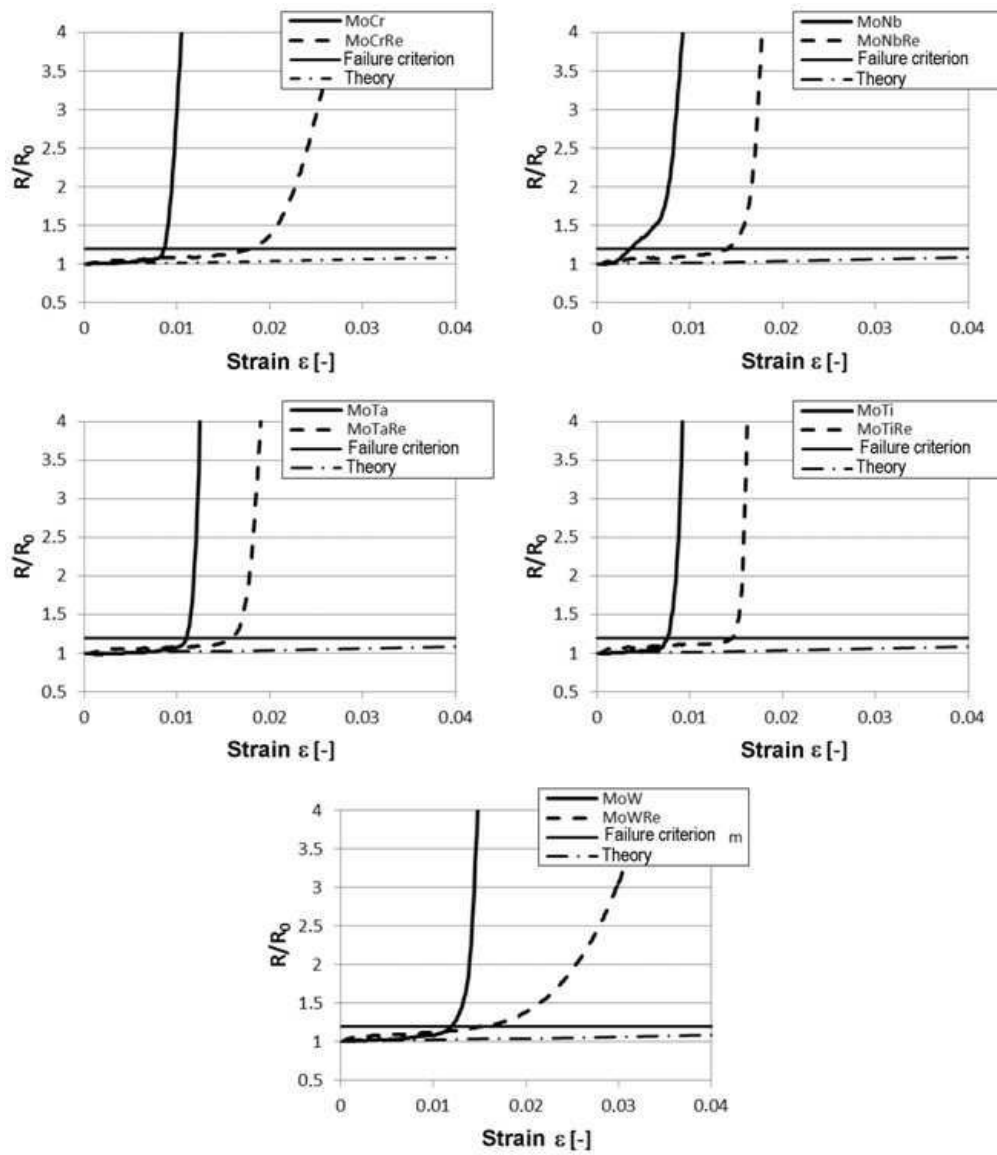
도면1



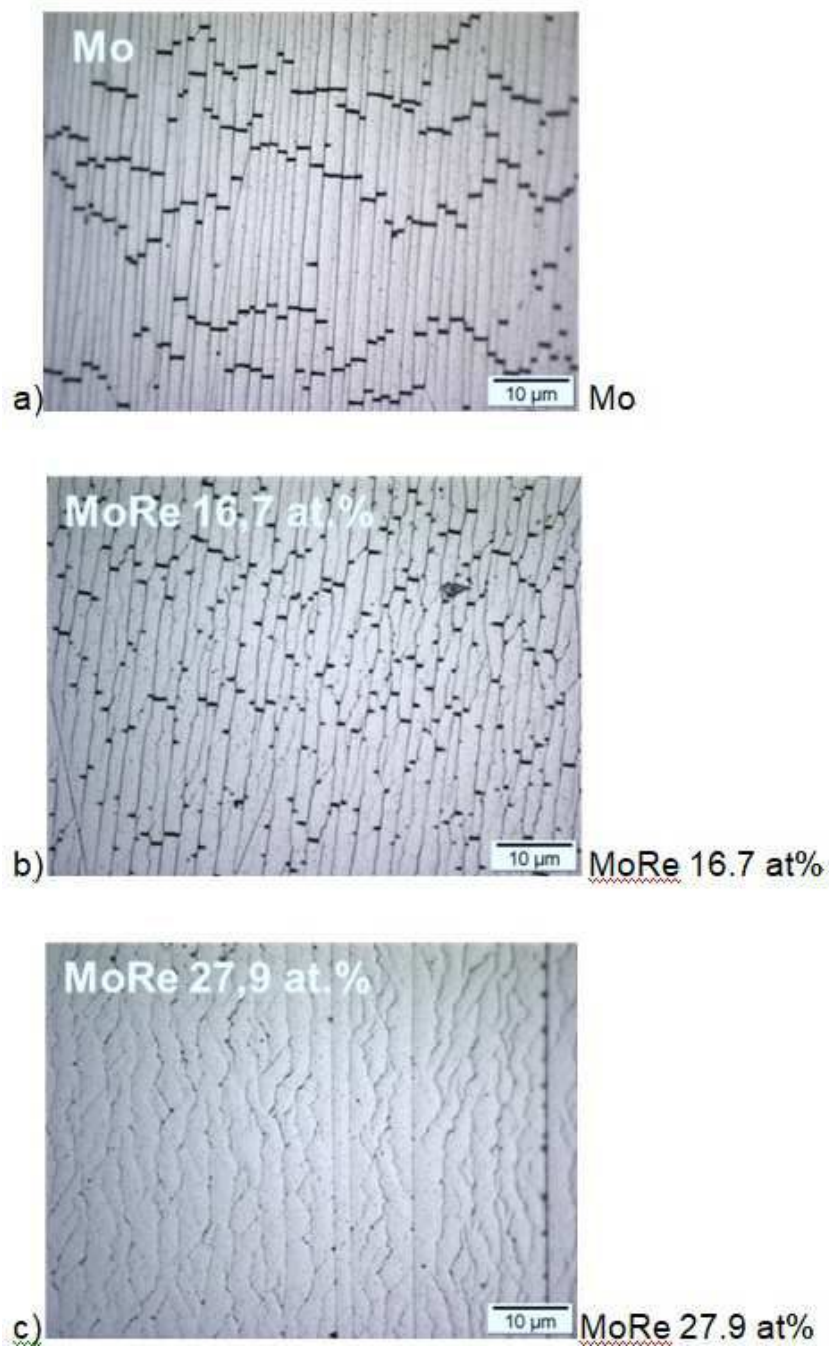
도면2



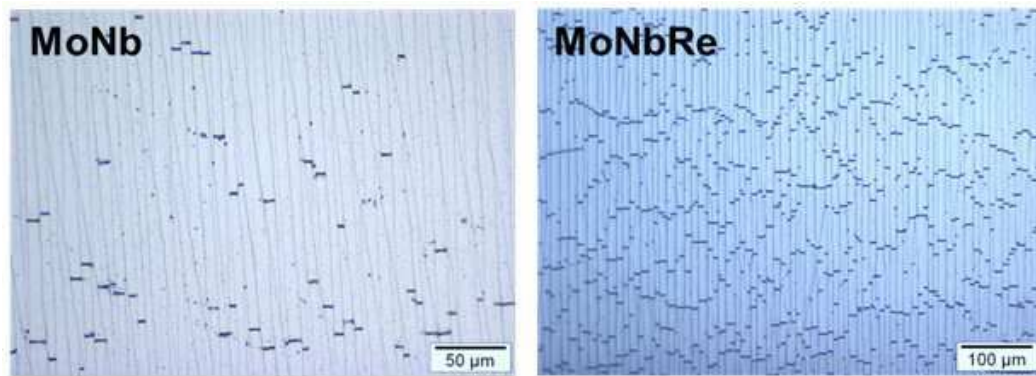
도면3



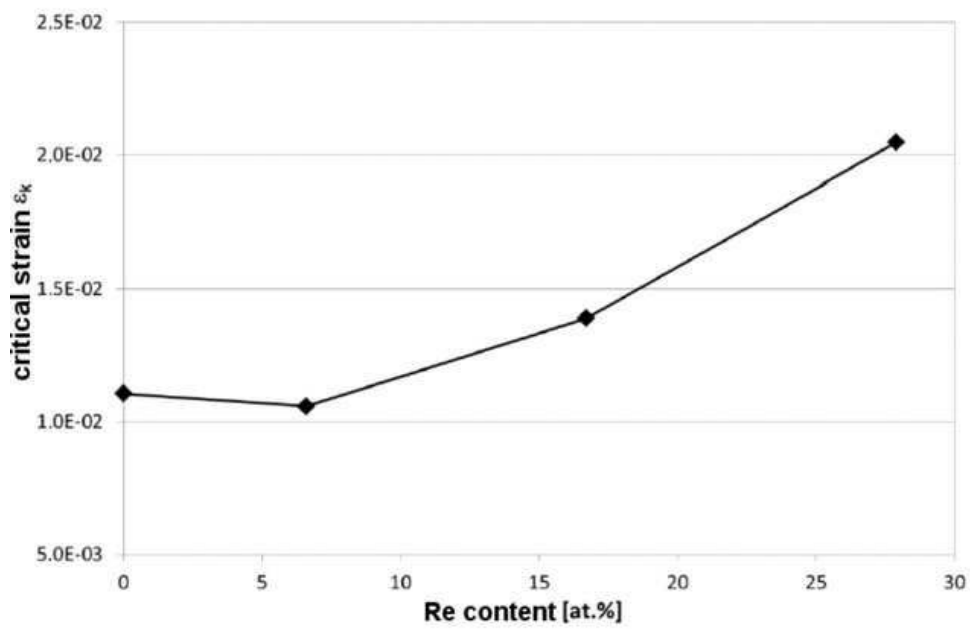
도면4



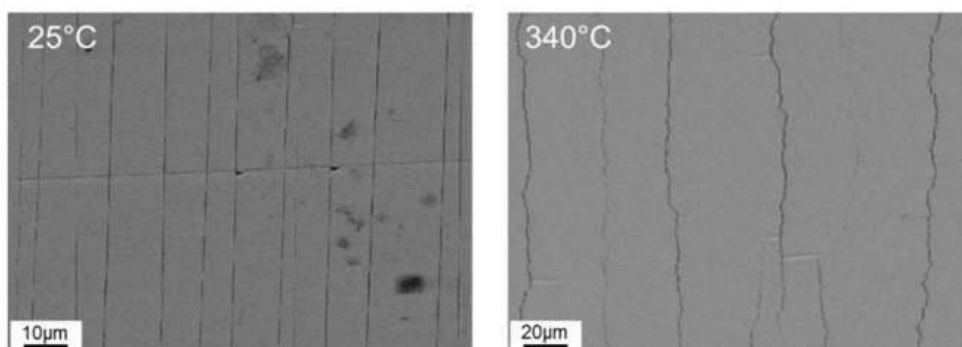
도면5



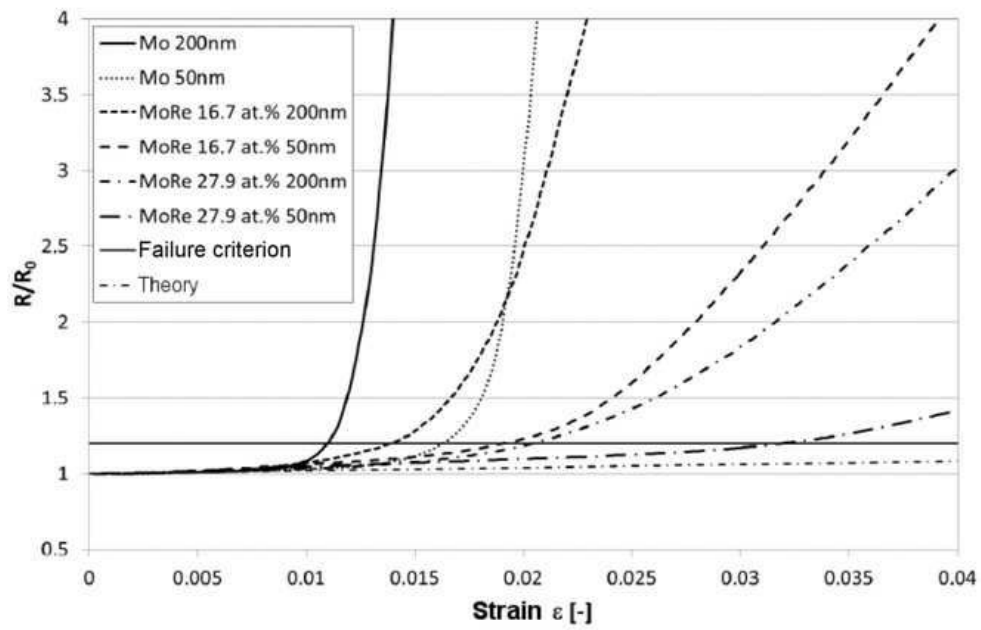
도면6



도면7



도면8



도면9

