

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2016-0088060 (43) 공개일자 2016년07월25일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H01L 51/56 (2006.01) H01L 21/027 (2006.01) H01L 21/033 (2006.01)	(71) 출원인 울산과학기술원 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50	
(52) CPC특허분류 H01L 51/56 (2013.01) H01L 21/0275 (2013.01)	(72) 발명자 박형욱 서울특별시 마포구 독막로 266 태영아파트 104동 1610호 김지수 울산광역시 울주군 범서읍 점촌1길 18-19 유진빌 402호	
(21) 출원번호 10-2015-0007258		
(22) 출원일자 2015년01월15일 심사청구일자 2015년01월15일 기술이전 희망 : 기술양도, 실시권허여, 기술지도	(74) 대리인 특허법인충정	

전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 패턴화된 금속 마스크의 대형 펄스화된 전자빔이 지원된 하이브리드 디버링 방법

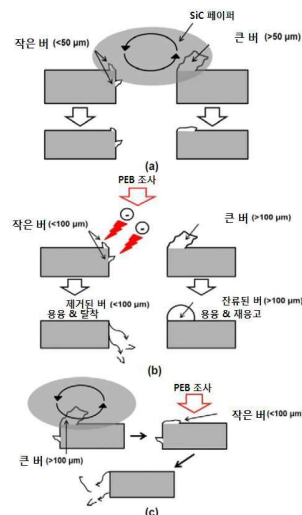
(57) 요약

본 발명은 하기 단계를 포함하는 디버링 방법(deburring process)을 제공한다:

- (a) 금속을 절단하여 패턴화된 금속 마스크(patterned metal mask)를 제공하는 단계;
- (b) 상기 패턴화된 금속 마스크에 연마 디버링(abrasive deburring)을 수행하는 단계; 및
- (c) 상기 (b) 단계로부터 수득된 금속 마스크에 대형 펄스화된 전자빔(large pulsed electron beam; LPEB)을 조사하는 단계.

또한, 본 발명은 상기 디버링 방법에 의해 디버링된 패턴화된 금속 마스크를 제공하며, 상기 패턴화된 금속 마스크를 이용하여 제조된 발광 다이오드를 제공한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01L 21/0332 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20100110038656

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 제조기반산업핵심기술개발

연구과제명 정밀기계부품가공용 고밀도전자빔의 고속청정FINISHING공정기술개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국생산기술연구원

연구기간 2014.04.01 ~ 2015.03.31

명세서

청구범위

청구항 1

하기 단계를 포함하는 하이브리드 디버링 방법(deburring process):

- (a) 금속을 절단하여 패턴화된 금속 마스크(patterned metal mask)를 제공하는 단계;
- (b) 상기 패턴화된 금속 마스크에 연마 디버링(abrasive deburring)을 수행하는 단계; 및
- (c) 상기 (b) 단계로부터 수득된 금속 마스크에 대형 펄스화된 전자빔(large pulsed electron beam; LPEB)을 조사하는 단계.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

단계 (a) 에서 광섬유-레이저(fiber-laser) 또는 이산화탄소-레이저(CO₂-laser)를 이용하여 금속을 절단하는 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

단계 (b) 의 연마 디버링에 의해, 단계 (a) 에서 발생한 버(burr) 중, 100 μm 이상 500 μm 이하의 버가 제거되는 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

단계 (c) 의 대형 펄스화된 전자빔의 조사에 의해, 단계 (b) 후에 잔류하는 버 중, 0 μm 초과 내지 100 μm 미만의 버가 제거되는 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

단계 (b) 에서 SiC 페이퍼, 핸드 그라인더(hand-grinder), 또는 자동 폴리싱 장치(auto-polisher)를 이용하여 연마 디버링을 수행하는 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 SiC 페이퍼는 320 또는 600 그리트(grit)인 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 방법을 수행한 후의 금속 마스크에 잔류된 버의 크기가 15 μm 이하인 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 금속은 스테인리스강(stainless steel), 알루미늄 합금(aluminum alloys) 또는 탄소강(carbon steel)인 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

단계 (c) 의 대형 펄스화된 전자빔의 펄스 지속 시간은 2 μ s 내지 4 μ s 인 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

단계 (c) 의 대형 펄스화된 전자빔의 주파수는 0.1 Hz 내지 0.2 Hz 인 방법.

청구항 11

하기 단계를 포함하는 하이브리드 디버링 방법에 의해 디버링된 패턴화된 금속 마스크:

(a) 금속을 절단하여 패턴화된 금속 마스크를 제공하는 단계;

(b) 상기 패턴화된 금속 마스크에 연마 디버링을 수행하는 단계; 및

(c) 상기 (b) 단계로부터 수득된 금속 마스크에 대형 펄스화된 전자빔 조사하는 단계.

청구항 12

제 11 항에 따른 패턴화된 금속 마스크를 이용하여 제조된 발광 다이오드.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 패턴화된 금속 마스크의 하이브리드 디버링 방법 및 상기 디버링 방법에 의해 디버링된 패턴화된 금속 마스크에 관한 것이다. 보다 구체적으로는, 본 발명은 연마 디버링(abrasive deburring) 및 대형 펄스화된 전자빔(large pulsed electron beam; LPEB)의 조사를 포함하는 디버링 방법에 관한 것이며, 상기 디버링 방법에 의해 디버링된 패턴화된 금속 마스크에 관한 것이고, 상기 패턴화된 금속 마스크를 이용하여 제조된 발광 다이오드에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 발광 다이오드(LED) 및 태양 전지는 고도로 효율적인 에너지 하베스팅(energy harvesting) 및 전기 개발을 위해 연구되어야 할 가장 흥미로운 기술들 중에 하나이다. LED 산업의 제 1 세대에서는, 유기-LED(organic-LED; OLED)가 그의 고도로 정제된 제조 공정 및 환경-양립가능성으로 인해 가장 흥미로운 주제였다(Geffroy, B., le Roy, P., Prat, C., 2006, "Organic light-emitting diode (OLED) technology: materials, devices and display technologies," Polymer International, 55, pp. 572-582). 그러나, 2000년대 이후에는, 고분자-LED(polymer-LED; PLED)가 전도성 고분자의 발전으로 인하여 집중적으로 관심을 받게 되었다(Bernius, M.T., Inbasekaran, M., O'Brien, J., Wu, W., 2000, "Progress with light-emitting polymers," Advanced Materials, 12, pp.1737-1750). PLED의 제조 공정은 OLED 보다 훨씬 쉽고 빠르다. OLED는 일반적으로 진공 챔버 내에서 공급원의 열 또는 물리적 증착에 의해 제조된다. 대조적으로, PLED는 스퍼코팅 및 분사와 같은 간단하고 재생산가능한 용액 공정에 의해 제조될 수 있다. PLED의 제조 공정이 주로 용액 공정에 집중되어 있지만, 반도체 소자의 제조를 위한 증착이 필수적이다. LED의 제조 공정 중의 가장 중요한 단계들 중 하나는 금속 전극 증착이다. LED가 주로 TV 및 모니터에 사용되기 때문에, 픽셀의 형상이 디스플레이의 질에 직접적으로 연관된다. 디스플레이 상의 픽셀의 목적하는 형상을 형성하기 위해, 열 또는 물리적 증착 및 분사 동안 패턴화된 금속 마스크가 널리 사용되고 있다. 따라서, 패턴화된 금속 마스크의 질은 디스플레이의 선명도에 상당히 영향을 줄 수 있다.

[0003] 패턴화된 금속 마스크를 생산하기 위해 가장 널리 사용되는 공정은 방전가공(electric discharge machining; EDM)(Yi, S.M., Park, M.S., Lee, Y. S., Chu, C.N., 2007, "Fabrication of a stainless steel shadow mask using batch mode micro-EDM," Microsystem Technologies, 14, pp. 411-417), 기계적 가공(mechanical machining) 및 레이저 절단 공정(laser cutting process)(Niu, B., Chen, J., Liu, F., 2011, "Optimization on the fiber laser micro-cutting of thin stainless steel sheet by artificial neural networks," Advanced Science Letters, 4, pp. 810-813; Baumeister, M., Dickmann, K., Hoult, T., 2006, "Fiber laser micro-cutting

of stainless steel sheets," *Applied Physics A*, 85, pp. 121-124)이다. 각각의 방법은 그의 고유한 장점 및 단점을 가진다. EDM은 범위 내에서 금속 마스크 상에 고도로 정밀한 패턴을 생성할 수 있으나, 다른 공정들에 비해 매우 시간 소모적인 공정이다. 기계적 가공은 EDM에 비해 범위 내에서 상대적으로 낮은 정확도를 가지긴 하지만 비용효과적인 제조 공정이다. 레이저 절단은 가장 빠른 제조 공정 중에 하나이고, 금속 마스크 상에 프린트된 마이크로패턴들(micro-patterns)의 크기를 정확하게 조절할 수 있다. 그러나, 칩 생성과 유사한 현상인 버 형성(burr formation)은 다수의 제조 공정에서의 고질적인 결함이다(Niknam,S.A., Zedan,Y., Songmene,V., 2014, *Light Metal Alloys Applications*, inTech, Rijeka, Croatia, Chap. 5). 모서리에 발생된 버로 인해 금속 마스크 상의 패턴의 모양이 정확하지 않은 경우, 금속 전극들이 의도치 않은 모양으로 증착되기 때문에 디스플레이 상의 픽셀들이 증착되거나 서로 연결이 끊어지게 될 수도 있다. 특히 레이저 절단의 경우, 금속 마스크의 모서리 및 표면 상에 생성된 버는 재료의 종류, 두께, 및 레이저의 전력에 따라 다양한 크기를 갖는다(Purtonen,T., Salminen,A., 2013, "A study on the effect of cutting position on performance of fiber laser cutting of stainless steel tubes," *Welding in the World*, 58, pp. 193-204).

[0004] 버를 제거하기 위한 기계적, 화학적 및 열적 공정에 대한 대표적인 표현인, 패턴화된 금속 마스크의 디버링 방법(deburring process)은 이러한 맥락에서 널리 연구되어 왔다. 선행연구들은 주로 기계적 연마 디버링 및 화학적 에칭 방법에 중점을 두었다(Niknam,S.A., Zedan,Y., Songmene,V., 2014, *Light Metal Alloys Applications*, inTech, Rijeka, Croatia, Chap. 5; Datta,M., Landolt, D., 2000, "Fundamental aspects and applications of electrochemical microfabrication," *Electrochimica acta*, 45, pp. 2535-2558). 기계적 공정이 사용된 도구의 크기보다 큰 크기의 버들을 효과적으로 제거할 수 있는데도 불구하고, 여전히 작은 크기의 버들이 공정 후에 잔류한다. 따라서, 화학적 에칭 방법이, 표면 상에 형성된 버들을 녹이기 위한 산성 용액을 사용하여 마이크로버들(micro-burrs)을 제거하기 위해 널리 사용되어 왔다(Lee,S.-J., Liu,C.P., Fan,T.J., Chen,Y.-H., 2013, "Deburring Miniature Components by Electrochemical Method," *Int. J. Electrochem. Sci*, 8, pp. 1713-1721). 에칭 공정에서, 에칭제로서 사용된 화학 용액은 위험하고 독성이 있다; 따라서, 금속성 생성물의 화학적 에칭 후 추가적인 세척 공정이 필수적이다. 최근에, 새로운 디버링 방법의 개발에 대한 요구가 지속적으로 강조되고 있다.

[0005] 대형 펄스화된 전자빔(large pulsed electron beam; LPEB) 조사(irradiation)가 주형 금속 및 고분자에 대한 연마 방법(finishing method)으로서 도입되었다(Okada,A., Uno,Y., McGeough,J., Fujiwara,K., Doi,K., Uemura,K., Sano,S., 2008,"Surface finishing of stainless steels for orthopedic surgical tools by large-area electron beam irradiation," *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 57, pp.223-226). LPEB를 이용한 표면 연마 공정(surface polishing process)은 환경-친화적 공정이고 공정 동안 임의의 해로운 화학 물질을 발생시키지 않기 때문에 널리 연구되어 왔다. 게다가, 이는 비용효과적이고 시간절약적 공정이다. LPEB 조사에 대한 선행 연구들은 금속 합금 상의 표면 연마, 경화 및 개질에 중점을 두었다(Zhang, K.M., Zou, J.X., Grosdidier,T., Gey,N., Weber,S., Yang,D.Z., Dong,C., 2007, "Mechanisms of structural evolutions associated with the high current pulsed electron beam treatment of a NiTi shape memory alloy," *Journal of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films*, 25, pp. 28; Zou,J.X., Zhang,K.M., Hao,S.Z., Dong,C., Grosdidier,T., 2010, "Mechanisms of hardening, wear and corrosion improvement of 316L stainless steel by low energy high current pulsed electron beam surface treatment," *Thin Solid Films*, 519, pp. 1404-1415). 또한, 금속 합금의 표면 상의 금속 용융 및 재응고로부터 유도된 재응고층(re-solidified layer)이 낮은 화학 반응성과 함께 부식 확대에 대한 강한 내성을 갖는 것으로 밝혀졌다(Kim, J., Park,S.S., Park, H.W., 2014, "Corrosion inhibition and surface hardening of KP1 and KP4 mold steels using pulsed electron beam treatment," *Corrosion Science*, 89, pp.179-188). 그러나, LPEB 처리의 디버링 효과에 대한 연구가 거의 없는 실정이다. Okada et al. 은 최근 LPEB 조사를 이용한 디버링 공정의 가능성을 확인하였다(Okada, A., Yonehara, H., Okamoto, Y., 2013, "Fundamental Study on Micro-deburring by Large-area EB Irradiation," *Procedia CIRP*, 5, pp. 19-24). 이들은 EDM에 의해 제조된 홀(holes)의 모서리에 발생된 버들을 제거하였다. 그럼에도 불구하고, LPEB 조사의 디버링 효과는 레이저 절단 및 기계적 가공과 같은 다양한 종류의 공정에 의해 제조된 최종 생성물들에 대해 연구되어야 한다.

[0006] 이에, 본 연구에서는, LPEB 조사가 패턴화된 금속 마스크의 디버링으로서 수행되었다. 금속 마스크 상의 패턴들은 광섬유-레이저 절단(fiber-laser cutting)에 의해 제조되었다. 연마 디버링, LPEB 조사 및 LPEB-지원된 디버링의 수행은 공정 전 및 후에 주사전자현미경 사진(scanning electron micrographs; SEM)을 포착함으로써 평가되었다. 또한, 금속 마스크의 디버링 방법은 LPEB 지원된 디버링을 사용한 하이브리드 디버링 방법에 의해 최적

화되었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명의 목적은 패터화된 금속 마스크의 하이브리드 디버링 방법을 제공하는 것이다. 보다 구체적으로는, 패터화된 금속 마스크에 연마 디버링 방법을 수행한 후 대형 펄스화된 전자빔을 조사하는 하이브리드 디버링 방법을 제공하는 것이다. 이로써, 패터화된 금속 마스크의 버들(burrs)을 매우 효과적으로 제거하고 부식 속도를 현저히 낮춤으로써 우수한 품질의 패터화된 금속 마스크를 수득하고자 한다. 또한, 상기와 같은 우수한 품질의 패터화된 금속 마스크를 이용하여, 픽셀의 중첩이나 끊어짐이 없는 고품질의 LED 를 수득할 수 있도록 한다.

과제의 해결 수단

- [0008] 상기한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은, 하기 단계를 포함하는 디버링 방법(deburring process)을 제공한다:
- [0009] (a) 금속을 절단하여 패터화된 금속 마스크(patterned metal mask)를 제공하는 단계;
- [0010] (b) 상기 패터화된 금속 마스크에 연마 디버링(abrasive deburring)을 수행하는 단계; 및
- [0011] (c) 상기 (b) 단계로부터 수득된 금속 마스크에 대형 펄스화된 전자빔(large pulsed electron beam; LPEB)을 조사하는 단계.
- [0012] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 단계 (a) 에서 광섬유-레이저(fiber-laser) 또는 이산화탄소-레이저(CO₂-laser)를 이용하여 금속을 절단할 수 있다.
- [0013] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 단계 (b) 의 연마 디버링에 의해 100 μm 이상 500 μm 이하의 버(burr)가 제거될 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 단계 (c) 의 대형 펄스화된 전자빔의 조사에 의해 100 μm 미만의 버가 제거될 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 단계 (b) 에서 SiC 페이퍼, 핸드 그라인더(hand-grinder) 또는 자동 폴리싱 장치(auto-polisher)를 이용하여 연마 디버링을 수행할 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 SiC 페이퍼는 320 또는 600 그리트(grit)일 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일실시예에 있어서, 본 발명에 따른 디버링 방법을 수행한 후의 금속 마스크에 잔류된 버는 구체의 형상을 가질 수 있으며, 그 최대 크기는 15 μm 일 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일실시예에 있어서, 본 발명에서 사용되는 금속은 스테인리스강(stainless steel), 알루미늄 합금(aluminum alloys), 또는 탄소강(carbon steel)일 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 단계 (c) 의 대형 펄스화된 전자빔의 펄스 지속 시간은 2 μs 내지 4 μs 일 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 단계 (c) 의 대형 펄스화된 전자빔의 주파수는 0.1 Hz 내지 0.2 Hz 일 수 있다.
- [0021] 또한, 본 발명은, 하기 단계를 포함하는 디버링 방법에 의해 디버링된 패터화된 금속 마스크를 제공한다:
- [0022] (a) 금속을 절단하여 패터화된 금속 마스크를 제공하는 단계;
- [0023] (b) 상기 패터화된 금속 마스크에 연마 디버링을 수행하는 단계; 및
- [0024] (c) 상기 (b) 단계로부터 수득된 금속 마스크에 대형 펄스화된 전자빔을 조사하는 단계.
- [0025] 또한, 본 발명은, 본 발명에 따른 패터화된 금속 마스크를 이용하여 제조된 발광 다이오드를 제공한다.

발명의 효과

- [0026] 본 발명은 패터화된 금속 마스크의 하이브리드 디버링 방법에 관한 것으로서, SiC 페이퍼 등을 이용한 연마 디

버링 방법과 대형 펄스화된 전자빔(LPEB) 조사 방법을 결합함으로써, 패터화된 금속 마스크의 버들(burrs)을 매우 효과적으로 제거하는 효과를 나타낼 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 하이브리드 디버링 방법을 이용하는 경우 큰 버와 작은 버 모두 제거가능하므로, 본 발명은 다양한 크기의 버들을 모두 제거할 수 있다는 장점을 갖는다. 또한, 본 발명에 따른 하이브리드 디버링 방법을 이용하는 경우 패터화된 금속 마스크의 부식 속도, 부식 전류밀도 및 부식 저항을 현저히 낮추는 효과를 나타낼 수 있다.

[0027] 표면 또는 모서리 등에 발생된 버로 인해 금속 마스크 상의 패턴의 모양이 정확하지 않은 경우, 금속 전극들이 의도치 않은 모양으로 증착되기 때문에 디스플레이 상의 픽셀들이 중첩되거나 서로 연결이 끊어지게 될 수도 있다. 그러나, 본 발명의 디버링 방법에 의해 패터화된 금속 마스크의 버들이 효과적으로 제거되는 경우, 이러한 패터화된 금속 마스크를 이용하여 LED 를 제조시, 정확하고 매끈한 패턴에 의해 디스플레이 상의 픽셀들이 중첩되거나 서로 연결이 끊어지게 될 염려가 없다. 따라서, 본 발명의 디버링 방법에 의해 디버링된 패터화된 금속 마스크를 이용하는 경우, 매우 우수한 품질의 LED 를 생산해낼 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 패터화된 금속 마스크의 예시적인 도면이다.
 도 2는 (a) 연마 디버링 방법, (b) LPEB 조사 및 (c) LPEB-지원된 디버링을 이용한 하이브리드 디버링의 개략적인 모식도를 나타낸다.
 도 3은 디버링 공정 후 발생되고 잔류된 버들의 분산도를 나타낸다.
 도 4는 광섬유-레이저 절단 후의 표면의 SEM 이미지를 나타낸다.
 도 5는 연마 디버링 후의 표면의 SEM 이미지를 나타낸다.
 도 6은 LPEB 조사 후의 표면의 SEM 이미지를 나타낸다.
 도 7은 하이브리드 디버링 방법 후의 표면의 SEM 이미지를 나타낸다.
 도 8은 (a) 연마 디버링, (b) LPEB 조사, (c) 하이브리드 디버링 후의 표면의 백색-간섭계 사진을 나타낸다.
 도 9는 LPEB 조사 전 및 후의 동전위 분극 곡선을 나타낸다.
 도 10은 LPEB 의 개략적인 모식도를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 앞서 언급한 바와 같이, 패터화된 금속 마스크 상의 버(burrs)는 진공 증착 공정 동안 반도체 소자 상의 픽셀들의 질을 저하시킬 수 있다. 이에 본 연구에서는, 연마 디버링, 펄스화된 전자빔 조사, 및 연마 디버링과 전자빔 조사를 결합한 하이브리드 디버링 방법을 사용하여, 패터화된 금속 마스크 상의 디버링 방법을 수행하였다. 금속 마스크에 대해 가장 널리 사용되는 재료인 AISI 304 스테인리스강이 광섬유-레이저 절단에 의해 패터화되었다. 각각의 디버링 방법의 성능은 공정 후 잔류된 버의 크기를 SEM 으로 측정함으로써 평가되었다. 표면 텍스처(surface textures)가 또한 백색-간섭계(white-interferometer)에 의해 관찰되었다. 처리되지 표면, 광섬유-레이저 절단 표면 및 LPEB-처리된 표면에 대한 전기화학 분석이 부식 저항을 평가하기 위해 수행되었다. 동전위 분극 시험(potentiodynamic polarization test)을 기초로 하여, 표면의 부식 속도 및 분극 내성이 타펠 외삽법(Tafel extrapolation)을 사용하여 계산되었다.

[0030] 보다 구체적으로, 본 발명은 하기 단계를 포함하는 디버링 방법(deburring process)에 관한 것이다:

[0031] (a) 금속을 절단하여 패터화된 금속 마스크(patterned metal mask)를 제공하는 단계;

[0032] (b) 상기 패터화된 금속 마스크에 연마 디버링(abrasive deburring)을 수행하는 단계; 및

[0033] (c) 상기 (b) 단계로부터 수득된 금속 마스크에 대형 펄스화된 전자빔(large pulsed electron beam; LPEB)을 조사하는 단계.

[0034] 일 구현예에 따르면, 상기 단계 (a) 에서 광섬유-레이저(fiber-laser), 이산화탄소-레이저(CO₂-laser) 등을 이용하여 금속을 절단하여 패턴을 형성할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

- [0035] 일 구현예에 따르면, 상기 단계 (b) 의 연마 디버링에 의해 상기 단계 (a) 에서 발생하는 버(burr) 중, 100 μm 이상의 버가 제거될 수 있으며, 바람직하게는 100 μm 이상 500 μm 이하의 버가 제거될 수 있다.
- [0036] 일 구현예에 따르면, 상기 단계 (c) 의 대형 펄스화된 전자빔의 조사에 의해 상기 단계 (b) 에서 잔류하는 버 중, 0 μm 초과 내지 100 μm 미만의 버가 제거될 수 있다.
- [0037] 일 구현예에 따르면, 상기 단계 (b) 에서 SiC 페이퍼, 핸드 그라인더(hand-grinder), 또는 자동 폴리싱 장치(auto-polisher) 등을 이용하여 연마 디버링을 수행할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0038] 일 구현예에 따르면, 상기 SiC 페이퍼는 320 또는 600 그리트(grit)일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0039] 일 구현예에 따르면, 본 발명에 따른 디버링 방법을 수행한 후의 금속 마스크에 잔류된 버는 구체의 형상을 가질 수 있으며, 그 크기가 0 μm 이상 내지 15 μm 이하일 수 있고, 바람직하게는 0 μm 이나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0040] 일 구현예에 따르면, 본 발명에서 사용되는 금속은 스테인리스강(stainless steel), 알루미늄 합금(aluminum alloys), 탄소강(carbon steel) 등이 해당될 수 있고, 바람직하게는 AISI 304 스테인리스강이 사용될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0041] 일 구현예에 따르면, 상기 단계 (c) 의 대형 펄스화된 전자빔의 펄스 지속 시간은 2 μs 이상 내지 4 μs 이하일 수 있으며, 바람직하게는 2 μs 이나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0042] 일 구현예에 따르면, 상기 단계 (c) 의 대형 펄스화된 전자빔의 주파수는 0.1 Hz 이상 내지 0.2 Hz 이하일 수 있으며, 바람직하게는 0.1 Hz 이나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0043] 또한, 본 발명은, 하기 단계를 포함하는 디버링 방법에 의해 디버링된 패턴화된 금속 마스크에 관한 것이다:
- [0044] (a) 금속을 절단하여 패턴화된 금속 마스크를 제공하는 단계;
- [0045] (b) 상기 패턴화된 금속 마스크에 연마 디버링을 수행하는 단계; 및
- [0046] (c) 상기 (b) 단계로부터 수득된 금속 마스크에 대형 펄스화된 전자빔을 조사하는 단계.
- [0047] 또한, 본 발명은, 본 발명에 따른 패턴화된 금속 마스크를 이용하여 제조된 발광 다이오드에 관한 것이다.
- [0048] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 예시하기 위한 것으로서, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되는 것으로 해석되지는 않는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.

[0049] 실시예

[0050] [실시예 1] 패턴화된 금속 마스크의 제조

- [0051] 본 연구에 사용된 패턴화된 금속 마스크가 AISI 304 스테인리스강(stainless steel)으로 제조되었으며, 그 이유는 이것이 실제 산업에서 가장 널리 사용되는 합금 중 하나이기 때문이다. 합금은 1 mm 의 두께로 판금성형(sheet metal forming)에 의해 생산되었다. AISI 304 스테인리스강의 화학 조성이 [표 1]에 요약되어 있다. 판금은 도 1에 개시된 바와 같이 금속 마스크를 형성하기 위해 광섬유-레이저에 의해 제조되었다. 버들의 모양 및 크기를 분석하기 위해 SEM에 의해 포착된 영역은 도 1의 (a) 내지 (d) 의 화살표로 표시되었다. 광섬유-레이저 절단 공정 동안, 전력 및 공급 속도와 같은 조절가능한 변수들은 버 형성에 영향을 줄 수 있는 중요한 인자들이다. 본 실험에서, 500 W 의 레이저 전력 및 80 mm/s 의 공급 속도가 사용되었다. 실드 가스(shielding gas)인 N_2 기체의 압력은 20 bar 로 설정되었다.

[0052] [표 1] AISI 304 스테인리스강의 화학 조성

	Fe	C	Cr	Mn	S	Ni
중량%	70	0.08	19	2	0.03	10

[0053]

[0054] **[실시예 2] 금속 마스크에 대한 연마 디버링, LPEB 조사 디버링 및 하이브리드 디버링**

[0055] 광섬유-레이저 절단 후, 세 개의 상이한 종류의 디버링 방법이 금속 마스크 상에 수행되었다. 하나는 연마 디버링이었고, 또다른 하나는 LPEB 조사였고, 나머지 하나는 LPEB-지원된 디버링 방법을 사용한 하이브리드 디버링이었다. 연마 디버링은 320, 600 및 1200 그리트(grit)의 SiC 페이퍼를 사용하여 순서대로 수행되었다. 연마 디버링에 사용되는 그라인더(grinder)의 회전 속도는 15,000 RPM 으로 설정되었다. LPEB 조사는 플라즈마 기체인 아르곤 기체로 채워진 진공 챔버 내에서 수행되었다. 챔버 내의 아르곤 기체의 압력은 0.05 Pa 로 설정되었다. 양극 및 음극 사이에서 가속된 전자들은 그의 에너지를 플라즈마 기체를 통해서 기관의 표면으로 이동시킨다. 판에 고정된 기관은 펄스 사이에서 X/Y 축을 따라 이동한다. 빔의 크기는 직경 60 mm 이다. LPEB 의 에너지 밀도는 가우스분포를 따름으로써, 조사 사이클이 4 펄스, 2×2 그리트(grid)로 구성되도록 하여, 금속 마스크의 표면에 균일하게 조사되도록 한다. LPEB 조사의 에너지 밀도는 각 펄스에서 10 J/cm^2 로 설정되었다. LPEB 의 펄스 지속 시간은 $2 \mu\text{s}$ 이고, 조사의 주파수는 0.1 Hz 였다. 연마 디버링과 LPEB 조사의 결합 방법을 의미하는, LPEB-지원된 디버링을 사용하는 하이브리드 디버링 방법은 금속 마스크에 대한 최적화된 디버링 방법을 고안하기 위해 수행되었다. 하이브리드 디버링 공정 동안에, 연마 디버링이 320 및 600 그리트의 SiC 페이퍼를 사용하여 수행되었고, 이후에 LPEB 조사가 수행되었다. 디버링 결과는 SEM에 의해 포착된 표면 사진을 이용하여 평가되었다. 또한, 버 크기가 금속 마스크 상의 상이한 부분에서 측정되었고, 세 개의 상이한 디버링 방법의 성능을 비교하기 위해 평균내어졌다.

[0056] **[실시예 3] 세 개의 디버링 방법에 대한 결과**

[0057] 도 2는 연마 디버링 방법, LPEB 조사, 및 LPEB-지원된 디버링 방법을 사용하는 하이브리드 디버링의 개략적인 모식도를 도시하고 있다. 연마 디버링 방법은 기계적인 분쇄(grinding)와 유사한데, 그 이유는 연마 디버링이 SiC 입자와 버 사이에 유발된 연마 마모를 사용하여 기계적으로 모서리 및 표면의 버를 절단하기 때문이다. 대조적으로, LPEB 조사는 디버링 공정 동안 금속의 용융 및 증발 공정을 발생시킨다. LPEB는 조사 동안 금속 열구배(thermal gradient)를 유도하여, 버와 금속 마스크 사이의 접합부들(splices)이 용융되거나 증발됨으로써 금속 마스크로부터 버를 탈착시킬 수 있도록 한다. 버의 크기를 큰 버와 작은 버로 나누는 기준 크기인 $100 \mu\text{m}$ 가 실험 결과로부터 추출되었다. 도 3은 광섬유-레이저 절단 및 디버링 공정 후에 발생되거나 잔류된 버들의 분산도를 나타낸다.

[0058] 광섬유-레이저 절단의 공정 변수들이 1 mm 두께의 AISI 304 스테인리스강에 대해 최적화되었으나, 도 4에 도시한 바와 같이 다양한 크기의 버들이 광섬유-레이저 절단 후 모서리 및 표면 상에서 발생되었다. 도 1에 표시된 지점 (a) ~ (d) 가 명명된 순서대로 도 4의 (a) ~ (d) 에 직접적으로 대응된다. 광섬유-레이저 절단 동안의 버형성이 좁은 직선 표면과 둥근 모서리에 집중되어 있다. 버들은 용융에 의해 발생한 스파크로 인해 생성될 수 있다. 둥근 버들의 직경 및 임의의 형상의 버들의 최대 길이를 측정하여 크기를 계산하였다. 버들의 평균 크기는 $145.39 \mu\text{m}$ 였고, 최소 크기 $19 \mu\text{m}$ 내지 최대 크기 $313.02 \mu\text{m}$ 였다.

[0059] 표면 상에 생성된 버들은 샘플과 금속 마스크 사이의 빈 공간을 형성하여, 금속 마스크가 LED 소자의 표면에 접촉되는 것을 방해할 수 있다. 이러한 경우, 디스플레이 상에 증착된 픽셀들은 정확히 요구되는 모양이 될 수 없고, 중첩될 수 있다. 따라서, 금속 마스크 상의 디버링 방법은 일반적인 표면 상에서 사용되었다. 연마 디버링의 경우, 공정 후의 잔류된 버들의 평균 크기는 $38.01 \mu\text{m}$ 였고, 적어도 $11.23 \mu\text{m}$ 내지 최대 크기 $52.60 \mu\text{m}$ 였다. 약 $50 \mu\text{m}$ 보다 큰 크기의 버들은 도 3에 표시된 바와 같이 연마 디버링 방법에 의해 거의 완벽하게 제거되었다.

[0060] LPEB 조사는 연마 디버링 방법과 완전히 상이한 결과를 나타내었다. 잔류된 버들의 평균 크기는 $222.92 \mu\text{m}$ 였다. 최대 크기는 $283.04 \mu\text{m}$ 였고, 최소 크기는 $99.08 \mu\text{m}$ 였다. $100 \mu\text{m}$ 보다 작은 크기의 버들은 LPEB 조사에 의해 효과적으로 제거되었다.

[0061] 하이브리드 디버링 방법은, 앞서 언급된 바와 같이, 연마 디버링과 LPEB 조사의 결합된 방법이다. 도 2(c)에 도시된 바와 같이, LPEB 조사는 연마 디버링된 금속 마스크 상에 수행되었다. 세 개의 상이한 방법들 중에 하이브리드 디버링 방법 후의 잔류된 버의 크기가 가장 작았다. 잔류된 버들의 평균 크기는 $10.17 \mu\text{m}$ 였으며, 이는 광섬유-레이저 절단 후의 것에 비해 91.6 % 감소된 것이고, 연마 디버링 후의 것에 비해 67.8 % 감소된 것이다. 버들의 최대 크기는 $12.32 \mu\text{m}$ 였다. 도 3에 나타난 바와 같이, 버들의 크기의 분산도 또한 조화 디버링 방법(harmonic deburring process)에 의해 현저히 감소되었다.

[0062] **<실시예 3-1> 패턴화된 금속 마스크 상의 연마 디버링 방법**

[0063] 도 5는 연마 디버링 공정 후의 금속 마스크 상의 SEM 이미지를 나타낸다. 연마 디버링 공정은 버들을 효과적으로 제거할 수 있었다; 그러나, 일부 작은 크기의 버들은 연마 디버링 공정 후에 여전히 남아있었다. 연마 디버링이 SiC 입자들을 사용하여 연마 마모를 유발하기 때문에, SiC 입자 크기보다 더 작은 크기의 버들은 이 공정에 의해 제거될 수 없었다. 또한, 버들이 기계적으로 제거되었기 때문에, 연마 디버링의 결과는 균일하지 않았다. 게다가, AISI 304 스테인리스 시트로 만들어진 금속 마스크의 매우 얇은 두께로 인해, 측면에 생성된 버들은 제거될 수 없었다. 연마 디버링 방법은 금속 마스크에 대해 널리 사용되는 디버링 방법 중 하나이지만, 이 방법의 가장 중대한 문제는 균열 결함(fracture defect)이다. 얇은 금속 시트는 도 5(b)에 개시된 바와 같이 연마 마모에 의해 쉽게 파열될 수 있었다. 픽셀의 모양이 디스플레이의 질을 결정하는 가장 중요한 변수이므로, 디버링 방법에 의해 유발된 균열들은 LED 소자 상에 증착된 픽셀들의 질을 저하시킬 수 있다.

[0064] **<실시예 3-2> 패턴화된 금속 마스크 상의 연마 디버링 방법**

[0065] 도 6은 LPEB 조사 후의 금속 마스크의 표면 상의 SEM 이미지를 나타낸다. 도면에서 나타난 바와 같이, 도 5에서의 연마 디버링에 비해, $100 \mu\text{m}$ 초과하는 매우 큰 크기의 버들이 LPEB 조사 후에 잔류하였다. 버들같은 버들의 형성은 광섬유-레이저 절단 후의 잔류된 버들의 용융, 서로 합쳐짐 및 재응고로부터 기인한다. 대조적으로, $100 \mu\text{m}$ 보다 작은 크기의 버들은 LPEB 조사를 이용한 디버링 방법에 의해 효과적으로 제거되었다. LPEB 조사는 버들의 금속 마스크로의 연결부들을 녹이고, 그에 따라 버들은 반복되는 조사 사이클 동안 금속 마스크로부터 탈착되었다. 이러한 메카니즘은 도 2에 자세히 개시되어 있다.

[0066] **<실시예 3-3> LPEB-지원된 디버링을 이용한 패턴화된 금속 마스크 상의 하이브리드 디버링 방법**

[0067] 앞서 기술된 실험 결과로부터, 본 발명자들은 연마 분쇄를 기초로 한 디버링 방법 및 LPEB 조사는 패턴화된 금속 마스크의 연마 방법으로는 충분하지 않다는 결론을 도출할 수 있었다. 연마 분쇄 및 LPEB 조사는 광섬유-레이저 절단에 의해 생성된 금속 마스크의 디버링 방법에서의 그들만의 장점 및 단점이 있다. 두 방법 모두는 제거될 수 있는 버 크기의 한계를 나타내었다. 따라서, LPEB-지원된 디버링을 이용한 하이브리드 디버링 방법이 버 크기에 무관하게 버를 제거하기 위해 제안되었다. 하이브리드 디버링 방법에서의 연마 디버링의 회전 속도는 얇은 금속 마스크 상의 잠재적 균열 결함을 방지하기 위해 3,000 RPM 으로 설정되었다.

[0068] 도 7은 LPEB-지원된 디버링 공정 후의 금속 마스크의 표면 상의 SEM 이미지를 나타낸다. 도 3에 표시된 바와 같이, LPEB-지원된 디버링은 버의 크기에 무관하게 완전히 버를 제거할 수 있었다. 오직 수 마이크로미터 크기의 버들만 모서리 상에 잔류하였다. 또한, 균열과 같은 결함은 공정 후의 금속 마스크 상에서 관찰되지 않았다. 이러한 뛰어난 결과는 연마 디버링과 LPEB 조사의 장점을 결합한 것으로부터 기인한다. 첫번째 단계에서, $100 \mu\text{m}$ 보다 큰 버들은 연마 디버링에 의해 거의 제거되었다. 그 후, 두번째 단계에서, $100 \mu\text{m}$ 보다 작은 버들 및 패턴의 측면에 발생된 버들이 LPEB 조사에 의해 효과적으로 제거되었다.

[0069] **[실시예 4] 표면 텍스처에 대한 디버링 방법들의 효과**

[0070] 도 8(a)는 연마 디버링 공정 후의 금속 마스크의 표면 텍스처를 나타낸다. 백색-간접계 사진으로부터 측정된 표면 조면도(surface roughness)(Ra)는 $220 \pm 18.44 \text{ nm}$ 였다. 도 5 및 8(a)에서 관찰된 바와 같이, 연마 디버링 후에 표면 상의 스크래치가 관찰되었다. 이는 SiC 페이퍼 및 금속 입자들로부터 탈착된 연마 SiC 입자들로부터 기인한 것일 수 있다. 연마 디버링 동안, 작은 금속 칩들(chips)이 생성될 수 있다. 또한, 이들은 회전 SiC 페

이퍼 및 금속 마스크 사이에서 용이하게 포획될 수 있으며, 큰 연마 입자로서 작용한다. 따라서, 금속 마스크 상의 표면은 연마 디버링 동안 생성된 금속 칩들에 의해 손상될 수 있다.

[0071] 도 8(b)에 나타낸 바와 같이, LPEB 조사 후의 금속 마스크의 표면 텍스처는 연마 디버링 후의 것과는 완전히 상이하였다. LPEB-처리된 금속 마스크 상의 표면 조면도는 418 ± 63.6 nm 였으며, 이는 연마 디버링된 표면 상의 조면도보다 훨씬 높은 수치이다. 이전의 많은 연구들에서 논의되었던 바와 같이, LPEB 조사 후 표면에 생성된 크레이터들(craters)은 표면 조면도의 증가에 기여할 수 있다. 용융점이 금속보다 훨씬 낮은 비금속 함유물의 부분적인 용융 및 증발은 LPEB 조사 동안 표면 상에 크레이터 생성을 유발시킬 수 있다(Zhang,K., Zou,J., Grosdidier,T., Dong,C., 2009, "Formation and evolution of craters in carbon steels during low-energy high-current pulsed electron-beam treatment," Journal of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films, 27, pp.1217). AISI 304 스테인리스강이 황화망간(MnS) 함유물을 함유하고 있기 때문에 (표 1 참조), 도 8(b)에서 나타난 바와 같이 수많은 크레이터들이 LPEB 조사 후에 표면 상에 생성되었다. 추가적으로, 수많은 큰 스크래치들을 포함하는 초기 비균일 표면 텍스처 상의 LPEB 조사는 초기 균일 표면 상에서 보다 더욱 부분적인 용융을 유발할 수 있다.

[0072] 도 8(b) 및 (c)와 비교하면, LPEB-지원된 디버링 방법 후의 표면 텍스처가 반복되는 용융 및 재응고로 인해 현저히 개질되었다는 것을 쉽게 알 수 있다. LPEB 조사 전의 연마 디버링은 상대적으로 균일한 표면 텍스처를 형성하였고, 이어서 LPEB 조사는 금속 마스크 상의 표면 텍스처를 효과적으로 개질할 수 있었다. LPEB-지원된 디버링 방법 후의 표면 조면도는 124 ± 4.23 nm 였고, 이는 연마 디버링된 표면에 대한 220 nm 로부터 50 % 감소된 것이다. 버 크기 및 조면도의 분산도 또한 다른 방법들에 비해 감소되었다.

[0073] [실시예 5] LPEB-처리된 표면에 대한 부식 저항의 개질

[0074] LED 소자를 생산하기 위한 진공 증착 공정 동안, 금속 마스크는 통상적으로 고온에서 화학 용액에 노출된다. 일반적으로, 산화 및 부식과 같은 화학 반응의 속도는 고온 하에서 증가한다. 이는 원자들의 충돌 빈도가 증가하기 때문이며, 이는 시스템이 활성화에너지보다 높은 에너지를 구성하도록 한다. 따라서, 화학 반응에 대한 저항은 패턴의 질을 유지하기 위한 패턴화된 금속 마스크의 중요한 특성이다. 부식 저항에 대한 LPEB 조사의 영향을 평가하기 위해, 삼전극 시험을 이용한 전기화학적 분석이 수행되었다. 동전위 분극 시험이 1% NaCl 용액에서 수행되었다. 표준 칼로멜 전극(standard calomel electrode; SCE)이 기준 전극(reference electrode)으로 사용되었고, 백금 전극이 대전극(counter electrode)으로 사용되었다. AISI 304 스테인리스강의 처리되지 않은 표면, 광섬유-레이저 절단 표면, 및 LPEB-처리된 표면이 전해질에 노출되었다. 시험된 기관의 노출 면적은 1 cm^2 로 고정되어, 부식 전위(E_{corr}), 부식 전류밀도(i_{corr}) 및 분극 저항(R_p)의 표준화된 값과 비교되었다. 전기화학 시험이 1 mV/s 의 스캔속도로 수행되었고, 동전위 분극 범위는 개방회로 전위(open-circuit potential; OCP)에 대해 -200 내지 +800 이었다. 시험 전에, 기관의 표면이 전해질에 30 분 동안 노출되어 정상상태 OCP 에 도달하였다.

[0075] 도 9는 AISI 304 스테인리스강의 처리되지 않은 표면, 광섬유-레이저 절단 표면 및 LPEB-처리된 표면에 대한 동전위 분극 곡선을 나타낸다. 곡선들로부터, 타벨 외삽법을 이용하여 부식 전위 및 부식 전류밀도가 계산되었다. 대응하는 부식 전위, 부식 전류밀도, 분극 저항 및 부식 속도가 표 2에 개시되어 있다. 광섬유-레이저 절단 표면에 대한 부식 전위는 아무것도 처리되지 않은 표면에 대한 것보다 약간 더 귀전위로 되었다. 표면에 대한 LPEB 조사 후, 부식 전위는 -352.9 mV/SCE 에서 -56.9 mV/SCE 로 현저히 증가하였다. 부식 전위보다 더 귀전위에서만 부식의 활성화 영역이 반응을 진행시킨다는 점에서, 부식 전위는 부식에 대한 활성화에너지와 강하게 연관되어 있다. 따라서, LPEB 조사에 따른 증가된 부식 전위는 단순히 표면에 대한 부식 저항이 개질되었다는 것을 나타낸다.

[0076] [표 2] LPEB 조사 전 및 후의 AISI 304 에 대한 부식 변수들

	E_{corr} (mV/SCE)	i_{corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	R_p ($\text{M}\Omega \text{ cm}^2$)	v (mm/y)
처리되지 않은 표면	-352.9	1.498	0.01784	17.12
광섬유-레이저 절단	-312.8	0.5865	0.05272	6.703
LPEB 조사	-56.9	0.0065	2.068	0.0743

[0077]

[0078] 부식 전류밀도의 변화 또한 LPEB-처리된 표면의 부식 저항이 개선되었음을 나타내었다. AISI 304 스테인리스강의 아무것도 처리되지 않은 표면의 부식 전류밀도는 광섬유-레이저 절단 후 $1.498 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 에서 $0.5865 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 로 감소되었다. 이는 LPEB 조사 후에 $0.0065 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 로 더욱 감소되었다. 패러데이의 방정식으로부터, 작용 전극(working electrode)(기관)의 부식 속도는 부식 전류밀도에 대해 선형적으로 비례한다(Li,C.-c., Guo,X.-y., Shen,S., Song,P., Xu,T., Wen,Y., Yang,H.-F., 2014, "Adsorption and corrosion inhibition of phytic acid calcium on the copper surface in 3wt% NaCl solution," Corrosion Science, 83, pp.147-154). 따라서, 본 발명자들은 표면의 부식 속도는 LPEB 조사에 의해 현저히 감소될 수 있음을 밝혀냈다.

[0079]

LPEB-처리된 표면의 부식 특성에 대한 많은 선행 연구들은, LPEB-처리된 표면의 부식 저항이 부식 반응에 해로운 제2상들(second phases)을 제거함으로써 개질될 수 있음을 밝혔다(Zou,J.X., Zhang,K.M., Hao,S.Z., Dong,C., Grosdidier,T., 2010, "Mechanisms of hardening, wear and corrosion improvement of 316L stainless steel by low energy high current pulsed electron beam surface treatment," Thin Solid Films, 519, pp.1404-1415; Kim,J., Park,S.S., Park,H.W., 2014, "Corrosion inhibition and surface hardening of KP1 and KP4 mold steels using pulsed electron beam treatment," Corrosion Science, 89, pp.179-188; Grosdidier,T., Zou,J.X., Stein,N., Boulanger,C., S.Hao,Z., Dong,C., 2008,"Texture modification, grain refinement and improved hardness/corrosion balance of a FeAl alloy by pulsed electron beam surface treatment in the "heating mode"," Scripta Materialia, 58, pp.1058-1061). AISI 304 스테인리스강의 경우, MnS 함유물과 같은 제2상이 LPEB 조사에 의해 제거될 수 있었다. 비금속 함유물들의 부분 증발이 표면 상에 크레이터들을 유발하고 크레이터들이 표면 상에 피팅 부식(pitting corrosion)을 야기하기는 하지만, 그러나 크레이터들은 반복적인 조사 사이클에 의해 감소될 수 있었다. 결론적으로, 피팅 부식 또한 LPEB 조사에 의해 억제될 수 있다. 부식 저항의 개질에 대한 또다른 가능한 설명은 표면 상의 안정한 산화물 층의 형성이다. LPEB 조사는 표면 상에 급속 열 구배 및 고온을 생성한다. 고온 하에서, 금속은 화학 반응에 강한 내성을 가지는 금속 산화물 층을 견고하게 생성할 수 있다(Escudero,M., Garcia-Alonso,M., Gonzalez-Carrasco,J.L., Munoz-Morris,M.A., Montealegre,M., Garcia Oca,C., Morris,D.G., Deevi,S., 2003, "Possibilities for improving the corrosion resistance of Fe-40Al intermetallic strip by prior oxide protection," Scripta materialia, 48, pp.1549-1554). 따라서, 이러한 층은 LPEB-처리된 표면에 대한 부식의 억제에 기여할 수 있다.

[0080]

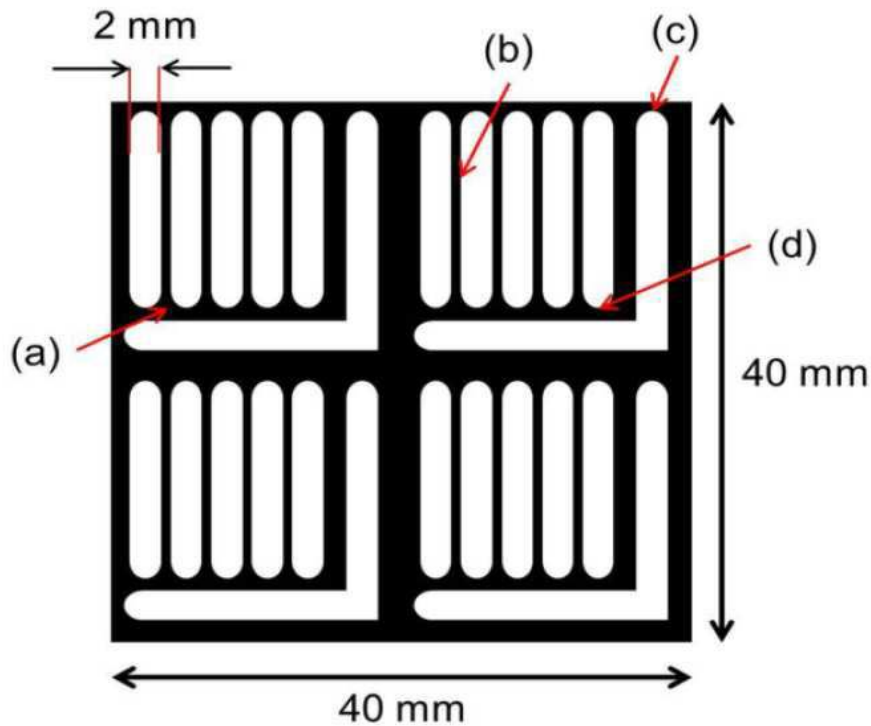
본 연구에서, 패턴화된 금속 마스크에 대한 디버링 방법이 연마 디버링, LPEB 조사 및 LPEB-지원된 디버링 방법에 의해 수행되었다. 각각의 디버링 방법의 성능은 공정 후에 잔류된 버의 크기를 측정함으로써 평가되었다. 연마 디버링 방법은 $50 \mu\text{m}$ 보다 큰 크기의 버들을 제거할 수 있음이 밝혀졌다. 금속 마스크에 대한 LPEB 조사는 $100 \mu\text{m}$ 보다 작은 크기의 버들을 효과적으로 제거할 수 있었다. 또한, 패턴의 측면에 생성된 버들은 LPEB 조사에 의해 제거될 수 있었다. 연마 디버링 및 LPEB 조사 둘 모두가 제거하는 버의 크기에 한계를 나타내었기 때문에, 금속 마스크에 대한 디버링 방법을 최적화하기 위해 LPEB-지원된 디버링 방법이 제안되었다. LPEB-지원된 디버링 방법 후 잔류된 버의 크기 및 분산도는 연마 디버링 및 LPEB 조사와 비교하여 현저히 감소되었다. 상기 방법들 후의 표면 텍스처 또한 관찰되었다. 금속 마스크의 표면 텍스처의 가장 우수한 상태는 LPEB-지원된 디버링 후의 표면에서 관찰되었다. 추가적으로, 표면에 대한 부식 저항은 LPEB 조사 후 현저히 개선되었으며, 이는

귀부식전위 및 낮은 부식 전류밀도로 나타났다.

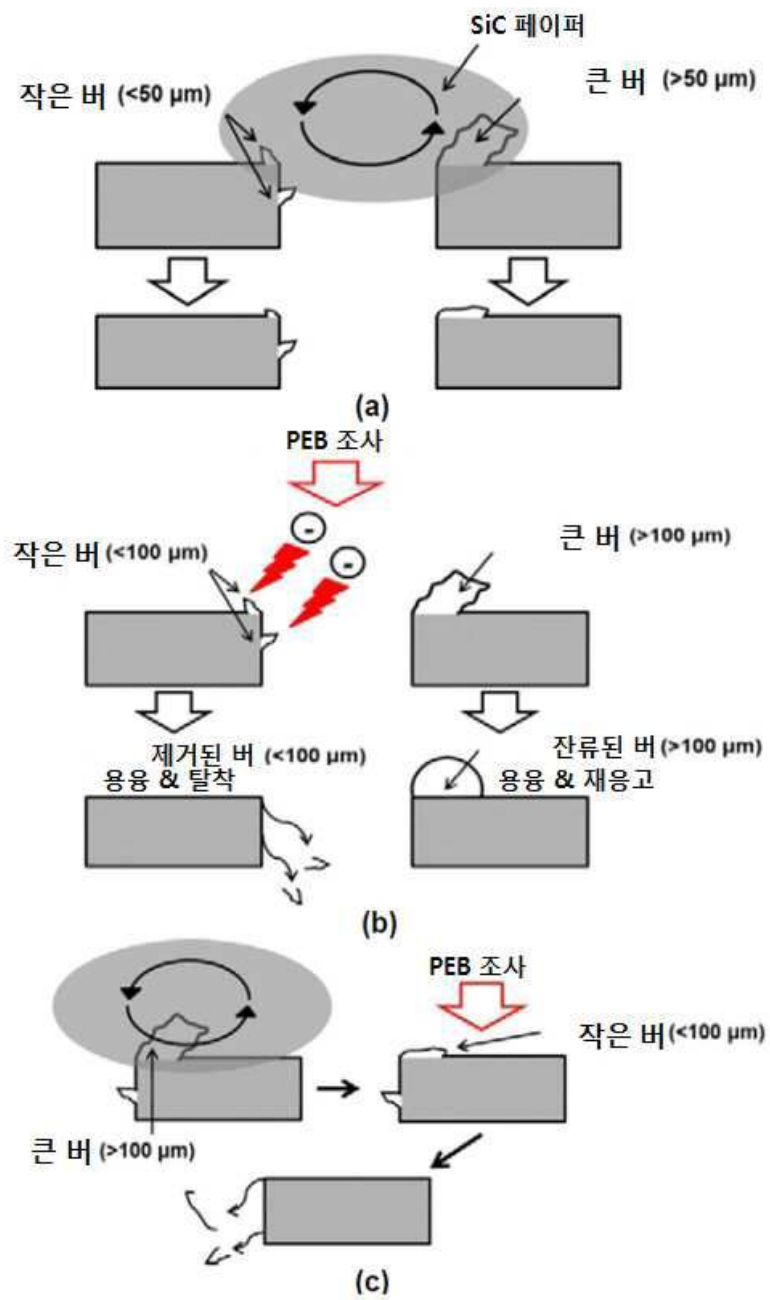
[0081] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

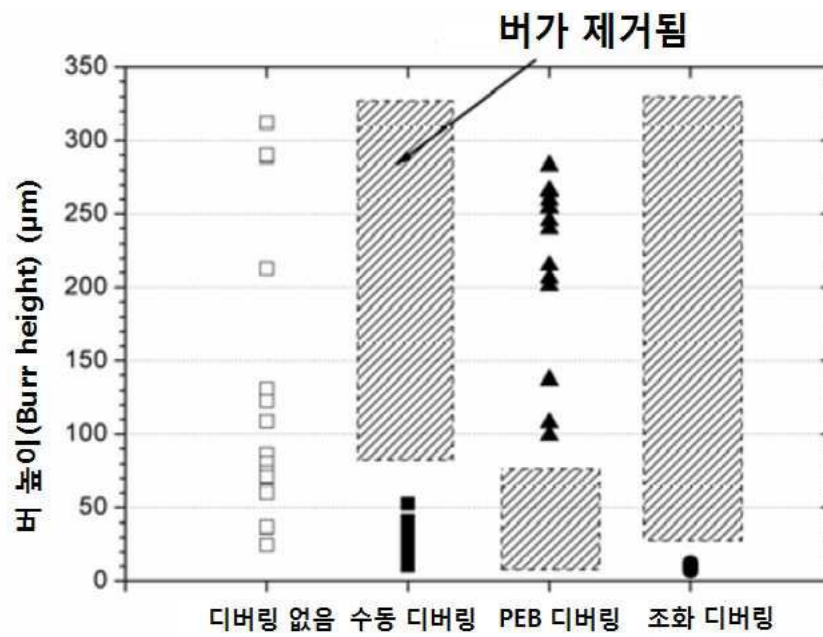
도면1



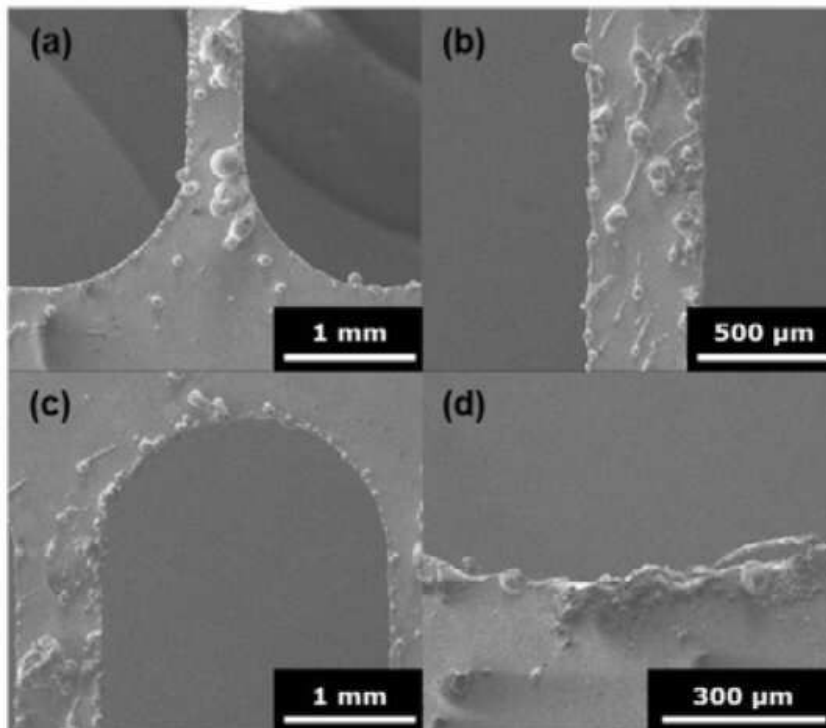
도면2



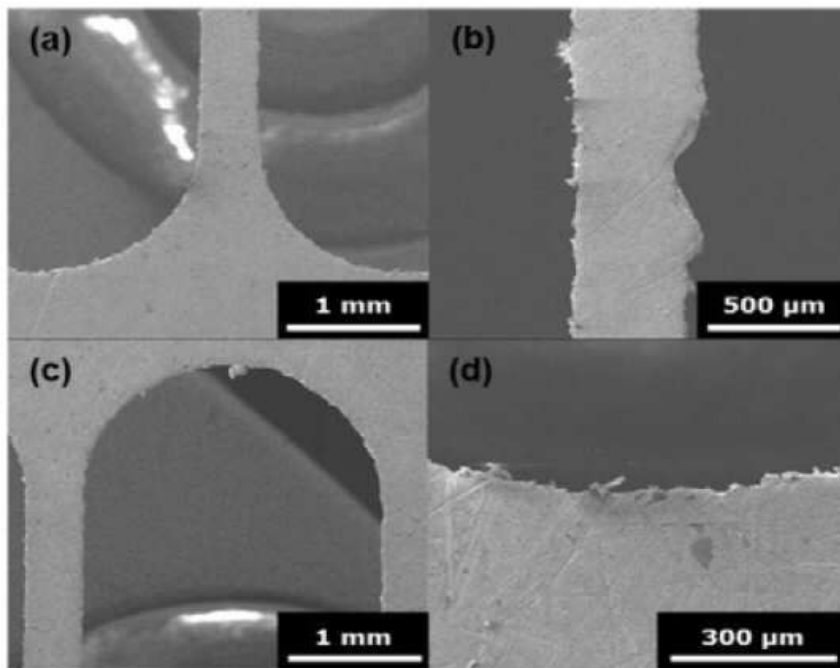
도면3



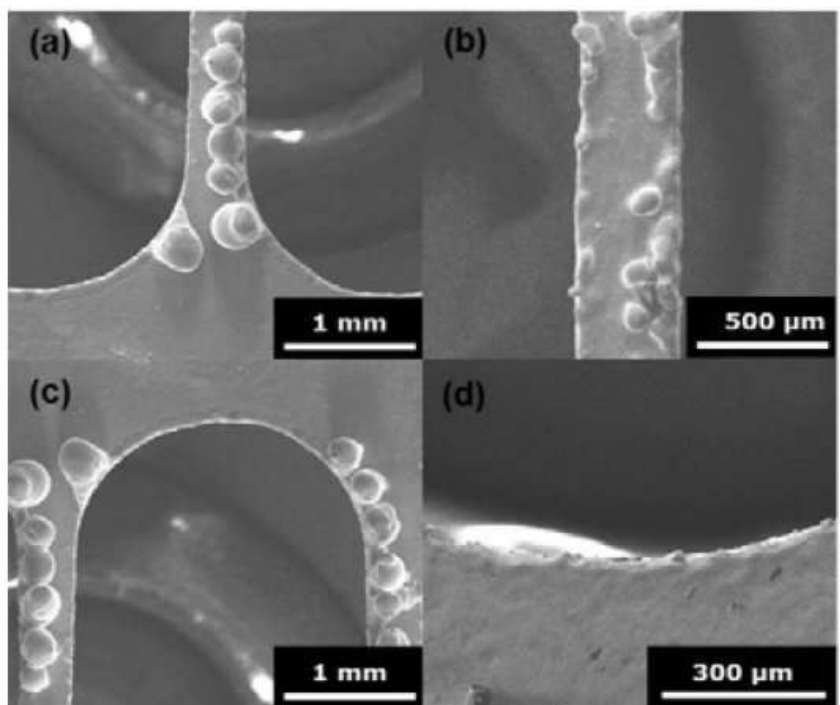
도면4



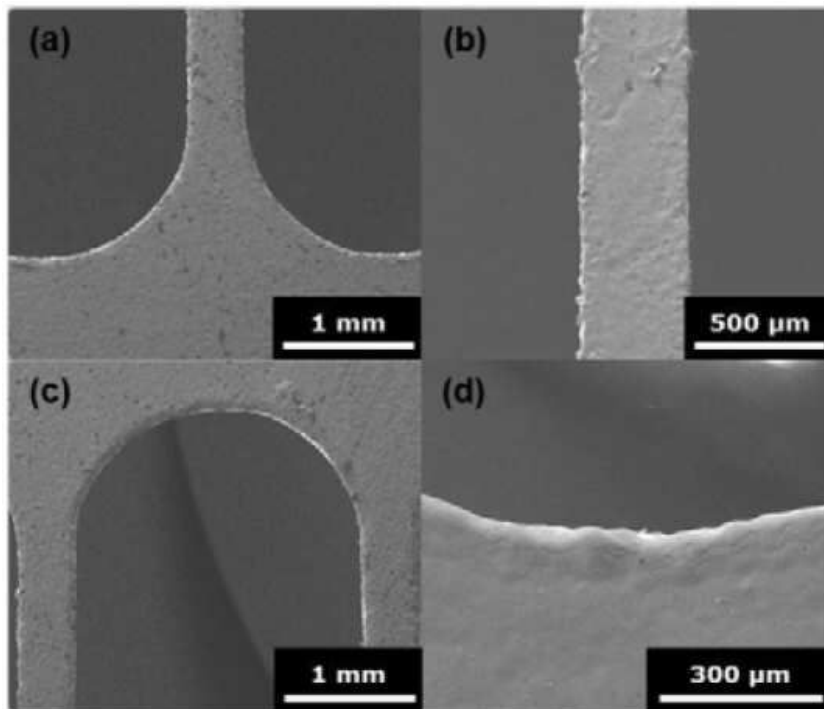
도면5



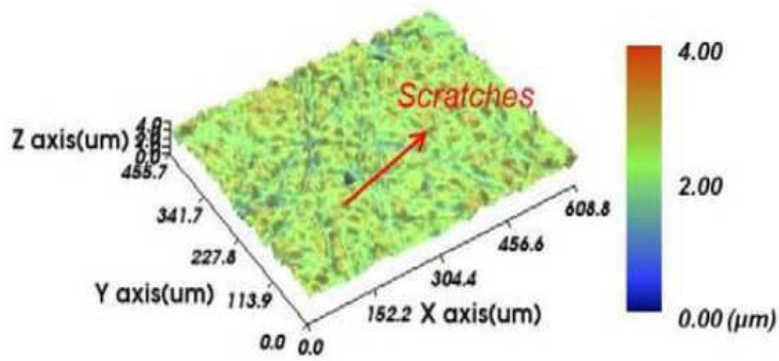
도면6



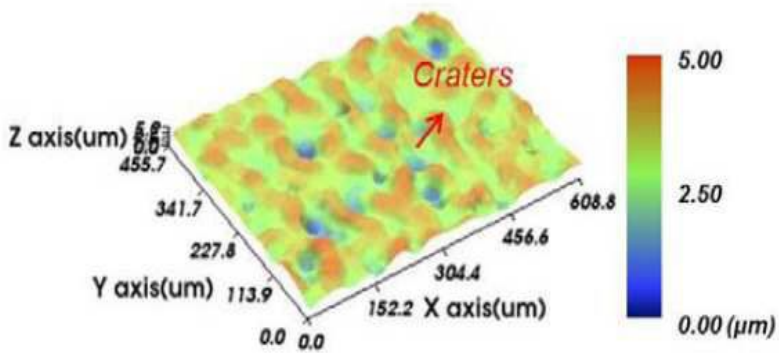
도면7



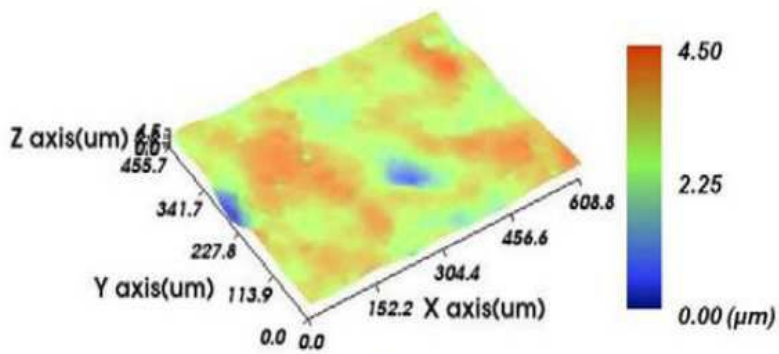
도면8



(a)

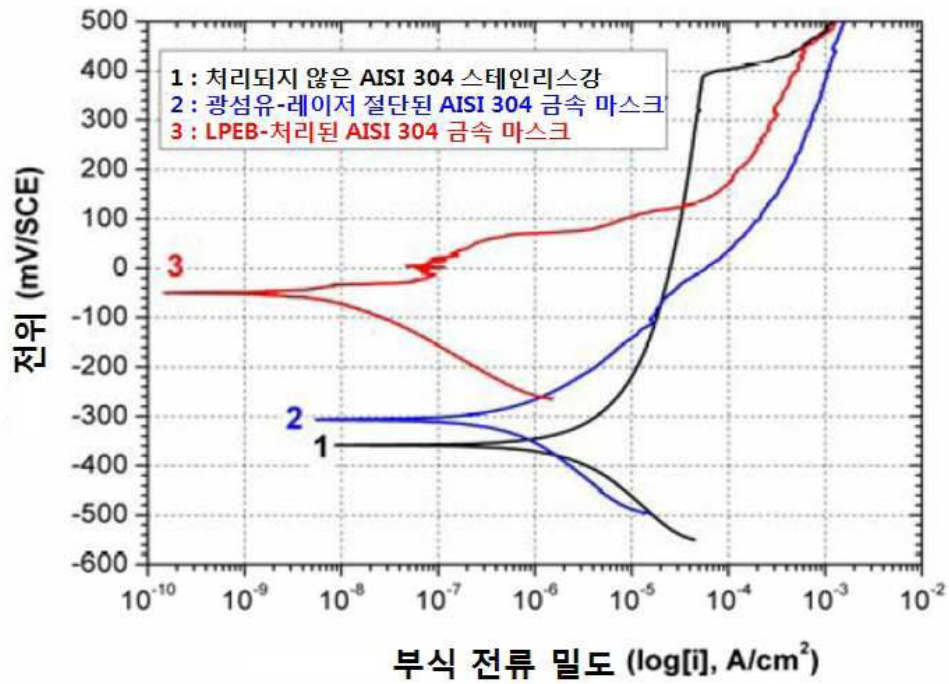


(b)



(c)

도면9



도면10

