



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년05월21일
(11) 등록번호 10-1520196
(24) 등록일자 2015년05월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 1/92 (2012.01) G03F 1/00 (2006.01)
G03F 1/50 (2012.01)
(21) 출원번호 10-2013-7005408
(22) 출원일자(국제) 2011년07월25일
심사청구일자 2013년02월28일
(85) 번역문제출일자 2013년02월28일
(65) 공개번호 10-2013-0061720
(43) 공개일자 2013년06월11일
(86) 국제출원번호 PCT/US2011/045197
(87) 국제공개번호 WO 2012/027050
국제공개일자 2012년03월01일
(30) 우선권주장
61/402,085 2010년08월23일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
WO2009094009 A1
KR1020090108941 A
JP2008290330 A

(73) 특허권자
롤리스 아이엔씨
미국 94588 캘리포니아주 플레젠티 스위트 51 더
블유 라스 포지타스 블리바드 5880
(72) 발명자
코브린 보리스
미국 94568 캘리포니아주 더블린 4292 키건 스트
리트 롤리스 아이엔씨
(74) 대리인
김진희

전체 청구항 수 : 총 34 항

심사관 : 조승현

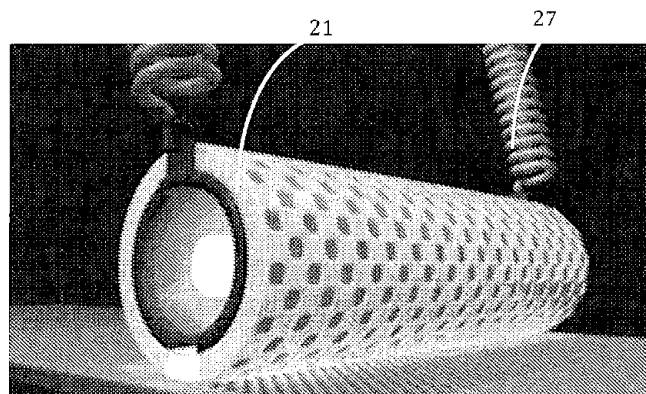
(54) 발명의 명칭 **근접장 리소그래피용 마스크 및 이의 제법**

(57) 요약

본 발명은 나노패턴화된 실린더형 포토마스크를 제조하는 방법을 개시한다.

크기가 약 1 나노미터~약 100 미크론 범위인 피처를 갖는 마스크 패턴은 마스크 기관 상에 형성될 수 있다. 엘라스토머 재료 층은 투명한 실린더 표면 상에 형성될 수 있다. 마스크 패턴은 마스크에서 투명한 실린더 표면 상의 엘라스토머 재료 층으로 전사될 수 있다. 대안적으로, 나노패턴화된 실린더형 포토마스크는 엘라스토머 기관 상에 나노미터 규모 피처를 갖는 패턴을 형성하고 패턴화된 엘라스토머 기관을 실린더 표면에 적층시킴으로써 제작될 수 있다. 또다른 방법에서, 엘라스토머 재료 층은 투명한 실린더 표면 상에 형성될 수 있고 나노미터 규모 피처를 갖는 패턴은 직접 패턴화 공정에 의해 엘라스토머 재료 상에 형성될 수 있다.

대표도 - 도2



명세서

청구범위

청구항 1

크기가 1 나노미터~100 마이크로미터 범위의 피쳐(feature)를 포함하는 마스터 패턴을 마스터 기판 상에 형성하는 단계;

투명한 실린더 표면 상에 엘라스토머 재료 층을 형성하는 단계;

마스터에서 실린더 표면 상의 엘라스토머 재료 층으로 마스터 패턴을 전사하는 단계를 포함하며,

여기서 엘라스토머 재료 층은 둘 이상의 층을 포함하며, 상기 둘 이상의 층은 두껍고 연질인 제1 층 및 얇고 경질인 제2 층을 포함하고, 제1 층이 실린더 표면과 제2 층 사이에 있도록 실린더 표면에 제1 층을 적층시키고, 패턴은 제2 층에 형성되는 것인,

나노패턴화된 실린더형 포토마스크를 형성하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 마스터 기판은 평판형 경질 기판인 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 마스터 기판은 가요성 재료로 제조되는 것인 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 마스터에서 실린더 표면 상의 엘라스토머 재료 층으로 마스터 패턴을 전사하는 단계는 "플레이트-대-실린더(plate-to-cylinder)" 나노임프린트 리소그래피, 표준 접촉 또는 근접장 배치의 광학 리소그래피, 결합 탈착 또는 데칼 전사 리소그래피, 마이크로-접촉 프린팅, 나노전사 프린팅, 및 주사 빔 간섭 리소그래피를 포함하는 것인 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 마스터에서 실린더 표면 상의 엘라스토머 재료 층으로 마스터 패턴을 전사하는 단계는 리소그래피 마스크로서 마스터를 사용하는 리소그래피 공정 동안 실린더를 연속적으로 회전시키는 것을 포함하는 것인 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 마스터에서 실린더 표면 상의 엘라스토머 재료 층으로 마스터 패턴을 전사하는 단계는 리소그래피 공정 사이의 다음 회전 단계에서 한번씩 실린더의 한 부분 상에 리소그래피를 실시하는 "스텝-앤드-로테이트(step-and-rotate)" 방식을 포함하는 것인 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 마스터에서 실린더 표면 상의 엘라스토머 재료 층으로 마스터 패턴을 전사하는 단계는 "플레이트-대-실린더" 배치의 나노임프린트 리소그래피 기술을 포함하는 것인 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 나노임프린트 리소그래피 기술은 실린더와 릴리프 프로파일을 갖는 나노구조화된 기판 마스터를 접촉시켜 릴리프 프로파일을 실린더 표면 상의 엘라스토머 재료에 임프린팅하는 것을 포함하는 것인 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 실린더 표면 상의 엘라스토머 재료의 임프린팅된 부분을 경화시키는 단계를 추가로 포함하는

방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 마스터에서 실린더 표면 상의 엘라스토머 재료 층으로 마스터 패턴을 전사하는 단계는 접촉 광학 리소그래피를 사용하는 것을 포함하는 것인 방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 마스터에서 실린더 표면 상의 엘라스토머 재료 층으로 마스터 패턴을 전사하는 단계는 결합-탈착 리소그래피 기술을 사용하는 것을 포함하는 것인 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 결합-탈착 리소그래피 기술은 침착되거나 성장한 산화물 층을 위에 갖는 기관 상에 금속 층으로 형성되는 마스터 패턴을 형성하고, 플라즈마, UV, 오존, 또는 코로나 방전에 노출시킴으로써 엘라스토머 및 산화물 층을 활성화시키고, 산화물 층의 금속 코팅된 부위는 결합되지 않지만 활성화된 산화물 층 및 활성화된 엘라스토머의 노출 부위는 함께 결합하도록 이를 접촉시키고, 실린더를 회전시켜 실린더로부터 엘라스토머의 결합된 부위를 당기도록 하는 것을 포함하는 것인 방법.

청구항 13

제1항에 있어서, 패턴은 크기가 10 나노미터~1 마이크로 범위인 피처를 포함하는 것인 방법.

청구항 14

제1항에 있어서, 패턴은 크기가 50 나노미터~500 나노미터 범위인 피처를 포함하는 것인 방법.

청구항 15

크기가 1 나노미터~100 마이크로 범위인 피처를 포함하는 패턴을 엘라스토머 기관 상에 형성하는 단계로서, 여기서 엘라스토머 기관은 둘 이상의 층을 포함하며, 상기 둘 이상의 층은 두껍고 연질인 제1 층 및 얇고 경질인 제2 층을 포함하고, 제1 층이 실린더 표면과 제2 층 사이에 있도록 실린더 표면에 제1 층을 적층시키고, 패턴은 제2 층에 형성되는 단계;

패턴화된 엘라스토머 기관을 실린더 표면에 적층시키는 단계를 포함하는, 나노패턴화된 실린더형 포토마스크를 형성하는 방법으로서,

상기 패턴을 엘라스토머 기관 상에 형성하는 단계는 엘라스토머 기관 상에 형성시키고자 하는 패턴의 부분과 상응한 패턴을 갖는 소형 마스터를 형성하고, 소형 마스터 상의 패턴을 하나 이상의 서브마스터 상에 전사하고, 몰드로서 서브마스터를 사용하여 엘라스토머 기관 상에 패턴을 임프린팅하는 것을 포함하는 것인 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 나노패턴화된 엘라스토머는 기관이 실린더에 결합할 때 기관의 말단에서 그 자체가 약간 증첩 되도록 실린더의 둘레보다 약간 더 길게 제조되는 것인 방법.

청구항 17

제15항에 있어서, 패턴을 가진 실린더 상의 엘라스토머 기관의 말단 사이의 이음매를 충전하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 18

제15항에 있어서, 엘라스토머 기관은 얇은 금속성 코팅으로 코팅되고 나노구조 패턴은 금속성 코팅에 형성되고, 여기서 엘라스토머는 금속성 코팅에 형성된 나노구조 패턴과 실린더 사이에 엘라스토머가 있도록 실린더에 결합되며, 포토마스크는 플라스몬 마스크인 것인 방법.

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

제15항에 있어서, 서브마스터(들)를 패턴화하는 단계는 스탬프-앤드-스텝(stamp-and-step) 방법에 의해 실시되는 것인 방법.

청구항 23

제15항에 있어서, 서브마스터의 크기는 패턴의 작은 중첩이 엘라스토머 기관 상에 연속적인 간극 불포함 패턴을 제공하도록 필드 사이의 스탬프보다 약간 더 크게 선택되는 것인 방법.

청구항 24

크기가 1 나노미터~100 마이크로미터 범위인 피처를 포함하는 패턴을 엘라스토머 기관 상에 형성하는 단계로서, 여기서 엘라스토머 기관은 둘 이상의 층을 포함하며, 상기 둘 이상의 층은 두껍고 연질인 제1 층 및 얇고 경질인 제2 층을 포함하고, 제1 층이 실린더 표면과 제2 층 사이에 있도록 실린더 표면에 제1 층을 적층시키고, 패턴은 제2 층에 형성되는 단계;

패턴화된 엘라스토머 기관을 실린더 표면에 적층시키는 단계를 포함하는, 나노패턴화된 실린더형 포토마스크를 형성하는 방법으로서,

상기 패턴을 엘라스토머 기관 상에 형성하는 단계는 간접 리소그래피를 사용하여 엘라스토머 시트를 패턴화하고 엘라스토머 기관을 형성하는 데 사용되는 재료의 2차 레플리카(replica)를 생성하는 것을 포함하는 것인 방법.

청구항 25

제15항에 있어서, 패턴은 크기가 10 나노미터~1 마이크로미터 범위인 피처를 포함하는 것인 방법.

청구항 26

제15항에 있어서, 패턴은 크기가 50 나노미터~500 나노미터 범위인 피처를 포함하는 것인 방법.

청구항 27

투명한 실린더 표면 상에 엘라스토머 재료 층을 형성하는 단계로서, 여기서 엘라스토머 재료 층은 둘 이상의 층을 포함하는 것인 단계;

직접 패턴화 공정에 의해 투명한 실린더 표면 상의 엘라스토머 재료 상에 크기가 1 나노미터~100 마이크로미터 범위인 피처를 포함하는 패턴을 형성하는 단계를 포함하는, 나노패턴화된 실린더형 포토마스크를 형성하는 방법으로서,

여기서 둘 이상의 층은 두껍고 연질인 제1 층 및 얇고 경질인 제2 층을 포함하고, 제1 층이 실린더 표면과 제2 층 사이에 있도록 실린더 표면에 제1 층을 적층시키고, 패턴은 제2 층에 형성되며,

상기 직접 패턴화 공정에 의해 투명한 실린더 표면 상의 엘라스토머 재료 상에 패턴을 형성하는 단계는 평판형 기관을 패턴화하여 목적하는 나노구조화된 표면 릴리프 패턴을 생성시키고, 투명한 실린더를 UV-경화가능한 액체 중합체 전구체 재료로 코팅하고, 액체 중합체 전구체 재료가 표면 릴리프 패턴으로 유동되도록 UV-경화가능한 액체 중합체 재료와 나노구조화된 표면 릴리프 패턴을 접촉시키고, 투명한 실린더 표면과 UV-경화가능한 액체 중합체 전구체 재료 사이의 접촉 영역을 UV 광에 노출시켜 투명한 실린더 표면 상의 UV-경화가능한 액체 중합체 전구체 재료 부위를 경화시키고, 기관을 병진(translating)시켜 실린더와 기관 사이의 마찰력으로 인해 투명한 실린더가 회전하도록 하는 것을 포함하는 것인 방법.

청구항 28

제27항에 있어서, 엘라스토머 재료 상에 패턴을 형성하는 단계는 투명한 실린더의 외표면 상에 액체 중합체 전구체를 침착시키고, 평판형 마스터 (또는 서브마스터)에서 중합체 전구체로 패턴을 전사하고, 중합체 전구체를 경화시켜 고정된 패턴을 갖는 중합체 필름을 형성하는 것을 포함하는 것인 방법.

청구항 29

제28항에 있어서, 패턴을 전사하는 단계는 마스터에 의해 패턴을 나노임프린팅하는 것을 포함하는 것인 방법.

청구항 30

제29항에 있어서, 나노임프린팅을 하기 전에 중합체 전구체를 부분적으로 경화시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 31

제27항에 있어서, 엘라스토머 재료 층은 얇은 금속성 코팅으로 코팅되고 나노구조 패턴은 금속성 코팅에 형성되고, 여기서 엘라스토머는 금속성 코팅에 형성된 나노구조 패턴과 투명한 실린더 사이에 있으며, 포토마스크는 플라스몬 마스크인 것인 방법.

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

투명한 실린더 표면 상에 엘라스토머 재료 층을 형성하는 단계로서, 여기서 엘라스토머 재료 층은 둘 이상의 층을 포함하는 것인 단계;

직접 패턴화 공정에 의해 투명한 실린더 표면 상의 엘라스토머 재료 상에 크기가 1 나노미터~100 마이크로미터 범위의 피처를 포함하는 패턴을 형성하는 단계를 포함하는, 나노패턴화된 실린더형 포토마스크를 형성하는 방법으로서,

여기서 둘 이상의 층은 두껍고 연질인 제1 층 및 얇고 경질인 제2 층을 포함하고, 제1 층이 실린더 표면과 제2 층 사이에 있도록 실린더 표면에 제1 층을 적층시키고, 패턴은 제2 층에 형성되며,

상기 직접 패턴화 공정에 의해 투명한 실린더 표면 상의 엘라스토머 재료 상에 패턴을 형성하는 단계는 실린더 상에 코팅되는 포토레지스트에 간섭 리소그래피를 수행하고, 레지스트를 현상하고, 현상된 레지스트의 패턴의 개구부를 통해 실린더 상에 재료를 도금하고, 레지스트를 제거하고, 마스터 실린더 표면 상의 도금 재료에 패턴을 남기고, 이로써 나노구조화된 마스터 실린더를 형성하며, 투명한 실린더 상의 액체 중합체에 대해 "실린더-대-실린더(cylinder-to-cylinder)" 나노임프린트 패턴 전사를 위해 나노구조화된 마스터 실린더를 사용하는 것을 포함하는 것인 방법.

청구항 35

제27항에 있어서, 직접 패턴화 공정에 의해 투명한 실린더 표면 상의 엘라스토머 재료 상에 패턴을 형성하는 단계는 투명한 실린더 표면 상의 엘라스토머 재료에 레이저 박리를 수행하는 것을 포함하는 것인 방법.

청구항 36

제35항에 있어서, 레이저 박리를 수행하는 단계는 2-광자 또는 3-광자 에칭의 사용을 포함하는 것인 방법.

청구항 37

투명한 실린더 표면 상에 엘라스토머 재료 층을 형성하는 단계로서, 여기서 엘라스토머 재료 층은 둘 이상의 층

을 포함하는 것인 단계;

직접 패터닝 공정에 의해 투명한 실린더 표면 상의 엘라스토머 재료 상에 크기가 1 나노미터~100 마이크로 범위인 피처를 포함하는 패턴을 형성하는 단계를 포함하는, 나노패터닝된 실린더형 포토마스크를 형성하는 방법으로서,

여기서 둘 이상의 층은 두껍고 연결된 제1 층 및 얇고 경질인 제2 층을 포함하고, 제1 층이 실린더 표면과 제2 층 사이에 있도록 실린더 표면에 제1 층을 적층시키고, 패턴은 제2 층에 형성되며,

상기 직접 패터닝 공정에 의해 투명한 실린더 표면 상의 엘라스토머 재료 상에 패턴을 형성하는 단계는 마스터 실린더를 나노구조화된 알루미늄으로 코팅하고 "실린더-대-실린더" 나노임프린트 리소그래피를 사용하여 나노구조화된 알루미늄의 나노패턴을 투명한 실린더 표면 상의 엘라스토머 재료에 전사하는 것을 포함하는 것 방법.

청구항 38

삭제

청구항 39

제27항에 있어서, 패턴은 크기가 10 나노미터~1 마이크로 범위인 피처를 포함하는 것인 방법.

청구항 40

제27항에 있어서, 패턴은 크기가 50 나노미터~500 나노미터 범위인 피처를 포함하는 것인 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 우선권 주장

[0002] 본 출원은 "근접장 리소그래피용 마스크 및 이의 제법"을 명칭으로 하는 보리스 코브린에 의한 미국 가특허 출원 번호 제61/402,085호(2010년 8월 23일 출원)를 우선권으로 주장하며, 이의 전문은 본원에 참고 인용된다.

[0003] 발명의 분야

[0004] 본 발명의 구체예는 근접장 광학 리소그래피 마스크를 제조하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0005] 이 부분은 본 발명의 개시된 구체예와 관련된 배경 청구 대상을 기술한다. 명시적이든 또는 암시적이든, 이 부분에서 논의된 배경 기술이 선행 기술을 법적으로 구성하고자 하는 의도는 없다.

[0006] 나노구조화는 많은 현재의 적용분야 및 산업 그리고 새로운 기술 및 미래의 첨단 제품에 필요하다. 비제한적인 예로서, 예를 들면 태양 전지 및 LED와 같은 분야 및 차세대 데이터 저장 장치에서의 현재의 적용분야를 위해 효율 개선을 성취할 수 있다.

[0007] 나노구조화된 기관은 예를 들면 e-빔 직시 기록, 원자외선 리소그래피, 나노스피어 리소그래피, 나노임프린트 리소그래피, 근접장 위상 반전 리소그래피 및 플라즈마 리소그래피와 같은 기술을 이용하여 제작할 수 있다.

[0008] 초기에 저자는 특허 출원 W02009094009 및 US20090297989에 기술된 근접장 광학 리소그래피를 기초로 한 넓은 면적의 경질 및 가요성 기관 재료를 나노패터닝하는 방법을 제안하였고, 여기서 회전가능한 마스크가 방사선 감응성 재료를 이미지화하는 데 사용된다. 통상, 회전가능한 마스크는 원통형 또는 원뿔형을 포함한다. 나노패터닝 기술은 기관을 패터닝하는 데 사용되는 마스크가 기관과 접촉하는 근접장 포토리소그래피를 사용한다. 근접장 포토리소그래피는 엘라스토머 위상 반전 마스크를 사용할 수 있거나, 또는 표면 플라즈마 기술을 사용할 수 있고, 여기서 회전 실린더 표면은 금속 나노홀 또는 나노입자를 포함한다. 하나의 실시예 있어서, 이러한 마스크는 근접장 위상 반전 마스크이다. 근접장 위상 반전 리소그래피는 마스크가 포토레지스트와 등각 접촉하는 동안 엘라스토머 위상 마스크를 통과하는 자외선(UV) 광에 포토레지스트 층을 노출시키는 것을 포함한다. 엘라스토머 위상 마스크를 포토레지스트의 얇은 층과 접촉시키는 것은 포토레지스트가 마스크의 접촉 표면의 표면을 "습윤"시키게 한다. 포토레지스트와 접촉하면서 마스크를 통해 UV 광을 통과시키는 것은 포토레지스트를 마스크

크의 표면에서 현상되는 광 강도(intensity)의 분포로 노출시킨다. 위상 마스크는 π 라디안에 의해 투과 광의 위상을 조절하도록 설계된 릴리프(relief) 깊이에 의해 형성된다. 위상 조절의 결과로서, 강도의 국소적인 높(null)은 마스크 상에 형성된 릴리프 패턴의 스텝 엣지에서 나타난다. 포지티브 포토레지스트가 사용되는 경우, 이러한 마스크를 통한 노출, 그 후의 현상은 강도의 높의 특징적 폭과 동일한 폭을 갖는 포토레지스트의 라인을 생성시킨다. 종래의 포토레지스트와 조합된 365 nm(근자외선) 광의 경우, 강도의 높의 폭은 대략 100 nm이다. PDMS 마스크는 포토레지스트 층과 등각의 원자 규모 접촉을 형성하는 데 사용될 수 있다. 이러한 접촉은 인가된 압력없이 접촉시 자발적으로 확립된다. 일반화된 접착력은 이러한 공정을 안내하고 포토레지스트 표면에 일반적인 방향으로의 위치와 각도로 마스크를 정렬시켜 완벽한 접촉을 확립하는 간단하고 편리한 방법을 제공한다. 포토레지스트와 관련하여 물리적인 간극은 없다. PDMS는 300 nm 초과와 과장을 갖는 UV 광에 투과성이 있다. 포토레지스트 층과 등각 접촉하면서 PDMS를 통해 수은 램프(여기서, 주요 스펙트럼 라인인 355~365 nm에 있음)로부터의 광을 통과시키는 것은 포토레지스트를 마스크에서 형성한 강도 분포로 노출시킨다.

[0009] 마스크의 또다른 실시는 금속 층 또는 필름을 회전가능한 마스크의 외표면 상에 적층 또는 침착시키는 표면 플라즈몬 기술을 포함할 수 있다. 금속 층 또는 필름은 특정한 일련의 쓰루(through) 나노홀을 갖는다. 표면 플라즈몬 기술의 또다른 구체예에서, 금속 나노입자 층은 투명한 회전가능한 마스크의 외표면 상에 침착되어 향상된 나노패턴화에 의해 표면 플라즈몬을 실현한다.

[0010] 상기 언급된 적용예는 (e-빔, 원자외선, 간섭 및 나노임프린트 리소그래피와 같은 공지된 나노리소그래피 기술 중 하나를 사용하여 제작된) 마스터로부터 상기 마스크를 제조한 후, 중합체 재료를 성형하여 중합체를 경화시켜 레플리카(replica) 필름을 형성함으로써 상기 마스터로부터 레플리카를 생성시키고, 최종적으로 실린더 표면 상에 레플리카 필름을 적층시키는 방법을 제안한다. 유감스럽게도, 이러한 방법은 불가피하게 중합체 필름 조각 사이에 일부의 "마크로" 스티칭 라인을 생성시킨다(비록 마스터가 매우 거대하여 전체 실린더 표면을 덮는데 단 하나의 중합체 필름 조각만이 요구된다 하더라도 여전히 하나의 스티칭 라인이 불가피하다).

[0011] 본 특허 출원은 "롤링 마스크" 리소그래피 장치용 마스크를 제작하는 일부 신규한 방법을 제안한다.

발명의 내용

[0012] 본 발명의 구체예는 바디 내부 또는 외부에 위치한 광원이 구비된 광학적으로 투명한 실린더 및 필름의 외표면 상에 나노구조를 갖는 실린더의 외표면 상에 적층되거나, 침착되거나 또는 그렇지않은 경우 형성된 투명한 엘라스토머 필름을 갖는 근접장 광학 리소그래피 마스크를 제조하는 문제를 해결한다. 마스크는 피쳐(feature) 크기가 약 1 나노미터~약 100 마이크로, 바람직하게는 약 10 나노미터~약 1 마이크로, 더욱 바람직하게는 약 50 나노미터~약 500 나노미터 범위인 패턴을 가질 수 있다. 마스크는 크기가 약 1 나노미터~약 1000 나노미터, 바람직하게는 약 10 나노미터~약 500 나노미터, 더욱 바람직하게는 약 50 나노미터~약 200 나노미터 범위인 피쳐를 인쇄하는 데 사용될 수 있다.

[0013] 본 발명의 구체예는 "롤링 마스크" 리소그래피를 위한 근접장 광학 리소그래피 마스크의 제작에 유용한 방법에 관한 것이다. 실린더형 마스크는 위상 반전 리소그래피 또는 플라즈몬 프린팅을 위한 마스크를 얻는 데 바람직한 피쳐로 패턴화된 중합체로 코팅된다. 중합체(예, 엘라스토머)는 실린더 표면 상에 배치되기 이전에 또는 이후에 패턴화될 수 있다.

[0014] 실린더 표면으로의 이미지 전사를 위한 마스터는 공지된 마이크로리소그래피 또는 나노리소그래피 방법(예, 나노임프린트 리소그래피, 에너지 빔, UV 포토리소그래피, 간섭 리소그래피, 자가 조립, 나노기공 재료 또는 천연 나노구조화된 표면)을 사용하여 생성된다.

[0015] 마스터는 바람직한 나노미터 규모 피쳐를 갖는 편평한 경질 플레이트 또는 가요성 필름일 수 있다.

[0016] 실린더형 표면 상에 중합체 층을 패턴화시키기 위해 하기 방법이 제안된다: "플레이트-대-실린더(plate-to-cylinder)" 나노임프린트 리소그래피, 표준 접촉 또는 근접장 배치의 광학 리소그래피, 결합 탈착 또는 데칼 전사 리소그래피, 마이크로-접촉 프린팅, 나노전사 프린팅 및 주사 빔 간섭 리소그래피.

[0017] 모든 제안된 방법은 리소그래피 공정 동안 실린더가 연속적으로 회전하는 연속 방식으로 실시될 수 있다. 대안적으로, 모든 제안된 방법은 공정들 사이의 다음 회전 단계에서 한번씩 실린더의 한 부분 상에 리소그래피를 실시하는 "스텝-앤드-로테이트(step-and-rotate)" 방식으로 실시될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018]

- 도 1은 "롤링 마스크" 근접장 나노리소그래피를 예시하는 개략도이다.
- 도 2는 롤링 마스크 근접장 광학 리소그래피를 위한 광기계식 시스템을 예시하는 개략도이다.
- 도 3은 본 발명의 구체예에 따른 실린더 표면 상에 형성된 중합체 층을 패터닝하는 "플레이트-대-실린더" 배치의 나노임프린트 리소그래피 기술의 용도를 예시하는 개략도이다.
- 도 4는 본 발명의 구체예에 따른 실린더 표면 상에 형성된 중합체 층을 패터닝하는 접촉 광학 리소그래피 기술의 용도를 예시하는 개략도이다.
- 도 5는 본 발명의 구체예에 따른 실린더 표면 상에 형성된 중합체 층을 패터닝하는 결합-탈착 리소그래피 기술의 용도를 예시하는 개략도이다.
- 도 6은 본 발명의 구체예에 따른 실린더 표면 상에 형성된 중합체 층을 패터닝하는 데칼 전사 리소그래피 기술의 용도를 예시하는 개략도이다.
- 도 7은 본 발명의 구체예에 따른 실린더 표면 상에 형성된 중합체 층을 패터닝하는 플라스몬 근접장 마스크 패턴의 제작을 예시하는 개략도이다.
- 도 8은 본 발명의 구체예에 따른 실린더 표면 상에 형성된 중합체 층 상에 플라스몬 근접장 마스크 패턴을 제작하기 위한 대안 기술을 예시하는 개략도의 순서이다.
- 도 9는 본 발명의 구체예에 따른 실린더 표면으로 금속 패턴을 전사하는 마이크로-접촉 프린팅 기술의 용도를 예시하는 개략도의 순서이다.
- 도 10는 본 발명의 구체예에 따른 실린더 표면 상에 형성된 엘라스토머 층 상에 금속 나노패턴을 생성하는 나노전사 프린팅의 용도를 예시하는 개략도이다.
- 도 11은 본 발명의 구체예에 따른 실린더 표면 상에 형성된 엘라스토머 층 상에 나노패턴을 생성하는 "스텝-앤드-로테이트" 방식의 용도를 예시하는 개략도이다.
- 도 12는 본 발명의 구체예에 따른 실린더 표면 상에 형성된 엘라스토머 층 상에 나노패턴을 생성하는 가요성 마스터의 용도를 예시하는 개략도이다.
- 도 13은 본 발명의 구체예에 따른 실린더 표면 상에 형성된 엘라스토머 층 상에 나노패턴을 생성하는 간접 리소그래피의 용도를 예시하는 개략도이다.
- 도 14는 나노패터닝된 중합체 층을 제작한 후 상기 중합체 층을 본 발명의 구체예에 따른 실린더에 결합시키는 것을 예시하는 개략도의 순서이다.
- 도 15는 중합체 층 상에 나노패터닝된 금속 층을 제작한 후 상기 중합체 층을 본 발명의 구체예에 따른 실린더에 결합시키는 것을 예시하는 개략도의 순서이다.
- 도 16은 실린더 상의 중합체 층에 편평한 마스크로부터 나노패턴을 전사하는 나노패터닝된 실린더 마스크의 제작을 예시하는 개략도의 순서이다.
- 도 17은 본 발명의 구체예에 따른 중합체의 이중 층을 가진 나노패터닝된 실린더 마스크의 제작을 예시하는 개략도의 순서이다.
- 도 18은 본 발명의 또다른 구체예에 따른 중합체의 이중 층을 가진 나노패터닝된 실린더 마스크의 제작을 예시하는 개략도의 순서이다.
- 도 19는 직접 "실린더-대-실린더(cylinder-to-cylinder)" 나노임프린트 패턴 전사를 사용하는 나노패터닝된 실린더 마스크의 제작을 예시하는 개략도의 순서이다.
- 도 20은 투명한 실린더의 표면 상에 중합체 전구체의 직접 나노임프린팅을 사용하여 나노패터닝된 실린더 마스크의 제작을 예시하는 개략도의 순서이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019]

상세한 설명에 대한 서문으로서, 본 명세서 및 특허청구범위에서 사용될 때, 명확히 달리 언급되지 않은 한, 단수 형태는 복수 형태를 포함한다는 것에 주목해야 한다.

- [0020] 하기 상세한 설명에서, 본원의 일부를 형성하는 첨부 도면을 참조하고, 본 바람을 실시할 수 있는 특정 구체예를 예시로서 제시한다. 이와 관련하여, 방향적 용어, 예컨대 "정상부", "바닥부", "전면", "후면", "선도하는", "뒤쫓는", "위에", "아래에" 등이 도면(들)에 기술된 배향을 참조하여 사용된다. 본 발명의 구체예의 성분이 다수의 상이한 배향으로 배치될 수 있기 때문에, 방향적 용어는 예시의 목적으로만 사용되고 결코 한정되지 않는다. 당업자라면 다른 구체예가 사용될 수 있고 본 발명의 범위를 벗어나는 일 없이 구조적 또는 국소적 변화가 일어날 수 있다는 것을 이해할 것이다. 따라서, 하기 상세한 설명은 한정된 의미로 취해서는 안되며, 본 발명의 범위는 특허청구범위에 의해 규정된다.
- [0021] 저자는 앞서 본원에 참고 인용된 국제 특허 출원 공개 번호 W02009094009에서 "롤링 마스크" 근접장 나노리소그래피 시스템을 기술한 바 있다. 도 1에는 구체예 중 하나가 도시된다. "롤링 마스크"는 광원(12)을 함유한 증공 실린더(11) 형상의 유리 (석영) 프레임으로 이루어진다. 실린더(11)의 외표면 상에 적층된 엘라스토머 필름(13)은 목적하는 패턴에 따라 제작된 나노패턴(14)을 갖는다. 롤링 마스크는 감광성 재료(16)로 코팅된 기관(15)과 접촉시킨다.
- [0022] 나노패턴(14)은 위상 반전 노출을 실시하도록 설계될 수 있고, 이러한 경우 나노그루브, 포스트 또는 컬럼 어레이로서 제작되거나, 또는 임의 형상의 피처를 함유할 수 있다. 대안적으로, 나노패턴은 플라스몬 프티어링을 위한 나노금속성 아일랜드의 어레이 또는 패턴으로서 제작될 수 있다. 롤링 마스크 상의 나노패턴은 크기가 약 1 나노미터~약 100 마이크로미터, 바람직하게는 약 10 나노미터~약 1 마이크로미터, 더욱 바람직하게는 약 50 나노미터~약 500 나노미터 범위인 피처를 가질 수 있다. 롤링 마스크는 크기가 약 1 나노미터~약 1000 나노미터, 바람직하게는 약 10 나노미터~약 500 나노미터, 더욱 바람직하게는 약 50 나노미터~약 200 나노미터 범위인 피처를 인쇄하는 데 사용될 수 있다.
- [0023] 도 2에는 스프링(27) 상에 실린더(21)가 매달린 롤링 마스크 근접장 광학 리소그래피를 위한 광기계식 시스템의 전반적인 도면이 도시된다.
- [0024] 도 3에는 실린더 표면 상에 침착된 중합체 층을 패턴화하는 데 "플레이트-대-실린더" 배치의 나노임프린트 리소그래피 기술이 사용될 수 있는 본 발명의 제1 구체예가 도시된다. 증공 투명 실린더(31)는 딥핑, 스프레이, 롤러-코팅, 나이프-엣지 코팅 또는 기타 방법을 사용하여 중합체 재료(32)에 의해 코팅된다. 이후 실린더(31)를 릴리프 프로파일(34)을 갖는 나노구조화된 기관 마스터(33)와 접촉시키고 릴리프 프로파일(34)을 중합체 재료(32)에 임프린팅한다. 실린더 표면의 임프린팅된 부분은 열적으로 경화시키거나 또는 (따라서 열적으로 경화 가능한 또는 UV-경화 가능한 중합체를 위해) UV 광을 사용한다. 공정은 마스터의 표면 상의 실린더를 회전시키거나 또는 임프린팅 공정 동안 회전 가능한 실린더와 접촉하는 마스터를 움직임으로써 연속 방식으로 실시될 수 있다. 마스터(33)와 접촉하는 실린더(31) 부위의 임프린팅된 스트립의 열적 경화는 개구부(36)를 통해 고온의 가스를 분출하는 열선총(heat gun)과 같은 열원(35)을 사용하여 실시될 수 있다. 대안적으로, IR 램프가 열원(35)으로서 사용될 수 있다. 개구부(36)는 가열되는 실린더(31) 부위를 단리시키도록 구성될 수 있다. 열원(35)은 마스터(33)가 투명한 재료로 제조되는 경우 마스터의 다른 면으로부터 실린더(31)의 내부에 또는 실린더의 외부에 배치될 수 있다. 개구부(36)는 가열 구역에 더 나은 열적 단리를 제공하도록 냉각 수단을 포함할 수 있다. UV 경화는 UV 램프 또는 UV LED를 사용하여 실시될 수 있다. 마찬가지로, 개구부 또는 광학 시스템은 단지 임프린팅 영역 상에서 광의 초점을 맞추는 데 사용될 수 있다. 대안적으로, 마스터(33)가 가열될 수 있으므로, 마스터와 접촉한 중합체는 동력학적으로 경화될 수 있다. 냉각 쉴드는 마스터(33)와 접촉하지 않는 실린더 영역을 열적으로 단리시키도록 실시될 수 있다.
- [0025] 중합체(32)로서 사용될 수 있는 열적으로 경화된 중합체의 예로는 폴리디메틸실록산(PDMS)과 같은 엘라스토머가 있다, UV-경화 가능한 중합체의 예로는 에폭시실리콘 재료 또는 폴리디메틸실록산-우레탄 아크릴레이트일 수 있다. 실린더(31)는 실린더(31) 표면이 완전하게 패턴화되지 않을 때까지 이러한 역학적 임프린팅 공정 동안 마스터(33)의 병진(translation)과 동시에 회전된다. 실린더 회전은 패턴의 중첩을 최소화하거나 방지하기 위해 정밀 앵글러 인코더를 사용하여 정확하게 제어될 수 있다.
- [0026] 도 4에는 투명 및 불투명 피처를 가진 포토마스크, 또는 표면 릴리프를 가진 위상 반전 마스크, 또는 플라스몬 마스크, 또는 마스크의 2종류의 또는 3종류 모두의 조합일 수 있는 광학 마스크(41)를 사용하여 패턴을 생성하는 데 접촉 광학 리소그래피가 사용되는 또다른 구체예가 도시된다. 광은 접촉 영역 상의 광학 시스템(44)을 통해 광원(43)으로부터 작용된다. 회전 속도는 감광성 중합체(45)의 바람직한 노출을 제공하도록 설계된다. 노출 공정 후에는 (중합체가 포지티브 톤인 경우) 노출 영역 및 (네가티브 톤 중합체의 경우) 미노출 영역을 용해시키는 중합체 현상을 수행한다.

- [0027] 도 5에는 실린더(51) 상에 침착된 중합체(52)를 패터닝하는 데 소위 결합-탈착 리소그래피를 사용하는 또다른 구체예가 도시된다. 중합체 층(52)은, 예를 들어 엘라스토머 재료, 구체적으로는 폴리디메틸실록산(PDMS)으로 제조된다. 중합체(52) (또는 이의 전구체)는 실린더(51) 상에 침착된다. 유리 또는 다른 적당한 재료로 제조된 기관(53)은 그 위에 침착되거나 성장한 산화물 층을 갖는다. 일 구체예에서, 패턴(54)은 유리/산화물 상에 침착된 금 층으로 제조된다. 다른 구체예에서, 패턴(54)은 테플론 또는 파릴렌 층으로 제조될 수 있다. 기관(53) 상의 양 표면, 중합체(52) 및 산화물의 노출된 부분(54)은 산소 또는 공기 플라즈마, 또는 UV 오존, 또는 코로나 방전(55)에 노출됨으로써 활성화된다. 이후 활성화된 중합체(52)와 활성화된 산화물(54) 사이가 접촉되는 경우 이들은 강한 Si-O-Si 결합으로 함께 결합된다. 이러한 결합의 강도는 열선층 또는 IR 램프와 같은 열원(56)을 사용하여 개구부 또는 슬롯(57)를 통해 접촉 영역에만 국소적 가열을 제공하는 신속한 온도 경화에 의해 향상될 수 있다. 대안적으로, 기관(53)은 접촉시 PDMS-산화물 결합의 신속한 경화를 촉진하기 위해 가열될 수 있다. 특정 활성화된 중합체(예, PDMS)는 금 표면과의 결합을 형성할 수 없다. 일단 실린더가 회전하면, 기관 상의 산화물은 실린더(51)로부터 결합된 중합체(52) 부분을 당기고, 이는 산화물 표면 상의 금 패턴을 보완하여 실린더(51)의 표면 상에 패턴을 형성한다.
- [0028] 구체예에서, 데칼 전사 리소그래피는 실린더를 패터닝하는 데 사용될 수 있다. 이러한 구체예에서, 마스터는 기관 상에 침착되고 목적하는 피쳐로 패터닝된 얇은 엘라스토머 층(예, PDMS)으로 제조될 수 있다. 도 6에는 실린더(62) 상에 양 표면, 패터닝된 엘라스토머 마스터(64) 및 비패터닝된 엘라스토머가 활성화된, 예컨대 UV, 오존, 산소 또는 공기 플라즈마, 또는 코로나 방전에 노출됨으로써 활성화되고 실린더(62)의 회전 동안 접촉되는 방법이 도시된다. 결과적으로 마스터 상의 엘라스토머 피쳐는 실린더(62) 상의 엘라스토머 층에 결합될 것이고 실린더 회전시 마스터에서 실린더의 표면 상으로 전사될 것이다.
- [0029] 또다른 더욱 바람직한 구체예에서, 엘라스토머 마스터가 재사용될 수 있다. 이러한 경우, 유리 또는 Si로 제조된 경질 마스터, 또는 다른 경질 재료는 목적하는 피쳐로 패터닝되고, 이후 특정 두께를 갖는 얇은 엘라스토머(예, PDMS) 층은 이 표면 릴리프의 정상부 상에 침착된다. 위상 마스크의 경우, 엘라스토머 층은 바람직하게는 위상 마스크 표면 릴리프의 목적하는 두께와 동일하거나 근접한 두께를 갖는다. 마스크와 사용되는 광 파장 및 마스크 재료의 굴절률에 따라 이상적인 두께는 100 nm~500 nm 범위 내에 있을 수 있다. 비제한적인 예로서, 365 nm 광원의 경우 그리고 Sylgard 184 PDMS 조성물로서 구입 가능한 PDMS의 경우 이상적인 두께는 약 400 nm이다. UV 오존, 산소 또는 공기 플라즈마, 또는 코로나 방전에 의한 활성화시, 그리고 실린더 표면 상의 PDMS 층과의 접촉시, 마스터 프로파일에 의해 규정된 PDMS 피쳐는 실린더 표면으로 전사될 것이다. 이후 마스터는 잔여 PDMS 재료로부터 벗겨내어 다음 공정을 위해 다시 재코팅될 수 있다.
- [0030] 다음의 일부 구체예는 플라즈마 근접장 마스크 제작 방법을 기술한다.
- [0031] 도 7에 도시된 바와 같이, 제1 구체예에서 플라즈마 근접장 마스크는 위상 반전 마스크 제작을 위해 상기 기술된 바와 유사한 방법 중 하나를 사용하여 제작된다. 근접장 마스크는 실린더(72) 상의 나노패터닝된 엘라스토머 층(71)을 포함한다. 플라즈마 효과는 패터닝시키고자 하는 기관(75) 상의 포토레지스트 표면(74) 상에 침착된 금속의 얇은 필름(73)을 사용함으로써 실현될 수 있다. 공급원(76)으로부터 UV 광이 나노패터닝된 엘라스토머 층(71)을 통과하는 경우 국소화된 표면 플라즈마는 금속 필름(73)의 표면 상에서 입사 광자와 자유 전자 사이의 상호작용으로 인해 여기된다. 플라즈마의 여기는 나노패턴의 가장자리 주변에 대량의 에너지를 축적시키게 된다. 엘라스토머 마스크 패턴 가장자리는 포토레지스트에서 광학계의 조절을 제공하고, 이는 기관(75)에 상응한 패턴을 형성시키는 데 사용된다.
- [0032] 대안적으로, 얇은 금속 층이 우선 실린더 표면 상에 직접 침착될 수 있고, 이후 얇은(예, 100 nm 미만) 엘라스토머 층은 금속 층의 정상부 상에 침착되고 본 발명에 기술된 방법 중 임의의 것에 따라 패터닝될 수 있다. 생성된 마스크는 엘라스토머 마스크 패턴 가장자리가 패턴을 생성하는 데 사용되는 포토레지스트에서 광학계의 조절을 제공하는 플라즈마 마스크로서 작용할 수 있다.
- [0033] 도 8에 도시된 또다른 구체예에서, 플라즈마 마스크 제작은 a) 상기 기술된 방법 중 하나(예, 나노임프린트 또는 광학 리소그래피)에 따른 실린더(82) 상에 포토레지스트(81)의 침착 및 패터닝으로 출발한다. 이후, b) 금속 층은 포토레지스트 패턴의 정상부 상에 침착되고, 이후 c) 실린더(82)의 표면 상에 금속 패턴(84)을 남기는 리프트-오프(포토레지스트 용해) 공정을 실시한다. 마지막으로, d) 얇은 엘라스토머(예, PDMS) 층(85)은 금속 패턴(84)의 정상부 상에 침착된다. 생성된 마스크는 플라즈마 근접장 마스크로서 작용할 수 있다.
- [0034] 또다른 구체예는 금속 패턴을 실린더 표면으로 전사하는 마이크로-접촉 프린팅 기술을 사용한다. 도 9 a)에는 실린더(91)가 우선 얇은 금속 층(92)(예, 금 층)으로 코팅되고, 이후 그 위에 침착된 자가-조립된 단층

(SAM)(94)을 갖는 패턴화된 기관(마스터)(93)과 접촉되는 계획이 도시된다. 마스터(93)는 마스터(93)의 표면과 실린더(91) 사이의 친밀한 접촉을 보장하는 연결 재료로 제조되는 것이 바람직하며, 따라서 이러한 목적에는 엘라스토머(예, PDMS)가 사용될 수 있다. SAM(94)은 금속 층(92)에서 금속 원자에 특정한 친화력을 갖도록 선택될 수 있다(금의 경우, SAM은 티올 기에 노출될 수 있음). 실린더(91)와 마스터(93) 사이의 접촉시 SAM 분자는 금속 표면(92)에 결합할 것이고 실린더로서 마스터(93)로부터 SAM 분자를 회전 및 탈착시키고, 이러한 분자는 실린더의 표면으로 전사될 것이다. 이는 b) 금속 표면에 레지스트 마스크(95)를 생성할 것이다. 이러한 레지스트는 이후 금속 에칭을 위한 에칭 마스크로서 사용되어 금속 나노구조(96)를 생성할 수 있다. 최종적으로, c) 이러한 나노구조는 얇은 엘라스토머 층(97)으로 코팅되어 미끄럼 방지(slip-free) 이동을 위해 마스터와 실린더 사이에 투명한 등각 계면을 제공한다.

[0035] 또다른 구체예는 나노전사 프린팅을 사용하여 실린더 표면 상에 금속 나노패턴을 생성한다. 이 공정은 상기 기술된 마이크로-접촉 프린팅의 역전이다. 이번에는, 도 10에 도시된 바와 같이, 실린더(102) 상에 연결 엘라스토머 재료(예, PDMS)로 제조된 마스터 패턴(101)으로부터 얇은 금속 층(예, 금)을 인쇄하고, 이는 금속-친화성에 노출된 기를 갖는 SAM 층(103)으로 덮힌다(금에 대한 친화성의 경우, 예를 들어 티올-말단화된 SAM일 수 있음). 실린더(102) 상의 SAM 층(103)과 마스터 패턴(101) 상의 금속 사이의 공유 결합은 마스터와 실린더 사이의 접촉시 형성된다. 실린더(102)를 회전시키는 것은 금속-마스터 계면에서 실패를 야기하고(예, 금은 PDMS에 강하게 접착되지 않음) 금속 패턴을 실린더 표면(94)으로 전사시킨다.

[0036] 최종적으로, 엘라스토머 재료(예, PDMS)의 제조 동안 플라즈마 마스크를 위한 또다른 구체예에서, 나노금속성 입자는 중합체 전구체와 혼합되고, 이렇게 금속-함침된 엘라스토머(예, 금속-함침된 PDMS)가 형성된 후, 상기 언급된 방법 중 임의의 것을 사용하여 실린더 표면 상에 패턴화된다. 생성된 마스크는 엘라스토머 마스크 패턴 가장자리가 포토레지스트에서 광학계의 조절을 제공하는 플라즈마 마스크로서 작용할 수 있으며, 이는 패턴을 형성하는 데 사용된다.

[0037] 나노크기 피치의 마스터를 제작하는 비용이 더 큰 영역을 위한 것보다 더 많은 비용이 들기 때문에, 마스터 표면 영역은 제한되는 것이 바람직하다. 이러한 경우 모든 언급된 구체예는 "스텝-앤드-로테이트" 방식으로 본원에 지칭된 방식으로 실시될 수 있다. 이러한 방식에서, 도 11에 도시된 바와 같이, 중합체 층(112)을 가진 실린더(111)를 패턴화된 마스터(114)의 좁은 스트립(113)과 접촉시킨 후, 상기 제안된 방법 중 하나(나노임프린트 리소그래피, 포토리소그래피, 데칼 전사 또는 결합-탈착 리소그래피)를 사용하여 실린더 상에 침착된 중합체(112)를 패턴화한다. 최종적으로, 실린더를 마스터로부터 배출하고, 마스터 표면 위로 실린더의 미노출된/미임프린팅된/미인쇄된 부위 및 위치에 충분한 각도로 회전시키고, 다시 패턴화하기 위해 이와 접촉시킨다. 실린더 회전은 앵글러 인코더를 사용하여 정확하게 제어될 수 있다. 상기 스텝-앤드-로테이트 공정은 전체 실린더 표면이 패턴화될 때까지 반복될 수 있다.

[0038] 또다른 구체예는 다중-피치 패턴 또는 마스터 상에 제작되는 상이한 크기의 패턴의 구매를 사용하고, 도 11에 도시된 바와 같이 기관은 임의 유형의 패턴을 사용하도록 병진되어 실린더를 임프린팅/노출시킬 수 있다.

[0039] 또다른 구체예는 평판형 마스터 대신에, 나노구조화된 중합체, 금속 또는 다른 재료로 제조된 가요성 필름의 형태로 가요성 마스터가 사용되는 상기 언급된 구체예 중 임의의 것을 포함한다. 도 12는 실린더(122) 상에 중합체 층(121)이 제1 릴(124)에서 제2 릴(125)로 전사되는 가요성 마스터(123)에 의해 임프린팅되는 시스템의 예를 도시한다. 또다른 실린더(126)는 압력을 발휘하고 가요성 마스터 필름을 지지하는 데 사용된다. 동일한 가요성 마스터(123)는 표면 릴리프를 가진 나노임프린트 마스터 또는 위상 반전 마스크, 또는 불투명 및 투명 영역을 가진 포토마스크, 또는 결합-탈착 또는 데칼 전사 리소그래피로 패턴화되고 활성화된 엘라스토머 필름일 수 있다.

[0040] 또다른 구체예는 실린더의 표면 상에 침착되는 패턴 감광성 층에 간섭/홀로그램 리소그래피를 사용한다. 도 13은 주사 빔 간섭 리소그래피(SBIL)를 위한 셋업을 묘사하는 간단화된 개략도를 도시한다. 실린더 표면 상에 침착된 감광성 중합체(132)의 표면 상에 한쌍의 좁고 낮은-왜곡 레이저 빔(131)이 중첩되어 소형 격자 이미지를 생성한다. 빔 아래로 실린더를 X-Y 방향으로 움직이고 전체 실린더 표면에 걸쳐 격자 이미지를 기록하도록 회전시킨다. 이후 광학 시스템 (또는 실린더)를 90도로 돌릴 수 있고 이 공정을 다시 반복할 수 있으며, 이는 수많은 적용예를 위한 포스트 또는 홀의 어레이를 생산하는 데 요구되는 체커판 패턴을 생성할 수 있다.

[0041] 본 발명의 일부 구체예에서, 도 14에 도시된 바와 같이, 평판형 중합체 필름(141)은 나노패턴화될 수 있고 생성된 나노패턴화된 중합체 필름(143)은 실린더(142) 표면에 결합될 수 있다. 그 결과가 실린더형 마스크(144)이다. 비제한적 예로서, 평판형 중합체 필름은, 예를 들어 본원에 전문이 참고인용된 미국 특허 출

원 공개 번호 20100123885(2010년 5월 20일 출원)로서 공개된 "넓은 영역 나노패턴화 방법 및 장치"를 명칭으로 하는 보리스 코브린 등에 의한 공유 양도된 동시계류 중인 미국 특허 출원 번호 제12/384,219호(2009년 4월 1일 출원)에 기술된 투명한 회전 실린더 마스크를 사용하여 리소그래피로 패터닝될 수 있다. 엘라스토머 필름은 임의의 적당한 나노리소그래피 기술을 사용하여 나노구조화될 수 있다. 적당한 기술의 예는, 비제한적 예로서, 스테퍼, e-빔 리소그래피 등을 비롯한 나노임프린트 리소그래피, 자외선(UV) 리소그래피를 포함한다. 나노패턴화 이후, 필름을 실린더의 외표면에 결합(예, 적층)시킬 수 있다. 나노패턴화된 필름(143)을 실린더(142)의 둘레보다 약간 더 길게 만들어서 실린더에 결합시킬 때 필름의 말단에서 필름 자체를 약간 증첩시킬 수 있다. 이러한 증첩은 리소그래피 동안 필름 상의 패턴을 기관으로 전사시킬 때 패턴에 "이음매"(145)를 방지하거나 줄일 수 있다. 대안적으로, 실린더와 동일한 곡률 반경을 갖는 곡선의 마스터 (또는 서브마스터)가 이음매를 패터닝하는 데 사용될 수 있다.

[0042] 도 14에 도시된 구체예는 도 15에 도시된 플라스몬 마스크의 제작을 위해 변형될 수 있다. 플라스몬 마스크의 제작에 관한 구체예에서, 중합체(예, 엘라스토머) 필름(151)은 얇은 금속성 코팅(152)으로 코팅될 수 있고 나노구조 패턴은 금속성 코팅(152)으로 형성될 수 있다. 생성된 복합체 나노패턴화된 필름(153)은 실린더(154) 표면에 적층 등으로 결합될 수 있다. 그 결과가 실린더형 플라스몬 마스크(155)이다. 비제한적 예로서, 상기 플라스몬 마스크는 나노구조 패턴을 가진 엘라스토머 필름(151)을 패터닝시키고, 이후 나노구조 패턴 금속을 오버코팅하여 금속성 나노구조를 형성한 후, 금속성 나노구조가 외부에 있도록 엘라스토머 필름을 실린더에 결합시킴으로써 형성될 수 있다.

[0043] 일부 구체예에서, 나노패턴화된 필름은 실린더 상에서 직접 제작될 수 있다. 예를 들면, 도 16에 도시된 바와 같이, 액체 중합체 전구체의 필름(161)은, 예를 들어 딥핑, 롤러 코팅 또는 스프레이-코팅에 의해 실린더(162)의 외표면 상에 침착될 수 있다. 이후, 열 또는 UV 경화에 의한 적당한 나노임프린트 방법(예, 플레이트-대-실린더), 또는 중합체 층이 감광성인 경우 광학 리소그래피, 또는 결합-탈착 리소그래피를 사용하여 평판형 마스터 (또는 서브마스터)(164)에서 필름(161)으로 나노패턴(163)을 전사시킬 수 있다. 액체 중합체 필름(161)을 경화시키는 것은 나노패턴을 고정하고 실린더형 마스크(165)를 완성시킨다.

[0044] 일부 실시예에 있어서, 중합체 상에 (또는 중합체 상에 형성된 금속 층 상에) 나노구조를 임프린팅하기 전에 중합체를 부분적으로 경화시키는 것이 바람직할 수 있다. 그렇지 않은 경우, 중합체 층의 두께 균일성을 제어하기에 까다로울 수 있다.

[0045] 상기 기술된 구체예에 대한 변형에 있어서, 중합체 필름은 하나 대신에 둘 이상의 층을 포함할 수 있다. 예를 들면, 도 17에 도시된 바와 같이, 중합체 필름(171)은 "소프트 쿠션"으로서 실린더(173) 상에 직접 침착되는 비교적 두꺼운(예, 0.5~5 밀리미터 두께) 엘라스토머의 제1 층(172)을 포함할 수 있다. 제1 층(171)보다 높은 계수를 갖는 중합체의 더 얇은 제2 층(174)(예, 100~1000 나노미터 두께)은 제1 층 상에 형성되거나 제1 층과 결합되고 이러한 적용예에 기술된 방법을 사용하여 나노구조화될 수 있다.

[0046] 또다른 구체예에서, 도 18에 도시된 바와 같이, 제1 (쿠션) 층(181)은 대신에 고체 층으로서 형성되고 실린더(182) 표면에 적층될 수 있다. 이후 더 얇고 더 경질의 제2 층(183)은 제1 층(181)의 정상부에 침착시키고, 이후 본원에 기술된 방법을 사용하여 패터닝될 수 있다. 다른 실시예에 있어서, 제1 층은 실린더 표면 상에 침착된 후 일부 또는 전부 경화될 수 있고, 그리고나서 더 얇고 더 경질의 제2 층(183)을 우선 패터닝한 후 제1 층(181)의 정상부 상에 적층시킨다.

[0047] 상기 기술된 특정한 본 발명의 구체예에서 넓은 영역 마스터는 실린더의 직접 패턴을 위해 또는 이후 실린더에 적층되는 중합체 층을 패터닝하는 데 사용될 수 있음을 유념한다. 상기 넓은 영역 마스터를 형성하는 수많은 상이한 방법이 있으며, 이는 2가지 주요 그룹으로 나눌 수 있다. 제1 주요 그룹은 후속 적층에 의한 평판형 필름의 패터닝으로서 분류될 수 있다. 제2 주요 그룹은 직접 실린더 패터닝으로서 분류될 수 있다.

[0048] 평판형 필름 패터닝에서, 중합체 필름은 평판화 동안 패터닝된 후 실린더 표면에 결합될 수 있다. 평판화 동안 필름을 패터닝하는 데 다수의 상이한 가능한 접근법이 있다.

[0049] 제1 예로서, 소형 마스터는, 예를 들어 전자 빔(e-빔), 원자외선 (DUV), 또는 홀로그래프 리소그래피 등을 사용하여 규소(Si) 또는 유리에 나노패턴을 에칭함으로써 제작될 수 있다. 소형 마스터는 치수가 몇몇 밀리미터 내지 몇몇 센티미터일 수 있다. 소형 마스터 상의 패턴은 하나 또는 다수의 서브마스터(예, 폴리우레탄, 에폭시, SSQ, MRI 등과 같은 중합체 재료) 상에 전사될 수 있다. 그리고나서, 서브마스터를 몰드로서 사용하여 실린더 상에 적층시키고자 하는 한장의 대형중합체 재료에 패턴을 임프린팅시킬 수 있다. 서브마스터(들)의 패터닝은 2

차원에서 높은 정확성의 병진으로 스탬프-앤드-스텝(stamp-and-step) 방법에 의해 실시되어 필드 사이에 최소의 간극을 제공할 수 있다. 스탬프 크기(즉, 마스터 크기)는 필드 사이의 스탬프보다 약간 더 크게 선택될 수 있어서, 패턴에 있어 매우 작은 증첩은 넓은 영역 몰드의 연속적인 간극 불포함 패턴을 제공할 것이다. 필드 사이의 간극은 충전되고 상기 설명된 바와 같이 패턴화될 수 있다.

[0050] 또다른 대안은 간섭 리소그래피를 사용하여 넓은 영역의 기관 표면을 패턴화하고, 이를 이후 중합체의 2차 레플리카를 생성하는 데 사용하는 것이다. 생성된 패턴화된 중합체는 이후 실린더 표면 상에 적층될 수 있다.

[0051] 직접 실린더 패턴화를 위한 다수의 상이한 기술이 제공될 수 있다. 예를 들어, 도 19에 도시된 바와 같이, 실린더(192) 상에 코팅된 포토레지스트(191) 상에서 간섭 리소그래피(주사 또는 스탬프-앤드-리피트(step-and-repeat))가 수행될 수 있다. 레지스트(192)가 현상될 수 있고, 현상된 레지스트(191)의 패턴으로 개구부를 통해 실린더 상에서 재료(193)(예, 금속)를 도금함으로써 실린더 상에 생성된 패턴을 도금시킬 수 있다. 레지스트(191)가 제거된 후, 도금 재료가 남게 되고 생성된 나노구조화된 실린더(194)는 이후 재료(195)(예, 부분 경화된 중합체) 또는 제2 실린더(196) 상의 또다른 레지스트에 대해 "실린더-대-실린더" 나노임프린트 패턴 전사를 위해 사용될 수 있다.

[0052] 대안적인 실시예 있어서, 간섭 리소그래피는 도금 없이 사용될 수 있음을 유념한다. 예를 들면, 일부 소성된 레지스트 재료, 예컨대 에폭시형 포토레지스트, 예컨대 SU-8 레지스트는 "플레이트-대-실린더" 또는 "실린더-대-실린더" 방식으로 직접 나노임프린팅에 사용하기에 충분히 우수하다.

[0053] 일부 구체예에서, 실린더 표면 상에 침착된 중합체 재료의 레이저 박리(예, 2- 또는 3-광자 에칭)는 간섭 리소그래피에 대안으로서 "실린더-대-실린더" 나노임프린트 패턴 전사를 위한 마스크 또는 마스터를 제작하는 데 사용될 수 있다. 2- 또는 3-광자 에칭에서, 둘 이상의 레이저 빔은 실린더 표면 상의 포인트에서 교차한다. 레이저 빔이 2-광자 또는 3-광자를 교차하는 지점에서 실린더 표면으로부터 국소적으로 재료를 제거하는 상호작용을 야기하는 공정이 수행된다.

[0054] 다른 구체예에서, 나노구조화된 알루미늄으로 코팅된 마스터 실린더는 "실린더-대-실린더" 나노임프린트 리소그래피를 사용하여 중합체-코팅된 마스크 상에 나노패턴을 전사하는 데 사용될 수 있다. 나노기공 알루미늄은 마스크 또는 리소그래피를 사용하는 일 없이 목적하는 기공 크기 및 기공 밀도를 갖는 나노기공 구조에 의해 형성될 수 있다.

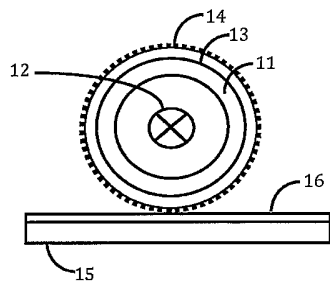
[0055] 도 20은 실린더 마스크 제작에 대한 또다른 접근법을 예시한다. 우선, 스탬프-앤드-리피트 나노임프린팅 또는 간섭 리소그래피, 또는 양극 알루미늄 다공성 표면 제작, 또는 후속 에칭에 의한 구상 또는 나노입자의 자가 조립, 또는 기타 공지된 나노리소그래피 기술을 사용하여 평판형 기관(201)(예, 유리, 규소, 금속 또는 중합체)을 패턴화함으로써 특정한 나노구조화된 패턴(202)을 갖는 목적하는 표면 릴리프를 생성할 수 있다.

[0056] 그리고나서 UV-경화가능한 액체 중합체 전구체 재료(204)로 코팅된 석영 실린더(203)는 패턴화된 표면(202)와 접촉시킬 수 있고, 이는 액체 중합체 전구체를 패턴화된 표면(202)의 표면 릴리프 구조로 유도시키게 된다. UV 광원(205)은 실린더(203) 표면과 중합체 전구체 재료(204) 사이의 접촉 영역에 UV-광을 비춘다. UV-광은 실린더(203) 표면 상의 패턴화된 표면(202)으로부터 경화된 중합체 패턴을 고정하는 중합체 재료(204)를 경화시킨다. 이러한 임프린팅은 기관 병진 동안 발생하고, 이는 실린더 상의 중합체 재료(204)와 기관(201) 사이의 마찰력으로 인해 실린더(203)가 회전하도록 한다. UV-광원(205)은 실린더(203) 내부에 배치될 수 있다. 대안적으로, UV-광원(205)은 실린더(203)의 외부에 배치될 수 있고, UV 광은 실린더(203) 표면과 중합체 전구체 재료(204) 사이의 접촉 영역 내부에 그리고 그 위에 비출 수 있다.

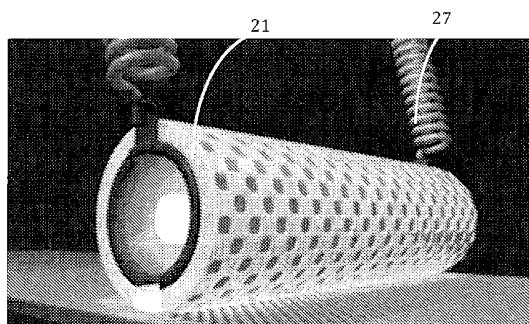
[0057] 상기는 바람직한 본 발명의 구체예의 완전한 설명이지만, 각종 대안, 변형 및 등가물을 사용할 수 있다. 따라서, 본 발명의 범위는 상기 설명을 참조하여 결정되는 것이 아니라 대신에 완전한 범위의 등가물과 함께 첨부된 청구범위를 참조하여 결정되어야 한다. 임의의 특징은 바람직하든 아니든 다른 임의의 특징과 바람직하든 아니든 조합될 수 있다. 하기 청구범위에서, 부정 관사는 확실하게 달리 언급되는 경우를 제외하고는 부정 관사 다음에 오는 항목은 다량의 하나 이상의 항목을 지칭한다. 첨부된 청구범위는 그러한 한정어 문구 "~을 위한 수단"을 사용하는 제시된 청구항에서 명확하게 인용되지 않는 한 수단 및 기능 한정을 포함하는 것으로서 해석해서는 안된다. 구체화된 기능을 수행하는 "~을 위한 수단"을 명확하게 언급하지 않는 청구항에서 임의의 부재는 35 USC § 112, ¶ 6에 구체화된 "수단" 또는 "단계" 조항으로서 해석되서는 안된다.

도면

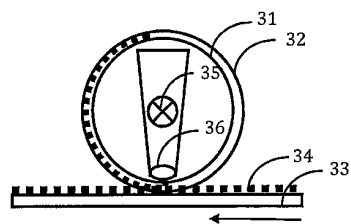
도면1



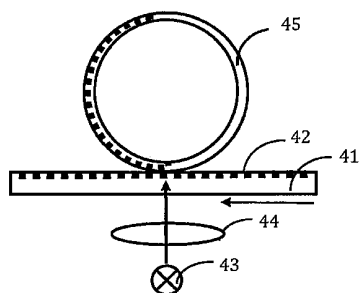
도면2



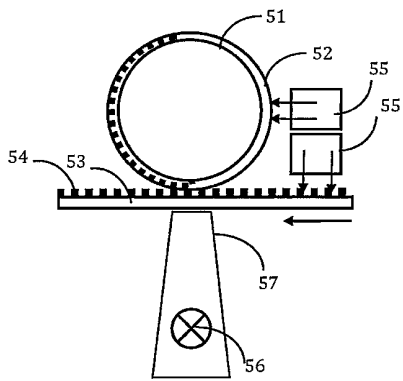
도면3



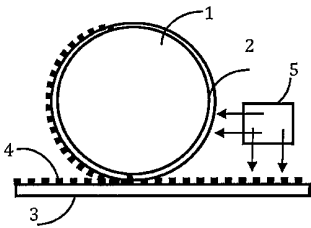
도면4



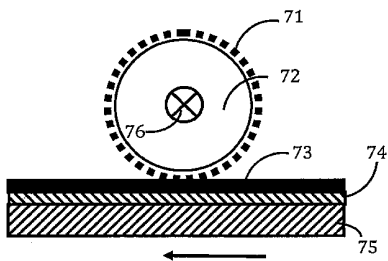
도면5



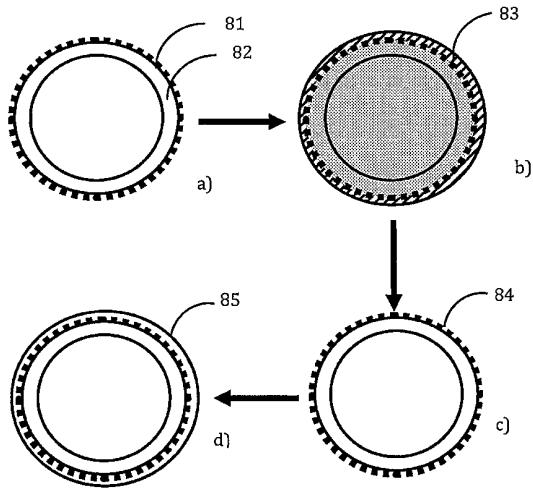
도면6



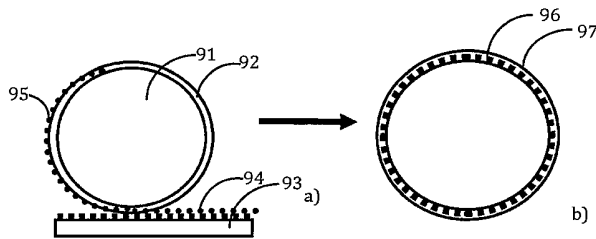
도면7



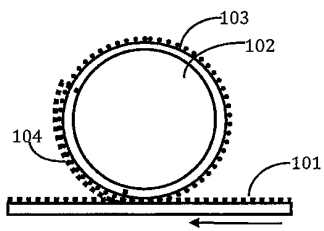
도면8



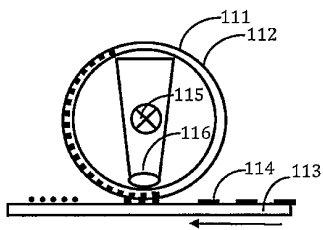
도면9



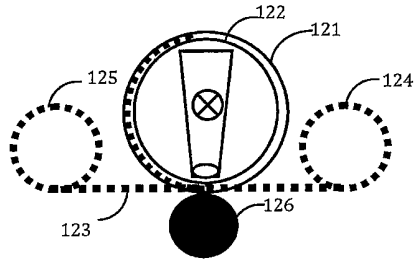
도면10



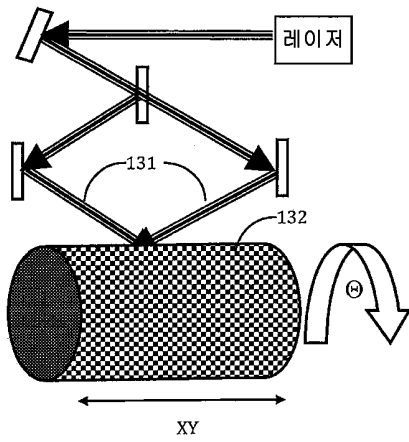
도면11



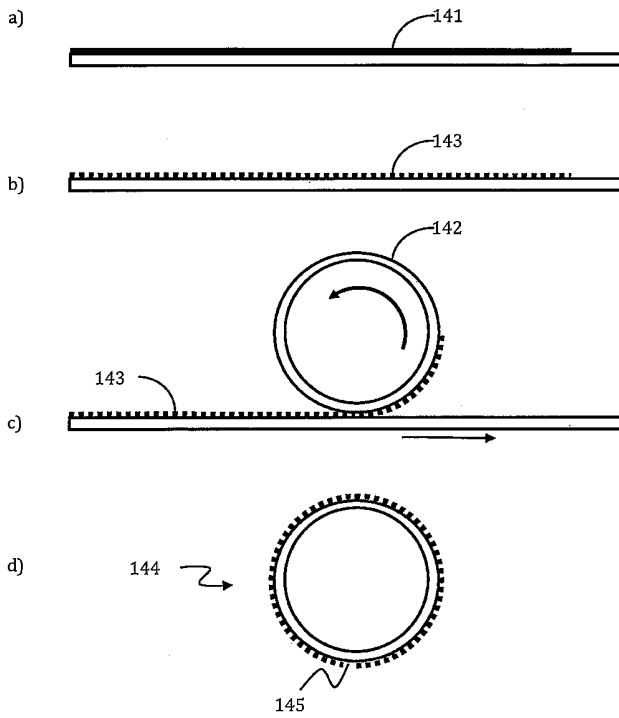
도면12



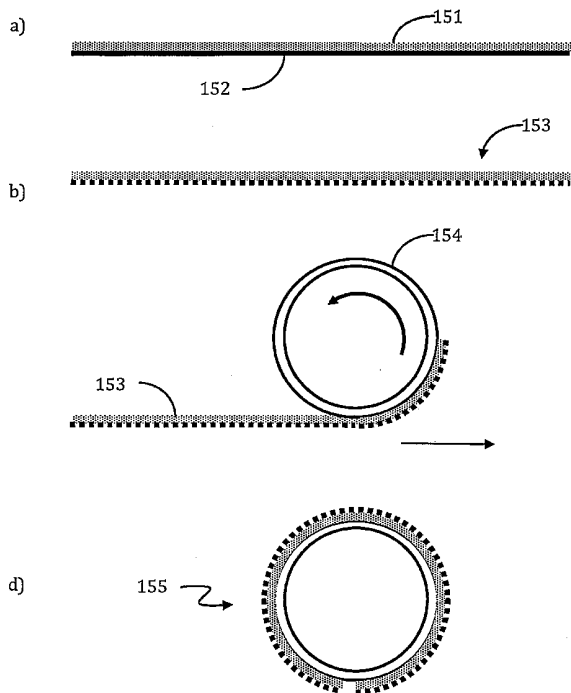
도면13



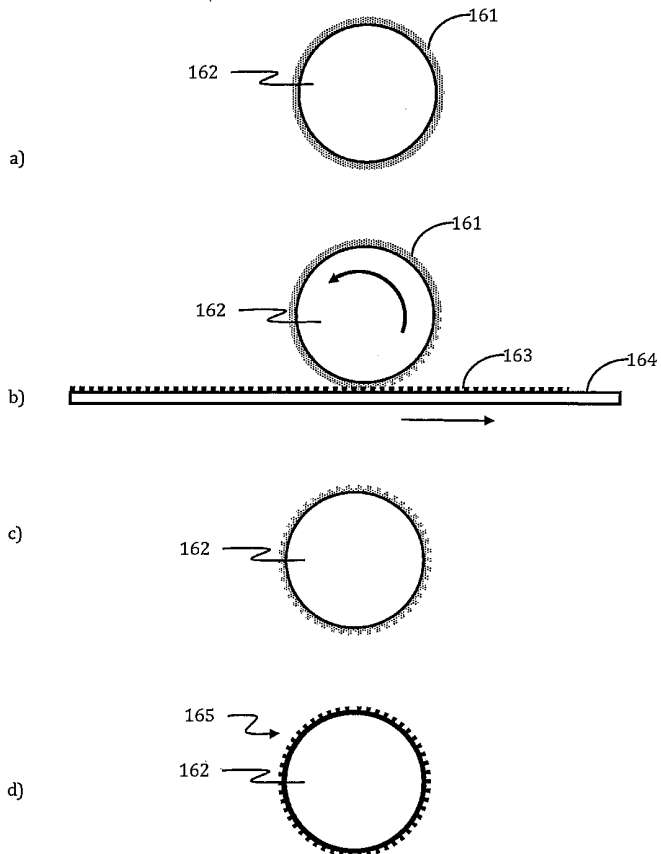
도면14



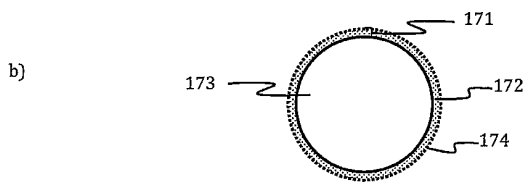
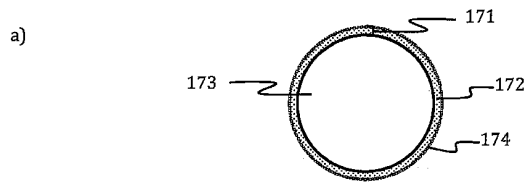
도면15



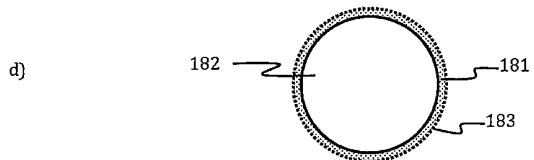
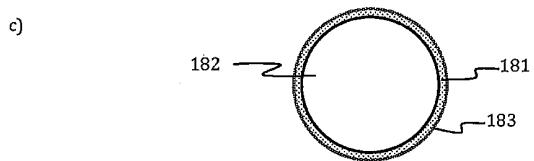
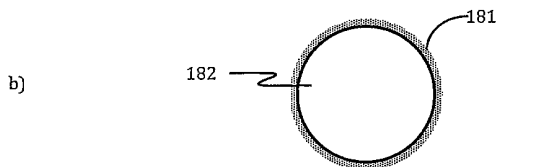
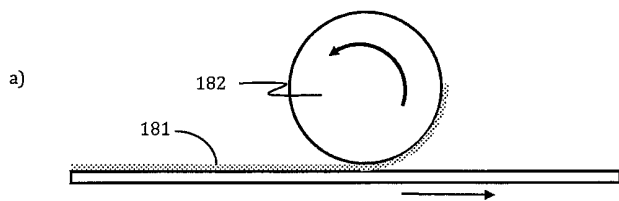
도면16



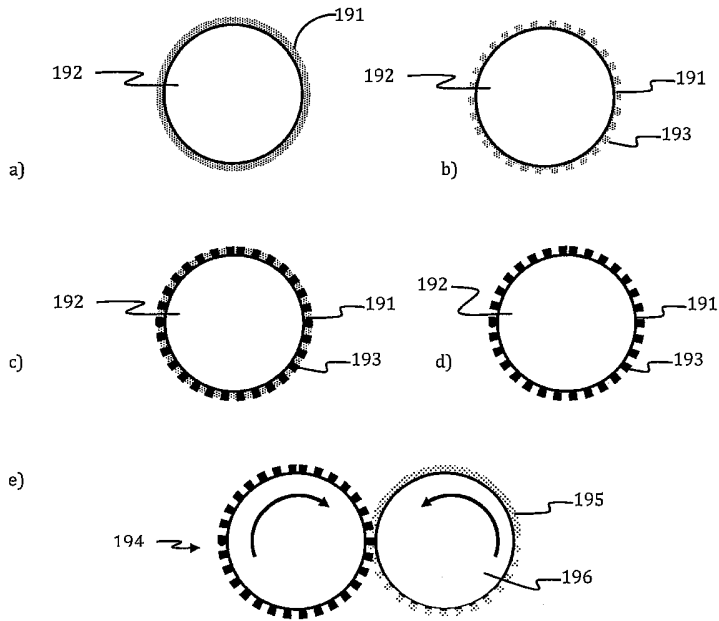
도면17



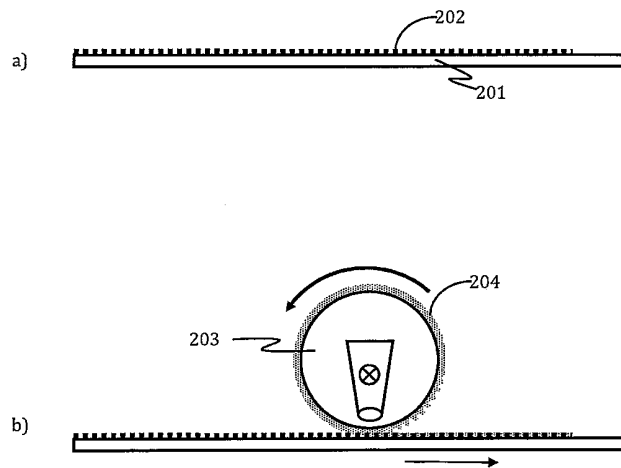
도면18



도면19



도면20



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

비교적 두껍고 연결인 제1 층 및 비교적 얇고 경질인

【변경후】

두껍고 연결인 제1 층 및 얇고 경질인

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 15

【변경전】

비교적 두껍고 연질인 제1 층 및 비교적 얇고 경질인

【변경후】

두껍고 연질인 제1 층 및 얇고 경질인

【직권보정 3】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 37

【변경전】

비교적 두껍고 연질인 제1 층 및 비교적 얇고 경질인

【변경후】

두껍고 연질인 제1 층 및 얇고 경질인

【직권보정 4】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 27

【변경전】

비교적 두껍고 연질인 제1 층 및 비교적 얇고 경질인

【변경후】

두껍고 연질인 제1 층 및 얇고 경질인

【직권보정 5】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 34

【변경전】

비교적 두껍고 연질인 제1 층 및 비교적 얇고 경질인

【변경후】

두껍고 연질인 제1 층 및 얇고 경질인

【직권보정 6】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 24

【변경전】

비교적 두껍고 연질인 제1 층 및 비교적 얇고 경질인

【변경후】

두껍고 연질인 제1 층 및 얇고 경질인