(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0134077
(43) 공개일자 2010년12월22일

(51) Int. Cl.
G02B 5/04 (2006.01) *G02B 5/02* (2006.01)
G02F 1/1335 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-7024339
(22) 출원일자(국제출원일자) 2009년04월01일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2010년10월29일
(86) 국제출원번호 PCT/US2009/039072
(87) 국제공개번호 WO 2009/146055
국제공개일자 2009년12월03일
(30) 우선권주장
61/041,763 2008년04월02일 미국(US)

(71) 출원인
쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스 33427 쓰리엠 센터
(72) 발명자
캄프벨 알란 비
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터
에네스 데일 엘
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
양영준, 김영

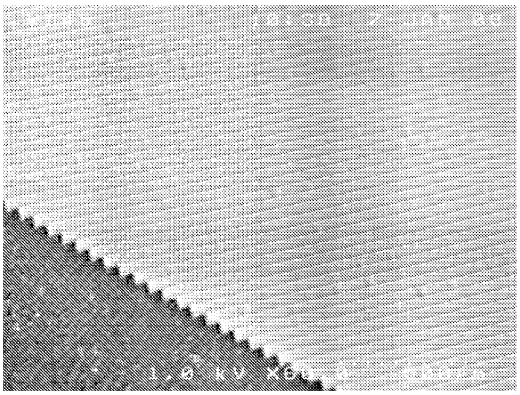
전체 청구항 수 : 총 71 항

(54) 중첩된 특징부를 갖는 광학 필름을 제조하기 위한 방법 및 시스템

(57) 요 약

광학 필름을 제조하기 위해 사용되는 마스터 공구를 제조하기 위한 접근법은 일련의 기부 구조물을 절삭하는 것을 포함한다. 변형 특징부가 기부 구조물과 중첩되어, 기부 구조물의 형상의 급격한 불연속적인 변동부를 생성한다. 회절 요소가 기부 구조물 및 변형 특징부 중 하나 또는 둘 모두에 형성될 수 있다. 변형 특징부는 x 방향으로, z 방향으로, 또는 x 성분 및 z 성분 둘 모두를 갖는 궤적을 따라, 절삭 공구를 이동시킴으로써 형성될 수 있다.

대 표 도 - 도45a



(72) 발명자

반 데를로프스케 존 에프

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

두프레 마크 알

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

마루신 패트릭 에이치

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

존슨 토드 엠

미국 55432-5604 미네소타주 미네아폴리스 메드트로닉 파크웨이 719

특허청구의 범위

청구항 1

하나 이상의 기부 광학 구조물 - 각각의 기부 구조물은 피크(peak)를 가짐 - ; 및

기부 구조물 상에 중첩되는 복수의 변형 특징부(modifying feature) - 각각의 특징부는 아래에 놓인 기부 구조물의 일정 영역을, 그 영역 내에서 아래에 놓인 기부 구조물의 피크를 상승시킴으로써 변형시키고, 상승된 피크는 아래에 놓인 기부 구조물의 피크의 반경과 상이한 반경을 가짐 - 를 포함하는 광학 필름.

청구항 2

제1항에 있어서, 각각의 변형 특징부는 아래에 놓인 기부 구조물의 기울기의 급격한 불연속부와 연관된 주연부를 갖는 광학 필름.

청구항 3

제2항에 있어서, 급격한 불연속부는 1 마이크로미터에 걸쳐 약 0.1도를 초과하는 기울기의 변화를 포함하는 광학 필름.

청구항 4

제3항에 있어서, 각각의 특징부는 아래에 놓인 기부 구조물의 피크를 약 0.5 마이크로미터를 초과하여 상승시키는 광학 필름.

청구항 5

제1항에 있어서,

기부 구조물의 피크는 약 40도 내지 약 150도의 범위 내의 내각(internal angle)을 갖고;

변형 특징부의 피크는 약 3 마이크로미터 내지 약 8 마이크로미터의 범위 내의 반경을 갖는 광학 필름.

청구항 6

제1항에 있어서, 기부 구조물 및 변형 특징부 중 하나 또는 둘 모두 상에 배치되는 회절 요소를 추가로 포함하는 광학 필름.

청구항 7

제1항에 있어서, 기부 구조물의 적어도 일부는 피치가 변하는 광학 필름.

청구항 8

제1항에 있어서, 기부 구조물의 적어도 일부는 높이가 변하는 광학 필름.

청구항 9

제1항에 있어서, 기부 구조물의 적어도 일부는 피치 및 높이가 변하는 광학 필름.

청구항 10

제1항에 있어서, 기부 구조물의 하나 이상의 측면을 변형시키고 기부 구조물의 피크는 실질적으로 변형시키지 않는 복수의 추가 특징부를 추가로 포함하는 광학 필름.

청구항 11

제1항에 있어서,

기부 구조물은 대향 측면들을 갖는 선형 삼각형 프리즘을 포함하고;

변형 특징부는 소면(facet)의 피크-골 거리의 대부분을 따라 그리고 프리즘의 길이의 대부분보다는 작게 각각의 프리즘의 적어도 하나의 소면을 변형시키는 광학 필름.

청구항 12

하나 이상의 기부 광학 구조물 - 각각의 기부 구조물은 피크를 가짐 - ; 및

기부 구조물 상에 중첩되는 복수의 변형 특징부 - 각각의 변형 특징부는 아래에 놓인 기부 구조물의 일정 영역 내에서 피크를 상승시키고, 상승된 피크는 아래에 놓인 기부 구조물의 피크의 반경과 실질적으로 동일한 피크 반경을 가짐 - 를 포함하는 광학 필름.

청구항 13

제12항에 있어서, 각각의 변형 특징부는 아래에 놓인 기부 구조물의 급격한 불연속부와 연관된 주연부를 갖는 광학 필름.

청구항 14

제13항에 있어서, 급격한 불연속부는 1 마이크로미터에 걸쳐 약 0.1도를 초과하는 기울기의 변화를 포함하는 광학 필름.

청구항 15

제12항에 있어서, 각각의 변형 특징부는 아래에 놓인 기부 구조물의 피크를 약 0.5 마이크로미터를 초과하여 상승시키는 광학 필름.

청구항 16

제12항에 있어서, 기부 구조물 및 변형 특징부 중 하나 또는 둘 모두 상에 배치되는 회절 요소를 추가로 포함하는 광학 필름.

청구항 17

제12항에 있어서, 기부 구조물의 적어도 일부는 피치가 변하는 광학 필름.

청구항 18

제12항에 있어서, 기부 구조물의 적어도 일부는 높이가 변하는 광학 필름.

청구항 19

제12항에 있어서, 기부 구조물의 측면을 변형시키고 기부 구조물의 피크는 실질적으로 변형시키지 않는 복수의 추가 특징부를 추가로 포함하는 광학 필름.

청구항 20

제12항에 있어서,

기부 구조물은 대향 소면들을 갖는 선형 삼각형 프리즘을 포함하고;

변형 특징부는 프리즘의 길이의 대부분보다 작은 길이에 걸쳐 소면의 피크-골 거리의 대부분에 걸쳐 각각의 프리즘의 적어도 하나의 소면을 변형시키는 광학 필름.

청구항 21

하나 이상의 기부 구조물 - 각각의 기부 구조물은 대향 측면들 및 피크를 가짐 - ; 및

기부 구조물 상에 중첩되는 복수의 이산된 특징부 - 각각의 특징부는 아래에 놓인 기부 구조물의 적어도 하나의 측면의 기울기를, 아래에 놓인 기부 구조물의 길이의 대부분보다 작은 길이에 대해 변형시키고, 아래에 놓인 기부 구조물의 피크는 실질적으로 변형시키지 않음 - 를 포함하는 광학 필름.

청구항 22

제21항에 있어서, 각각의 특징부는 아래에 놓인 기부 구조물의 급격한 불연속부와 연관된 주연부를 갖는 영역을 포함하는 광학 필름.

청구항 23

제22항에 있어서, 급격한 불연속부는 약 1도를 초과하는 테이퍼각(taper angle)과 연관되는 광학 필름.

청구항 24

제21항에 있어서, 각각의 특징부는 아래에 놓인 기부 구조물의 측면을 측면의 피크-골 거리의 대부분을 따라 변형시키는 광학 필름.

청구항 25

제21항에 있어서, 각각의 아래에 놓인 기부 구조물의 하나의 측면에는 특징부가 없는 광학 필름.

청구항 26

하나 이상의 기부 광학 구조물 - 각각의 기부 구조물은 대향 측면들, 길이, 및 피크를 가짐 - ; 및

기부 구조물 상에 중첩되는 복수의 특징부 - 각각의 특징부는 아래에 놓인 기부 구조물의 적어도 하나의 측면의 피크-골 거리의 대부분을 따라 그리고 아래에 놓인 기부 구조물의 길이의 대부분보다는 작게 아래에 놓인 기부 구조물을 변형시킴 - 를 포함하는 광학 필름.

청구항 27

제26항에 있어서, 특징부 중 하나 이상은 아래에 놓인 기부 구조물의 양 측면을 변형시키는 광학 필름.

청구항 28

제27항에 있어서, 변형 특징부 중 하나 이상은 이산된 영역에서 아래에 놓인 기부 구조물의 피크를 상승시키는 광학 필름.

청구항 29

제28항에 있어서, 이산된 영역 내의 피크의 반경은 아래에 놓인 기부 구조물의 피크의 반경과 상이한 광학 필름.

청구항 30

제28항에 있어서, 이산된 영역 내의 피크의 반경은 아래에 놓인 기부 구조물의 피크의 반경보다 큰 광학 필름.

청구항 31

제28항에 있어서, 이산된 영역 내의 피크의 반경은 아래에 놓인 기부 구조물의 피크의 반경보다 작은 광학 필름.

청구항 32

제26항에 있어서, 회절 요소가 변형 특징부 및 기부 구조물 중 하나 또는 둘 모두 상에 배치되는 광학 필름.

청구항 33

제26항에 있어서, 각각의 변형 특징부와 아래에 놓인 기부 구조물 사이의 주연부에서 급격한 불연속부가 있고, 급격한 불연속부는 1도를 초과하는 테이퍼각과 연관되는 광학 필름.

청구항 34

광학 필름을 제조하기 위한 마스터 공구(master tool)를 형성하기 위해 표면을 변형시키는 방법으로서,

마스터 공구의 표면 내에 기부 구조물을 절삭하는 단계 - 기부 구조물은 마스터의 표면 내의 홈을 포함함 - ; 및

마스터의 표면 내에 하나 이상의 변형 특징부를 절삭하는 단계 - 기부 구조물 및 변형 특징부는 중첩되어 홈을 따라 급격한 불연속적인 변동부를 생성함 - 를 포함하는 방법.

청구항 35

제34항에 있어서,

기부 구조물을 절삭하는 단계는 연속적인 홈을 절삭하는 단계를 포함하고;

변형 특징부를 절삭하는 단계는 연속적인 홈을 변형시키는 하나 이상의 이산된 특징부를 절삭하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 36

제34항에 있어서, 변형 특징부를 절삭하는 단계는 기부 구조물을 절삭한 후에 변형 특징부를 절삭하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 37

제34항에 있어서, 기부 구조물을 절삭하는 단계는 변형 특징부를 절삭한 후에 기부 구조물을 절삭하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 38

제34항에 있어서, 기부 구조물을 절삭하는 단계는 기부 구조물 내에 회절 요소를 절삭하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 39

제34항에 있어서, 변형 특징부를 절삭하는 단계는 변형 특징부의 적어도 일부 내에 회절 요소를 절삭하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 40

제34항에 있어서, 변형 특징부를 절삭하는 단계는 절삭 공구가 홈 내로 더 깊이 절개하게 하도록 절삭 공구를 이동시키는 단계를 포함하고, 절삭 공구의 이동은 마스터 공구의 표면에 대해 실질적으로 수직인 성분을 포함하는 방법.

청구항 41

제34항에 있어서, 변형 특징부를 절삭하는 단계는 절삭 공구가 홈의 하나 또는 둘 모두의 측면 내로 더 깊이 절개하게 하도록 절삭 공구를 이동시키는 단계를 포함하고, 절삭 공구의 이동은 마스터 공구의 표면에 대해 실질적으로 평행한 성분을 포함하는 방법.

청구항 42

제34항에 있어서, 변형 특징부를 절삭하는 단계는 마스터 공구의 표면에 대해 평행한 성분 및 마스터 공구의 표면에 대해 수직인 성분을 포함하는 궤적을 따라 절삭 공구를 이동시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 43

제34항에 있어서, 변형 특징부를 절삭하는 단계는 홈의 깊이는 변형시키지 않으면서 홈의 하나 또는 둘 모두의 측면의 기울기를 변화시키는 이산된 특징부를 절삭하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 44

제34항에 있어서, 급격한 불연속적인 변동부는 1도를 초과하는 테이퍼각의 변동부를 포함하는 방법.

청구항 45

제34항에 있어서, 변형 특징부는 0.5 마이크로미터를 초과하는 홈 깊이의 급격한 불연속적인 변동부를 생성하는

방법.

청구항 46

제34항에 있어서, 기부 구조물 및 변형 특징부 중 하나 이상을 절삭하는 단계는 동기화된 플라이 커팅(synchronized fly-cutting)을 포함하는 방법.

청구항 47

제34항에 있어서, 기부 구조물 및 변형 특징부 중 하나 이상을 절삭하는 단계는 동적인(dynamic) 동기화된 플라이 커팅을 포함하는 방법.

청구항 48

제34항에 있어서, 기부 구조물 및 변형 특징부 중 하나 이상을 절삭하는 단계는 플런지 커팅(plunge cutting)을 포함하는 방법.

청구항 49

제34항에 있어서, 기부 구조물 및 변형 특징부 중 하나 이상을 절삭하는 단계는 스레드 커팅(thread cutting)을 포함하는 방법.

청구항 50

제34항에 있어서,

기부 특징부를 절삭하는 단계는 제1 절삭 공구 프로파일(profile)을 갖는 절삭 공구를 사용하여 기부 구조물을 절삭하는 단계를 포함하고;

변형 특징부를 절삭하는 단계는 제1 절삭 공구 프로파일과 상이한 제2 절삭 공구 프로파일을 갖는 절삭 공구를 사용하여 변형 특징부를 절삭하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 51

제50항에 있어서, 제1 절삭 공구 프로파일은 제2 절삭 공구 프로파일의 절삭 팁 반경보다 작은 절삭 팁 반경을 갖는 방법.

청구항 52

제34항에 있어서, 기부 구조물 및 변형 특징부 중 하나 이상을 절삭하는 단계는 둥글거나, 편평하거나, 뭉툭한 절삭 공구 프로파일을 갖는 절삭 공구를 사용하여 절삭하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 53

제34항에 있어서, 기부 구조물을 절삭하는 단계 및 변형 특징부를 절삭하는 단계는 제1 및 제2 절삭 공구를 함께 표면을 가로지르는 절삭 헤드의 1회 통과로 이동시킴으로써 기부 구조물 및 변형 특징부를 절삭하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 54

광학 필름을 제조하기 위한 마스터를 형성하기 위해 표면을 변형시키기 위한 시스템으로서,

하나 이상의 절삭 공구;

하나 이상의 절삭 공구와 표면 사이의 상대 운동을 제공하도록 구성되는 구동 시스템; 및

마스터의 표면 내에 기부 구조물을 절삭하고 홈을 따라 변형 특징부를 절삭하기 위해 절삭 공구를 제어하도록 구성되는 절삭 기구(cutting mechanism) - 기부 구조물 및 변형 특징부는 기부 구조물의 형상의 급격한 불연속적인 변동부를 생성하도록 중첩됨 - 를 포함하는 시스템.

청구항 55

제54항에 있어서, 절삭 기구는 동기화된 플라이 커팅에 의해 기부 구조물 및 변형 특징부 중 하나 또는 둘 모두를 제조하기 위해 절삭 공구를 제어하도록 구성되는 동기화된 플라이 커팅 기구를 포함하는 시스템.

청구항 56

제55항에 있어서, 동기화된 플라이 커팅 기구는 동적인 동기화된 플라이 커팅 기구인 시스템.

청구항 57

제54항에 있어서, 절삭 기구는 기부 구조물을 절삭하기 위해 사용되는 제1 프로파일을 갖는 하나 이상의 절삭 공구 및 변형 특징부를 절삭하기 위해 사용되는 제2 프로파일을 갖는 하나 이상의 제2 절삭 공구를 포함하는 시스템.

청구항 58

제57항에 있어서, 제1 프로파일 및 제2 프로파일 중 적어도 하나는 둥글거나, 편평하거나, 뭉툭한 팁을 포함하는 시스템.

청구항 59

제54항에 있어서, 절삭 기구는 표면을 가로지르는 절삭 공구의 1회 통과 중에 기부 구조물 및 변형 특징부를 절삭하도록 구성되는 시스템.

청구항 60

제54항에 있어서, 절삭 기구는 표면을 가로지르는 절삭 공구의 1회 이상의 제1 통과 중에 기부 구조물을 절삭하고 표면을 가로지르는 절삭 공구의 1회 이상의 제2 통과 중에 변형 특징부를 절삭하도록 구성되는 시스템.

청구항 61

광학 필름을 제조하기 위해 사용가능한, 표면을 갖는 마스터 공구로서,

표면 상에 배치되는 복수의 홈; 및

홈을 변형시키는 특징부 - 각각의 특징부는 연관된 홈의 길이보다 작게 연장하고, 연관된 홈의 기울기의 급격한 불연속부에 의해 한정되는 영역을 포함함 - 를 포함하는 마스터 공구.

청구항 62

제61항에 있어서, 급격한 불연속부는 1도를 초과하는 테이퍼각을 갖는 마스터 공구.

청구항 63

제61항에 있어서, 적어도 하나의 특징부는 연관된 홈의 깊이를 변형시키고, 연관된 홈의 내각과 상이한 내각을 갖는 마스터 공구.

청구항 64

제61항에 있어서, 적어도 하나의 특징부는 연관된 홈의 깊이를 변형시키고, 연관된 홈의 내부 반경과 상이한 내부 반경을 갖는 마스터 공구.

청구항 65

제61항에 있어서, 적어도 하나의 특징부는 연관된 홈의 깊이를 변형시키고, 연관된 홈의 내부 반경보다 작은 내부 반경을 갖는 마스터 공구.

청구항 66

제61항에 있어서, 특징부의 적어도 일부는 홈의 깊이는 변형시키지 않으면서 홈의 측면을 변형시키는 마스터 공구.

청구항 67

제61항에 있어서, 홈의 적어도 일부는 피치 및 깊이 중 하나 또는 둘 모두가 변하는 마스터 공구.

청구항 68

제61항에 있어서, 특징부의 적어도 일부는 홈의 피크-골 거리의 대부분을 따라 각각의 홈의 적어도 하나의 측면을 변형시키는 마스터 공구.

청구항 69

제61항에 있어서, 특징부의 적어도 일부는 홈의 깊이를 변형시키지 않는 마스터 공구.

청구항 70

광학 필름을 제조하기 위한 마스터를 형성하기 위해 표면을 변형시키기 위한 시스템으로서,

표면을 준비시키도록 구성되는 제1 절삭 공구;

표면 내에 특징부를 절삭하도록 구성되는 제2 절삭 공구;

절삭 공구와 표면 사이의 상대 운동을 제공하도록 구성되는 구동 시스템; 및

표면을 가로지르는 절삭 공구의 1회 통과 중에 표면을 준비시키고 특징부를 절삭하기 위해 제1 절삭 공구 및 제2 절삭 공구를 이동시키도록 구성되는 절삭 기구를 포함하는 시스템.

청구항 71

제70항에 있어서, 표면을 준비시킨 후의 표면의 조도(roughness)는 최소 특징부보다 실질적으로 작은 시스템.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 변형 특징부(modifying feature)와 중첩된 기부 구조물을 포함하는 마스터 공구(master tool)의 제조에 관한 것이며, 마스터 공구는 광학 필름을 포함하는, 다양한 유형의 미세복제된(micro-replicated) 구성요소를 제조하기 위해 사용된다.

배 경 기 술

[0002] 마스터 공구는 연마제, 접착제, 마찰 제어구, 미세체결구, 및 광학 구성요소를 포함하는, 미세복제된 구성요소의 제조에 사용된다. 예를 들어, 마스터 공구를 기계가공함으로써 형성된 미세복제 특징부는 광학 필름에 직접 또는 간접으로 전사될 수 있다. 마스터 공구로부터 전사된 특징부는 필름의 광학 특성에 영향을 주는 미세복제된 광학 구조물을 형성한다. 그러한 공정에 의해 형성된 광학 필름은 다양한 목적으로 사용될 수 있고, 시각적 디스플레이의 특징을 변형시키는 데 특히 유용하다. 디스플레이 장치는 휘도를 향상시키고, 결함을 은폐하고, 광 확산을 증가시키고, 콘트라스트를 개선하고, 그리고/또는 다른 바람직한 효과를 제공하는 광학 구조물을 갖는 하나 또는 여러 상이한 유형의 광학 필름을 사용할 수 있다.

[0003] 다양한 유형의 미세복제된 구성요소를 제조하기 위해 사용되는 향상된 마스터 공구를 생성할 수 있는 제조 공정 및 시스템에 대한 필요성이 존재한다. 보다 구체적으로, 디스플레이 결함의 출현을 감소시키면서 디스플레이의 바람직한 특징을 증가시키는 광학 필름을 제조하기 위해 사용되는 접근법에 대한 필요성이 존재한다. 본 발명은 이들 및 다른 필요성을 충족시키고 종래 기술에 비해 다른 이점을 제공한다.

발명의 내용

[0004] 본 발명의 몇몇 실시예는 복수의 특징부가 그 상에 중첩되어 있는 기부 구조물을 갖는 광학 필름에 관한 것이다. 각각의 기부 구조물은 피크(peak)를 갖고, 각각의 중첩된 특징부는 아래에 놓인 기부 구조물의 일정 영역을, 그 영역 내에서 아래에 놓인 기부 구조물의 피크를 상승시킴으로써 변형시킨다. 변형 특징부의 피크의 반경은 아래에 놓인 기부 구조물의 피크의 반경과 상이할 수 있다. 기부 구조물은 높이 및/또는 피치가 변할 수 있고, 이러한 높이 및/또는 피치 변동은 변형 특징부에 의해 생성되는 임의의 높이 및/또는 피치 변동과 독

립적이다.

[0005] 본 발명의 소정의 태양에 따르면, 각각의 특징부에 의해 변형되는 영역은 아래에 놓인 기부 구조물의 기울기 또는 형상의 급격한 불연속부와 연관된 주연부를 갖는다. 예를 들어, 급격한 불연속부는, 예를 들어 약 0.1도 초과, 약 0.2도 초과, 또는 약 1도 초과의 마이크로미터당 테이퍼각(taper angle) 또는 기울기의 변화를 포함할 수 있다. 각각의 변형 특징부는, 예를 들어 아래에 놓인 기부 구조물의 피크를 약 0.5 마이크로미터 내지 약 3 마이크로미터만큼 상승시킬 수 있다.

[0006] 일 구현예에서, 기부 구조물은 약 40도 내지 약 150도의 범위 내의 내각(internal angle)을 갖는 예리한 팁의 피크를 가진 선형 삼각형 프리즘이다. 변형 특징부의 영역 내의 상승된 피크는 약 3 마이크로미터 내지 약 8 마이크로미터의 범위 내의 반경을 가질 수 있다.

[0007] 다양한 구현예에서, 회절 요소가 기부 구조물 및 변형 특징부 중 하나 또는 둘 모두 상에 배치될 수 있다. 복수의 추가의 특징부가 기부 구조물의 피크를 실질적으로 변형시키지 않으면서 기부 구조물의 측면을 변형시킬 수 있다. 기부 구조물을 변형시키는 특징부는 기부 구조물의 피크-골 거리의 대부분을 따라 그리고 기부 구조물의 길이의 대부분보다는 작게 변형시킬 수 있다.

[0008] 다른 실시예는 하나 이상의 기부 광학 구조물 및 기부 구조물 상에 중첩된 복수의 변형 광학 특징부를 갖는 광학 필름에 관한 것이다. 각각의 변형 특징부는 아래에 놓인 기부 구조물의 피크를 상승시킨다. 변형 특징부의 영역 내의 피크의 반경은 아래에 놓인 기부 구조물의 피크의 반경과 실질적으로 동일하다.

[0009] 또 다른 실시예는 하나 이상의 긴 기부 구조물 및 긴 기부 구조물 상에 중첩된 복수의 이산된 특징부를 포함하는 광학 필름에 관한 것이다. 각각의 기부 구조물은 대향하는 측면들 및 피크를 갖는다. 각각의 특징부는 아래에 놓인 기부 구조물의 길이의 대부분보다는 작게 아래에 놓인 기부 구조물의 적어도 하나의 측면을 변형시킨다. 이러한 실시예에서, 특징부는 아래에 놓인 기부 구조물의 피크를 상승시키지 않는다.

[0010] 본 발명의 소정의 태양에 따르면, 각각의 특징부는 영역의 주연부를 따라 아래에 놓인 기부 구조물의 급격한 불연속부와 연관된 영역을 포함한다. 예를 들어, 급격한 불연속부는, 예를 들어 약 0.1도 초과, 약 0.2도 초과, 또는 약 1도 초과의 테이퍼각과 연관될 수 있다. 몇몇 구현예에서, 각각의 특징부는 아래에 놓인 기부 구조물의 피크-골 치수의 대부분을 따라 아래에 놓인 기부 구조물의 측면을 변형시킨다. 특징부는 기부 구조물의 하나의 소면(facet)상에서만 또는 하나의 측면 상에서만 출현할 수 있고, 다른 소면 또는 측면에는 특징부가 없다.

[0011] 추가의 실시예는 하나 이상의 기부 광학 구조물 및 기부 구조물 상에 중첩된 복수의 특징부를 포함하는 광학 필름에 관한 것이다. 기부 구조물은 대향하는 측면들 및 피크를 갖는다. 각각의 특징부는 아래에 놓인 기부 구조물의 적어도 하나의 측면의 피크-골 거리의 대부분을 따라 그리고 아래에 놓인 기부 구조물의 길이의 대부분보다는 작게 아래에 놓인 기부 구조물을 변형시킨다. 각각의 특징부와 아래에 놓인 기부 구조물 사이의 주연부에 급격한 불연속부가 있다.

[0012] 몇몇 실시예에서, 각각의 특징부는 아래에 놓인 기부 구조물의 양 측면을 변형시킨다. 몇몇 실시예에서, 특징부들 중 하나 이상이 아래에 놓인 기부 구조물의 일정 영역을, 그 영역 내에서 아래에 놓인 기부 구조물의 피크를 상승시킴으로써 변형시킨다. 몇몇 실시예에서, 상승된 피크의 반경은 아래에 놓인 기부 구조물의 피크의 반경과 상이하다. 예를 들어, 변형 특징부에 의해 생성된 상승된 피크의 반경은 아래에 놓인 기부 구조물의 피크의 반경보다 크거나 작을 수 있다. 몇몇 구현예에서, 회절 요소가 변형 특징부의 적어도 일부 및/또는 기부 구조물의 적어도 일부 상에 배치된다.

[0013] 본 발명의 다른 실시예는 광학 필름을 제조하기 위한 마스터 공구를 형성하기 위해 표면을 변형시키는 방법을 포함한다. 홈을 포함하는 기부 특징부가 마스터의 표면 내로 절삭된다. 기부 특징부가 절삭되기 이전 또는 이후에, 하나 이상의 변형 특징부가 마스터의 표면 내로 절삭된다. 기부 특징부 및 변형 특징부는 홈을 따라 급격한 불연속적인 변동부를 생성하도록 중첩된다. 예를 들어, 기부 특징부는 연속적인 홈일 수 있고, 변형 특징부는 홈을 변형시키는 이산된 특징부일 수 있다. 몇몇 구현예에서, 회절 요소가 기부 구조물의 일부 및/또는 변형 특징부의 일부 내에 형성될 수 있다.

[0014] 급격한 불연속적인 변동부는, 예를 들어 약 0.1도 초과, 약 0.2도 초과, 또는 약 1도 초과의 테이퍼각 내의 변동부를 포함한다. 변형 특징부는, 예를 들어 약 0.5 마이크로미터 내지 약 3 마이크로미터의 홈 깊이 내의 급격한 불연속적인 변동부를 생성할 수 있다.

[0015] 변형 특징부를 절삭하는 것은 절삭 공구가 홈 내로 절개하게 하도록 마스터 공구의 표면에 대해 실질적으로 수직으로 절삭 공구를 이동시키는 것을 포함할 수 있다. 변형 특징부를 절삭하는 것은 절삭 공구가 홈의 하나 또는 양 측면 내로 더 깊이 절개하게 하도록 마스터 공구의 표면에 대해 실질적으로 평행하게 절삭 공구를 이동시키는 것을 포함할 수 있다. 변형 특징부를 절삭하는 것은 마스터 공구의 표면에 대해 평행한 성분 및 마스터 공구의 표면에 대해 수직인 성분을 포함하는 궤적을 따라 절삭 공구를 이동시키는 것을 포함할 수 있다. 변형 특징부는 홈의 깊이를 변형시키지 않으면서 홈의 하나 또는 양 측면의 기울기의 급격한 변화와 연관된 영역을 포함할 수 있다. 홈 및/또는 변형 특징부를 절삭하는 것은, 예를 들어 동기화된 플라이 커팅(synchronized fly-cutting), 동적인(dynamic) 동기화된 플라이 커팅, 스레드 커팅(thread cutting), 또는 플런지 커팅(plunge cutting)을 포함할 수 있다.

[0016] 몇몇 구현예에서, 홈은 제1 절삭 공구 프로파일을 갖는 제1 절삭 공구를 사용하여 절삭된다. 변형 특징부는 제1 절삭 공구 프로파일과 상이한 제2 절삭 공구 프로파일을 갖는 제2 절삭 공구를 사용하여 절삭된다. 예를 들어, 제1 절삭 공구 프로파일은 제2 절삭 공구 프로파일의 절삭 팁 반경보다 작은 절삭 팁 반경을 가질 수 있다. 홈 및/또는 변형 특징부는 둥글거나, 편평하거나, 뭉툭한 절삭 공구 프로파일을 갖는 절삭 공구를 사용하여 절삭될 수 있다.

[0017] 몇몇 구현예에 따르면, 홈을 절삭하는 것 및/또는 변형 특징부를 절삭하는 것은 제1 및 제2 절삭 공구를 표면을 가로지르는 절삭 헤드의 1회 통과로 함께 이동시킴으로써 홈 및 변형 특징부를 절삭하는 것을 포함한다.

[0018] 본 발명의 다른 실시예는 광학 필름을 제조하기 위한 마스터 공구를 형성하기 위해 표면을 변형시키기 위한 시스템을 포함한다. 시스템은 하나 이상의 절삭 공구를 포함한다. 구동 시스템이 하나 이상의 절삭 공구와 표면 사이의 상대 운동을 제공하도록 구성된다. 절삭 기구가 마스터의 표면 내에 홈을 포함하는 기부 특징부를 절삭하기 위해 절삭 공구를 제어하도록 구성된다. 절삭 기구는 또한 홈의 형상의 급격한 불연속적인 변동부를 생성하도록 홈과 중첩된 변형 특징부를 절삭하도록 구성된다. 변형 특징부는 보통 홈을 절삭한 후에 절삭되지만, 변형 특징부는 홈을 절삭하기 전에 절삭될 수 있다.

[0019] 절삭 기구는 동기화된 플라이 커팅에 의해 기부 특징부 및 변형 특징부 중 하나 또는 둘 모두를 제조하기 위해 절삭 공구를 제어하도록 구성된 동기화된 플라이 커팅 기구 또는 동적인 동기화된 플라이 커팅 기구를 포함할 수 있다. 절삭 기구는 기부 특징부를 절삭하기 위해 사용되는 제1 프로파일을 갖는 하나 이상의 절삭 공구 및 변형 특징부를 절삭하기 위해 사용되는 제2 프로파일을 갖는 하나 이상의 제2 절삭 공구를 포함할 수 있다. 예를 들어, 제1 프로파일 및 제2 프로파일 중 적어도 하나는 둥글거나, 편평하거나, 뭉툭한 팁을 가질 수 있다. 절삭 기구는 표면을 가로지르는 제1 및 제2 절삭 공구의 1회 통과 중에 기부 특징부 및 변형 특징부 둘 모두를 절삭하도록 구성될 수 있다. 제1 절삭 공구 및 제2 절삭 공구는 동기하여 이동하도록 구성된다.

[0020] 몇몇 구현예에서, 절삭 기구는 표면을 가로지르는 절삭 공구의 1회 이상의 제1 통과 중에 기부 특징부를 절삭하고 표면을 가로지르는 절삭 공구의 1회 이상의 제2 통과 중에 변형 특징부를 절삭하도록 구성된다. 다른 구현예에서, 절삭 기구는 표면을 가로지르는 절삭 공구의 1회 통과 중에 절삭 공구들을 함께 이동시킴으로써 기부 및 변형 특징부를 절삭하도록 구성된다.

[0021] 다른 실시예는 광학 필름을 제조하기 위해 사용가능한, 표면을 갖는 마스터 공구를 포함한다. 복수의 홈 및 변형 특징부가 마스터 공구의 표면 상에서 중첩된다. 각각의 특징부는 연관된 홈의 길이보다 작게 연장하고, 연관된 홈의 기울기의 급격한 불연속부에 의해 한정된 영역을 그 영역의 주연부에서 포함한다. 예를 들어, 급격한 불연속부는, 예를 들어 약 0.1도 초과, 약 0.2도 초과, 또는 약 1도 초과의 테이퍼각을 가질 수 있다.

[0022] 다양한 구성에서, 하나 이상의 특징부가 홈의 깊이를 변형시키고, 홈의 내각은 특징부의 내각과 상이하거나, 더 크거나, 더 작다. 몇몇 구성에서, 특징부는 홈의 영역의 깊이를 변형시키고, 홈의 반경은 그 영역의 반경보다 작다.

[0023] 특징부 중 적어도 일부는 홈의 깊이를 변형시키지 않으면서 홈의 측면을 변형시킬 수 있다. 홈 중 일부는 깊이 및/또는 피치가 변할 수 있다. 특징부는 홈의 피크-골 거리를 따라 홈을 변형시킬 수 있다. 특징부는 홈의 깊이를 변화시키거나 그렇지 않을 수 있다.

[0024] 본 발명의 다른 실시예는 광학 필름을 제조하기 위한 마스터를 형성하기 위해 표면을 변형시키기 위한 시스템에 관한 것이다. 시스템은 표면을 준비시키도록 구성되는 제1 절삭 공구를 포함한다. 제2 절삭 공구가 표면 내에 특징부를 절삭하도록 구성된다. 구동 시스템이 절삭 공구와 표면 사이의 상대 운동을 제공한다. 절삭 기구가 표면을 가로지르는 제1 및 제2 절삭 공구의 1회 통과 중에 표면을 준비시키고 특징부를 절삭하도록 제1 절삭 공

구 및 제2 절삭 공구를 이동시킨다. 표면을 준비시킨 후의 표면의 조도(roughness)는 최소 특징부보다 실질적으로 작다.

[0025] 본 발명의 상기 개요는 본 발명의 각각의 실시예 또는 모든 구현예를 기술하고자 하는 것은 아니다. 본 발명의 보다 완전한 이해와 함께, 이점 및 달성(attainment)은 첨부 도면과 관련하여 취해진 하기의 상세한 설명 및 특허청구범위를 참조함으로써 명백해지고 이해될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 실시예에 따라 제조된 마스터 공구를 사용하여 생성된 필름의 일부분의 예를 도시하는 도면.

도 2는 본 발명의 실시예에 따라 변형 특징부와 중첩된, 중첩된 기부 구조물을 갖는 마스터 공구를 제조하도록 구성된 선삭 시스템을 도시하는 도면.

도 3은 본 발명의 실시예에 따라 마스터 공구를 기계가공하기 위한 좌표계를 도시하는 도면.

도 4a는 공구 팁 캐리어의 사시도.

도 4b는 공구 팁을 유지하기 위한 공구 팁 캐리어의 정면도.

도 4c는 공구 팁 캐리어의 측면도.

도 4d는 공구 팁 캐리어의 평면도.

도 5a는 공구 팁의 사시도.

도 5b는 공구 팁의 정면도.

도 5c는 공구 팁의 저면도.

도 5d는 공구 팁의 측면도.

도 6a는 선삭 기계에 절삭 공구 및 이중 단축 액추에이터를 장착하도록 구성된 공구 장착 조립체의 일부분을 도시하는 도면.

도 6b는 절삭 공구 액추에이터에 사용하기 위한 예시적인 압전 트랜스듀서(PZT) 스택의 도면.

도 7a는 공작물 내외로의 실질적으로 동일한 진입각 및 이탈각에 의해 변형 특징부를 생성하도록 사용되는 단속 절삭을 도시하는 도면.

도 7b는 공작물 외로의 이탈각보다 작은 공작물 내로의 진입각에 의해 변형 특징부를 생성하도록 사용되는 단속 절삭을 도시하는 도면.

도 7c는 공작물 외로의 이탈각보다 큰 공작물 내로의 진입각에 의해 변형 특징부를 생성하도록 사용되는 단속 절삭을 도시하는 도면.

도 8은 본 발명의 실시예에 따라 단속 절삭 공정을 사용하여 제조될 수 있는 변형 특징부를 개념적으로 도시하는 도면.

도 9a는 본 발명의 실시예에 따라 궤적 절삭을 위해 선삭 기계에 절삭 공구 및 단축 액추에이터를 장착하도록 구성된 공구 장착부의 일부분을 도시하는 도면.

도 9b는 도 9a에 도시된 단축 액추에이터 배열을 위한 X-Z 평면 내의 절삭 공구의 궤적을 도시하는 도면.

도 9c는 본 발명의 실시예에 따라 마스터 롤의 표면에 대해 실질적으로 수직하게 절삭 공구 팁의 각도를 유지하는 데 사용되는, 액추에이터와 절삭 공구 사이에 장착된 스페이서를 도시하는 도면.

도 9d는 본 발명의 실시예에 따라 마스터 롤의 표면에 대해 실질적으로 수직하게 절삭 공구 팁의 각도를 유지하도록 절삭 공구를 장착하는 공구 생크를 도시하는 도면.

도 9e는 본 발명의 실시예에 따라 마스터 롤의 표면에 대해 실질적으로 수직한 절삭 공구 팁을 제공하도록 래핑된 절삭 공구를 도시하는 도면.

도 10은 본 발명의 실시예에 따라 마스터 공구의 표면 위로의 1회 통과로 중첩된 기부 구조물 및 변형 특징부를 절삭할 수 있는 절삭 기구를 갖는 선삭 기계를 도시하는 도면.

도 11은 본 발명의 실시예에 따른 플라이 커팅 헤드의 분해도.

도 12는 본 발명의 실시예에 따른 플라이 커팅 시스템의 도면.

도 13a는 공작물의 표면을 따라 종방향으로 각각의 홈을 플라이 커팅함으로써 형성된 홈을 도시하는 도면.

도 13b는 공작물의 표면 둘레에 방사상으로 절삭된 홈 세그먼트들을 교차시킴으로써 형성된 홈을 도시하는 도면.

도 14는 헤드가 공작물에 대해 기울어진, 플라이 커팅 헤드 및 공작물의 입면 사시도.

도 15는 본 발명의 실시예에 따라 액추에이터 상에 장착된 절삭 요소의 도면.

도 16은 본 발명의 실시예에 따라 절삭 요소 및 액추에이터의 위치가 제2 액추에이터에 의해 추가로 제어될 수 있는, 액추에이터 상에 장착된 절삭 요소의 도면.

도 17a는 본 발명의 실시예에 따라 마스터 공구 상에 기부 구조물 및/또는 변형 특징부를 형성하도록 사용되는 공구 팁 기하학적 형태를 도시하는 도면.

도 17b 및 도 17c는 각각 도 17a의 공구 팁 기하학적 형태를 포함하는, 마스터 공구 및 광학 필름 상의 기부 구조물 및/또는 변형 특징부를 도시하는 도면.

도 18a는 본 발명의 실시예에 따라 마스터 공구 상에 기부 구조물 및/또는 변형 특징부를 형성하도록 사용되는 공구 팁 기하학적 형태를 도시하는 도면.

도 18b 및 도 18c는 각각 도 18a의 공구 팁 기하학적 형태를 포함하는, 마스터 공구 및 광학 필름 상에 형성된 기부 구조물을 도시하는 도면.

도 19a는 본 발명의 실시예에 따라 마스터 공구 상에 기부 구조물 또는 변형 특징부를 형성하도록 사용되는 공구 팁 기하학적 형태를 도시하는 도면.

도 19b 및 도 19c는 각각 도 19a의 공구 팁 기하학적 형태를 포함하는, 마스터 공구 및 광학 필름 상에 형성된 기부 구조물을 도시하는 도면.

도 20a는 본 발명의 실시예에 따라 마스터 공구 상에 기부 구조물 또는 변형 특징부를 형성하도록 사용되는 공구 팁 기하학적 형태를 도시하는 도면.

도 20b 및 도 20c는 각각 도 20a의 공구 팁 기하학적 형태를 포함하는, 마스터 공구 및 광학 필름 상에 형성된 기부 구조물을 도시하는 도면.

도 21a는 본 발명의 실시예에 따라 마스터 공구 상에 기부 구조물 또는 변형 특징부를 형성하도록 사용되는 공구 팁 기하학적 형태를 도시하는 도면.

도 21b 및 도 21c는 각각 도 21a의 공구 팁 기하학적 형태를 포함하는, 마스터 공구 및 광학 필름 상에 형성된 기부 구조물을 도시하는 도면.

도 22a는 양 소면 상에 회절 요소를 구비한 공구 팁의 측면도.

도 22b는 양 소면 상에서 회절 요소를 구비한 다른 공구 팁의 측면도.

도 23은 하나의 소면 상에 회절 요소를 구비한 공구 팁의 측면도.

도 24a는 단차식 높이 변동을 사용하는 회절 요소를 구비한 공구 팁의 측면도.

도 24b는 단차식 높이 변동을 사용하는 회절 요소를 구비한 다른 공구 팁의 측면도.

도 25는 90° 소면 측면을 따라 회절 요소를 구비한 공구 팁의 측면도.

도 26은 편평 팁을 따라 회절 요소를 구비한 공구 팁의 측면도.

도 27은 만곡된 팁을 따라 회절 요소를 구비한 공구 팁의 측면도.

도 28은 단차식으로 형성된 회절 요소를 구비한 공구 팁의 측면도.

도 29는 렌즈형 형상을 갖는 회절 요소를 구비한 공구 팁의 측면도.

도 30은 만곡된 소면을 따라 회절 요소를 구비한 공구 팁의 측면도.

도 31은 다수의 선형 소면을 따라 회절 요소를 구비한 공구 팁의 측면도.

도 32는 본 발명의 실시예에 따라 기부 구조물의 높이의 변동을 일으키기 위해 x 방향으로의 절삭 공구의 저 주파수 이동을 사용하여 마스터 공구를 절삭함으로써 생성된 기부 구조물을 도시하는 도면.

도 33은 본 발명의 실시예에 따라 피치의 변동을 일으키는 z 방향으로의 절삭 공구의 저 주파수 이동을 사용하여 마스터를 절삭함으로써 생성된 광학 필름 구조물 구성을 도시하는 도면.

도 34는 본 발명의 실시예에 따라, 그 길이를 따라 피치가 변하는 제2 세트의 기부 구조물들이 끼워 넣어진 길이를 따라 높이가 변하는 제1 세트의 기부 구조물들을 도시하는 도면.

도 35는 본 발명의 실시예에 따라 절삭 공구의 저 주파수 z 방향 이동 및 절삭 공구의 고 주파수 x 방향 이동을 사용하여 마스터 공구를 절삭함으로써 형성된 기부 구조물을 도시하는 도면.

도 36a 및 도 36b는 본 발명의 실시예에 따라, 궤적을 따라 마스터 공구를 절삭함으로써 형성된 x 및 z 축 편위를 갖는 기부 구조물을 도시하는 도면.

도 36c는 실질적인 높이 변동이 없이 피치 변동을 가진 프리즘을 갖는 구조물의 단면도.

도 37a는 본 발명의 실시예에 따라 피크를 상승시키고 영역 내의 피크에 반경을 도입함으로써 아래에 놓인 기부 구조물의 영역을 변형시키는 특징부를 갖는 구성을 도시하는 도면.

도 37b는 본 발명의 실시예에 따라, 피크를 상승시킴으로써 아래에 놓인 기부 구조물의 영역을 변형시키는 특징부를 갖고 또한 변형 특징부의 영역 내의 피크의 반경은 기부 특징부의 피크의 반경과 상이한, 구성을 도시하는 도면.

도 38은 본 발명의 실시예에 따라, 피크를 상승시킴으로써 아래에 놓인 기부 구조물의 영역을 변형시키는 특징부를 갖고 변형 특징부가 또한 기부 구조물의 피크-골 거리의 대부분에 영향을 주는, 구성을 도시하는 도면.

도 39는 본 발명의 실시예에 따라 기부 구조물 홈 및 홈의 양 측면에 영향을 주는 변형 특징부를 포함하는 구성을 도시하는 도면.

도 40은 본 발명의 실시예에 따라 기부 구조물 홈 및 홈의 일 측면에만 영향을 주는 변형 특징부를 포함하는 구성을 도시하는 도면.

도 41a는 본 발명의 실시예에 따라 변형 특징부가 회절 요소를 포함하는 구성을 도시하는 도면.

도 41b는 본 발명의 실시예에 따라 기부 구조물 및 2가지 유형의 변형 특징부를 포함하는 구성을 도시하는 도면.

도 42는 본 발명의 실시예에 따라, 변형 특징부가 만곡된 측면을 가지며 변형 특징부의 영역 내의 피크 내각이 기부 특징부의 내각보다 큰, 구성을 도시하는 도면.

도 43은 본 발명의 실시예에 따라, 변형 특징부와 중첩되고 피치 변동을 갖는 프리즘들이 끼워 넣어진 기부 구조물들로서의 직선 삼각형 프리즘을 예시하는 구성을 도시하는 도면.

도 44는 본 발명의 실시예에 따라, 기부 프리즘을 형성하는 반경을 갖는 더 좁은 끼인각을 갖는 가변 깊이 홈에 의해, 그리고 절삭 공구의 연속적인 z 축 운동에 의해 홈을 따라 재절삭함으로써, 형성될 수 있는 구조물을 도시하는 도면.

도 45a 내지 도 45c는 본 발명의 실시예에 따라 변형 특징부와 중첩된 일련의 기부 구조물을 포함하는 광학 필름의 상이한 배율의 사진.

본 발명이 다양한 변형과 대안적 형태를 따를 수 있지만, 그 특정 실시예가 예로서 도면에 도시되고 상세히 설명될 것이다. 그러나, 본 발명이 설명된 특정 실시예로 제한되지 않는다는 것이 이해되어야 한다. 반대로, 첨부된 특허청구범위에 의해 한정되는 본 발명의 범주 내에 속하는 모든 변형예, 등가물 및 대안을 포함하고자 하는 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 예시된 실시예들의 이하의 설명에서, 본 명세서의 일부를 형성하는 첨부 도면을 참조하며, 도면에서는 본 발명이 실시될 수 있는 다양한 실시예가 예로서 도시되어 있다. 다른 실시예들이 이용될 수 있고, 구조적 및 기능적 변화가 본 발명의 범주로부터 벗어나지 않고서 이루어질 수 있음을 이해하여야 한다.

[0028] 마스터 공구는 광학 및/또는 다른 유형의 미세복제된 필름의 제조에 사용된다. 예를 들어, 미세복제 특징부는 원하는 광학 구조물의 네거티브, 즉 상보체(complement)로서 마스터 공구의 표면 내로 절삭될 수 있다. 그 후, 마스터 공구는, 예를 들어 엠보싱, 압출, 캐스트, 및 경화, 및/또는 다른 공정을 통해 필름 상에 미세복제된 광학 구조물을 형성함으로써 필름을 제조하도록 사용된다.

[0029] 광학 필름은 백라이트형 디스플레이(backlit display)의 광학 특성을 제어하는 데 특히 유용하다. 예를 들어, 휘도 향상 필름(brightness enhancement film, BEF)이 원하는 관찰 축(viewing axis)을 따라 광을 지향시키기 위해 광학 구조물을 사용하고, 따라서 관찰자에 의해 인지되는 광의 휘도를 향상시킨다. 백라이트형 컴퓨터 디스플레이 스크린은, 소정의 선택된 방향으로는 높고 균일한 휘도를 그리고 다른 방향으로는 더 낮은 휘도를 동시에 유지하면서 높은 콘트라스트 및 높은 전체 휘도를 갖는 스크린을 생성하기 위해 다수의 상이한 필름을 사용할 수 있다. 그러한 스크린은 프리즘형 BEF 필름 또는 렌즈형 필름과 조합된 확산 필름과 같은, 여러 유형의 필름을 사용할 수 있다.

[0030] 컴퓨터 디스플레이와 같이 근접 관찰용으로 의도된 디스플레이에 대한 표면적인 요건은 매우 높다. 디스플레이는 장기간 동안 근접하여 관찰되며, 따라서 매우 작은 결함도 발견되어 관찰자에게 거슬림을 야기할 수 있다. 물리적 결함은 반점(speck), 보풀(lint), 스크래치(scratch), 봉입물(inclusion) 등과 같은 결함을 포함한다. 결함은 또한 광학 현상과 연관될 수 있다. 가장 일반적인 광학 결함 중에는 "웨트-아웃(wet-out)", 뉴턴 링(Newton's ring), 및 모아레(Moiré) 효과가 있다. 또한, 소정의 조건 하에서, 추출 특징부와 같은 백라이트형 구성요소가 디스플레이를 통해 관찰자에 의해 관찰가능할 수 있다. 이들이 의도적으로 배치된 특징부이지만, 이들이 관찰가능해지면, 이들은 관찰자에 대한 디스플레이의 외관을 저하시킨다는 점에서 결함과 유사하다.

[0031] 본 발명의 실시예는 향상된 광학 특징을 갖는 광학 필름을 형성하여 필름을 디스플레이 응용에 사용하기에 특히 유리해지도록 하는 데 사용되는 마스터 공구를 기계가공하기 위한 방법 및 시스템에 관한 것이다. 접근법은 마스터 표면 내에 기부 구조물을 형성하는 단계 및 기부 특징부와 중첩되는 변형 특징부를 형성하는 단계를 포함하는 제조 공정을 포함한다. 기부 및 변형 특징부가 임의의 순서로 형성될 수 있지만, 변형 특징부는 이들이 아래에 놓인 기부 특징부의 구조를 변형시키기 때문에 편의상 그와 같이 나타낸다. 본 발명의 실시예에 따라 형성된 마스터 공구는 광학 필름의 주 표면 상에서의 단일체 미세구조물 영역의 제조를 허용한다.

[0032] 예를 들어, 몇몇 실시예에서, 기부 구조물은 연속적인 특징부이고, 변형 특징부는 기부 특징부와 중첩된 이산된 특징부이다. 이러한 실시예에서, 연속적인 기부 구조물의 길이는 이산된 변형 특징부의 길이보다 몇 단위 더(many orders of magnitude)만큼 상당하게 더 길다. 몇몇 실시예에서, 기부 구조물의 길이는 변형 특징부의 길이보다 상당하게 더 길지는 않을 수 있다. 일 실시예에서, 기부 특징부는 삼각형 프리즘을 포함하고, 변형 특징부는 (마스터 표면의 평면에 대해 수직한) x 방향 및 (마스터 표면의 평면에 대해 평행한) z 방향 중 하나 또는 둘 모두로 기부 구조물을 변형시킨다. 변형 특징부는 기부 구조물의 기울기 또는 형상의 급격한 불연속부가 있는 주연부에 의해 한정된 영역 내에서 기부 구조물을 변형시킨다.

[0033] 변형 특징부는 기부 구조물의 상부 및/또는 측면을 변형시킬 수 있다. 몇몇 실시예에서, 변형 특징부는 기부 구조물 홈의 깊이를 증가시킨다. 몇몇 실시예에서, 변형 특징부는 높이 치수를 변화시키지 않고서 기부 구조물의 측면에만 영향을 준다. 또 다른 실시예에서, 변형 특징부는 깊이를 증가시키고 기부 구조물의 측면을 변형시킬 수 있다.

[0034] 기부 구조물과 변형 특징부의 중첩은 마스터 공구로부터 형성된 필름 내에 바람직한 광학 특성들의 조합을 생성하기 위해 채용될 수 있다. 기부 구조물을 변형시키는 특징부를 사용하여 달성될 수 있는 바람직한 광학 특성들의 비제한적이며 대표적인 세트는 본 명세서에서 설명되는 추가의 유리한 특성과 함께, 향상된 광 확산 특징을 수반하는 광 지향 및/또는 재순환, 개선된 내구성 및 인성, 결함 은폐 및/또는 광학 결함의 감소를 포함한다. 휘도 향상 필름과 관련하여, 예를 들어 본 발명의 접근법은 특정 설계 기준 또는 원하는 광학 특징 세트, 예컨대 이득, 인성, 확산, 결함 감소, 및 결함 은폐에 대해 맞춰진 광학 필름을 제조하는 능력을 향상시킨다.

[0035] 본 명세서에서 설명되는 접근법에 의해 제조된 마스터 공구를 사용하여 생성된 필름(100)의 일부분의 예가 도 1에 도시되어 있다. 이러한 예에서, 다른 예에서와 같이, 마스터 공구 내에 형성된 특징부는 필름 특징부의 상

보체(네거티브)이다. 따라서, 필름의 구조와 마스터 공구의 구조는 마스터 표면 상의 국소적 최저부가 필름이 제조될 때 필름 상의 국소적 최고부에 대응하도록 대응한다.

[0036] 이러한 예에서, 필름(100)은 광 지향 필름, 예컨대 광 재순환 휘도 향상 필름에 대해 사용되는 구조의 전형이다. 필름(100)은 마스터 공구 내로 절삭된 홈에 대응하는 다수의 선형 삼각형 프리즘(105)을 포함하는 기부 구조물을 포함한다. 이러한 예에서, 선형 삼각형 프리즘이 기부 특징부로서 예시되지만, 다른 프리즘형 또는 비프리즘형 형상이 또한 적용가능하다.

[0037] 예시적인 필름(100)에서, 변형 특징부(110)가 선형 삼각형 프리즘(105)의 소면을 따라 기부 구조물(105)과 중첩된다. 도 1에 도시된 바와 같이, 변형 특징부(110)는 선형 프리즘(105)에 의해 한정된 아래에 놓인 기부 구조물의 측면(106)의 변형과 연관된다. 이러한 예에서, 변형 특징부(110)는 프리즘 홈의 측면을 따른 위치들에서 마스터 공구 내에 이산되고 단속된 절삭부를 제조함으로써 형성될 수 있다. 단속된 절삭부는 마스터 공구 표면에 대해 평행한 z 방향으로의 절삭 공구의 신속한 이동에 의해 제조될 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 마스터 공구 표면에 대해 수직인 x 방향으로의 신속한 이동이 이루어질 수 있거나, x 성분 및 z 성분을 모두 갖는 방향으로의 절삭 공구의 신속한 이동, 또는 절삭 공구가 아래에 놓인 기부 구조물보다 마스터 공구 표면 내로 더 깊이 절개하게 하는 방식으로의 절삭 공구의 다른 이동이 이루어질 수 있다. 본 명세서에서 설명되는 바와 같은 단속된 절삭부는 절삭 공구가 기부 특징부의 형상을 변경시키는 급격한 불연속적인 주연부에 의해 한정된 영역을 생성하는 이산된 절삭부를 제조하는 공정을 포함한다. 필름(100) 및 마스터 공구에 대해 사용되는 좌표계는 도 1에 도시되어 있고, 도 3과 관련하여 더 상세하게 설명된다.

[0038] 바로 전에 설명된 단속 절삭 기술에 의해 형성된 이산된 광학 특징부는 아래에 놓인 기부 구조물의 형상으로부터 급격한 불연속부를 갖는 주연부에 의해 한정된 기부 구조물 내의 영역을 형성한다. 예를 들어, 이산된 특징부(110)는 주연부(125)를 갖는 영역을 형성하고, 이 경우 기울기의 급격한 불연속적인 변화가 아래에 놓인 삼각형 프리즘(105)의 측면(106)에서 발생한다. 이러한 급격한 불연속적인 주연부(125)의 형성은 본 명세서에서 더 상세하게 설명되는 바와 같은 동적 제어되는 플런지 커팅(dynamically controlled plunge cutting) 또는 동적 제어되는 동기화된 플라이 커팅(dynamically controlled synchronized fly-cutting)에 의한 단속 절삭을 포함하는, 동적 제어되는 단속 절삭 공정을 통해 달성될 수 있다.

[0039] 급격한 불연속적인 주연부를 갖는 변형 특징부를 포함하는 광학 필름은 유리하게는 그러한 특징부를 갖지 않는 필름과 비교할 때 향상된 확산 특징을 제공할 수 있다. 기부 구조물 상의 급격한 불연속적인 변형 특징부의 중첩은 이득, 광학 확산, 및/또는 결함 감소 특성(예컨대, 웨트아웃 방지 및/또는 모아레 방지)을 제어하는 능력을 제공하고, 이는 특정 응용을 위해 설계된 필름을 생성하는 능력을 향상시킨다.

[0040] 연속적인, 단속되지 않은 절삭 기술은 동적으로 제어되더라도 더욱 점진적인 전이부를 생성하여, 단속되지 않은 절삭에 의해서는 본 명세서에서 설명되는 필름의 향상된 광학 특징을 제공하는 급격한 불연속부를 형성하는 것을 어렵게 한다. 변형 특징부는 기부 구조물의 형성 이전에 또는 기부 구조물의 형성 이후에 형성될 수 있다. 단속된 절삭부는, 예를 들어 고속 공구 서보 액추에이터를 사용하여 동적으로 제어되는 플런지 커팅 또는 플라이 커팅에 의해 제조될 수 있다.

[0041] 몇몇 실시예에서, 기부 구조물 및/또는 변형 특징부는 선삭 기계(turning machine)의 사용을 통해 형성된다. 선삭 기계는 절삭 공구가 마스터 내로 침투하는 깊이 및 마스터의 표면을 따른 절삭 공구의 측방향 운동을 독립적으로 제어할 수 있다. 또한, 선삭 기계는 원통형 마스터의 회전 속도를 독립적으로 제어할 수 있다.

[0042] 본 발명의 실시예에 따른 중첩된 기부 구조물(210) 및 변형 특징부(211)를 갖는 원통형 마스터 공구를 제조하도록 구성된 선삭 시스템이 도 2에 도시되어 있다. 원통형 마스터 롤(200)이 드럼 구동기(204)에 의해 축(202)을 중심으로 회전된다. 이러한 예에서, 마스터(200)가 형태가 원통형인 것으로 도시되어 있지만, 대안적인 구성에서, 마스터는 평면형이거나 다른 형상을 취할 수 있다. 기부 특징부(210)가 동심 홈을 플런지 커팅함으로써 또는 마스터(200) 상에 홈을 스레드 커팅(turning machine)함으로써, 즉 마스터(200)의 표면 내로 절삭하면서 절삭 공구(208)를 z 방향으로 병진 이동시킴으로써, 마스터(200) 내로 절삭될 수 있다. 변형 특징부를 형성하는 이산된 절삭부(211)는 기부 특징부(210)와 중첩하여 마스터 내로 절삭될 수 있다. 예를 들어, 변형 특징부는 절삭 공구(208)의 신속한 이동을 통한 단속 절삭에 의해 형성될 수 있다.

[0043] 몇몇 구현예에서, 제어기(206)가 나사형성된 절삭부 또는 동심 절삭부를 제조하기 위해, 회전하는 마스터(200)를 따라 절삭 공구(208)를 이동시키도록 절삭 공구 장착부(209)를 Z 방향으로 측방향으로 구동시킨다. 제어기(206)는 드럼 구동기(204)의 속도를 제어하고 마스터(200)의 각도 위치(angular position, Ψ)를 모니터링할 수

있다.

[0044] 몇몇 실시예에서, 절삭 공구(208)는 실질적으로 일정한 깊이 및 피치를 갖는 마스터(200) 내의 연속적인 홈(210)을 절삭하도록 배향될 수 있다. 다른 실시예에서, 연속적인 특징부(210)의 깊이 및/또는 피치는 "빠른" 및/또는 "느린" 편위(excursion)를 포함할 수 있다. 연속적인 특징부를 절삭할 때, 절삭 공구의 "빠른" 편위는 특정한 연속적인 특징부의 길이를 따른 변동부를 갖는 필름을 생성하는 데 사용될 수 있다. 절삭 공구의 "느린" 편위는 특징부마다 변하는 연속적인 특징부를 생성하는 데 사용될 수 있다.

[0045] 예를 들어, 긴 v자 형상의 홈을 절삭할 때, 마스터 표면의 표면에 대해 수직인 방향을 따른 절삭 공구의 빠른 편위는 각각의 프리즘을 따라 높이의 변동을 보이는 필름을 생성하는 데 사용될 수 있다. 마스터 표면의 표면에 대해 수직인 방향을 따른 절삭 공구의 느린 편위는, 각각의 프리즘의 길이를 따라 일정한 높이를 갖는 프리즘을 갖지만 프리즘마다 높이의 변동을 가져서 제1 프리즘이 이웃하는 프리즘의 높이와 상이한 높이를 갖는 필름을 생성하는 데 사용될 수 있다. 절삭 공구의 연속적인 빠른 및 느린 편위는 마스터를 절삭할 때 함께 사용될 수 있어서, 마스터로부터 생성된 필름은 프리즘마다의 변동부에 추가하여 각각의 프리즘의 길이를 따른 연속적인 변동부를 갖는 프리즘을 포함한다. 빠른 및/또는 느린 편위는 x, y, 및 z 방향 중 임의의 하나 이상에서 이루어질 수 있다.

[0046] 제어기(206)는, 마스터 표면에 대해 평행한 z 방향으로의 절삭 공구의 느린 편위를 생성하고 마스터의 표면에 대해 수직인 x 방향으로의 절삭 공구의 느린 편위를 생성하도록, 절삭 공구 장착부(209)의 이동을 제어하도록 구성가능하다. 장착부(209)의 운동은 고속 서보 액추에이터(238)의 스트로크(stroke) 길이를 초과하는 진폭을 갖는 마스터(200) 내로 절삭된 표면의 변동부를 생성하도록 사용될 수 있다.

[0047] 제어기(206)는 또한 홈의 깊이 및/또는 피치의 연속적인 고 주파수 변동을 형성할 수 있는 절삭 공구의 빠른 편위를 생성하기 위해 하나 이상의 고속 서보 액추에이터(238)를 통해 절삭 공구(208)의 고속 이동을 제어할 수 있다. 절삭 공구의 매우 빠른 편위는 또한 마스터(200) 내에 급격한 불연속적인 특징부를 형성하는 이산되고 단속된 절삭부(211)를 제조하도록 사용될 수 있다. 단속된 절삭부(211)는 고속 공구 서보(fast tool servo, FTS)를 통해 절삭 공구의 이동에 의해 제조될 수 있다. 급격한 불연속적인 특징부의 형성은 절삭 공구가 신속하게 마스터 공구의 표면 내로 삽입되고 그 다음 취출되는 단속 절삭을 통해 가능하다.

[0048] 연속적인 절삭에 의해 형성된 특징부 및 단속 절삭에 의해 형성된 특징부를 중첩시키는 것은 표면 위에서의 절삭 헤드의 1회 통과 또는 다수 회 통과로 달성될 수 있다. 예를 들어, 기부 구조물은 1회 이상의 통과로 형성될 수 있고, 변형 특징부는 다른 1회 이상의 통과로 형성될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 다수 회 통과는 각각의 통과 중에 동일한 절삭 공구 프로파일을 사용하여 표면 위에서 이루어질 수 있다. 몇몇 실시예에서, 상이한 프로파일의 절삭 공구가 표면 위에서의 상이한 통과들 중에 사용된다. 몇몇 실시예에서, 기부 구조물 및 변형 특징부 모두는 도 10에 도시된 바와 같이 마스터 공구 표면 위에서 함께 이동하는 2개 이상의 절삭 헤드를 사용하여 1회 통과로 마스터 내에 절삭될 수 있다.

[0049] 절삭 공구(208)와 마스터 표면(200) 사이의 각도(Θ)가 제어될 수 있다. 절삭 공구(208)의 크기 및 형상은 마스터(200)가 사용되어 제조할 필름의 특정 유형에 따라 선택된다.

[0050] 제어기(206)는 절삭 공구(208)의 이동을 제어하는 제어 신호를 발생시킨다. 예를 들어, 제어기(206)는 마스터(200)의 표면 내에 실질적으로 일정한 깊이의 특징부를 절삭하기 위해 x 방향으로 절삭 공구(208)를 이동시키거나, 스레드 커팅 또는 동심 홈 커팅에 의해 절삭 공구(208)가 실질적으로 일정한 피치를 갖는 홈을 절삭하게 하도록 z 방향으로 절삭 공구(208)를 이동시키는, 장착부(209)로 전달되는 신호를 발생시킬 수 있다. 제어기(206)는 마스터(200) 내로 절삭되는 특징부의 깊이의 대응하는 느린 변동을 생성하는, 공구 장착부(209)로 전달되는 신호의 느린 변동을 발생시킬 수 있다. 제어기는 홈들 사이에 피치의 대응하는 느린 변동을 생성하는, 공구 장착부(209)로 전달되는 신호의 느린 변동을 발생시킬 수 있다.

[0051] 제어기(206)는 x 및/또는 z 방향으로의 절삭 공구(208)의 위치를 추가로 제어하는 하나 이상의 고속 공구 서보(FTS) 액추에이터(238)에 신호를 제공할 수 있다. 액추에이터(238)는 x 및/또는 z 방향으로의 절삭 공구(208)의 연속적인 고속 이동을 생성하도록 사용될 수 있다. 액추에이터(238)는 이산된, 급격한 불연속적인 변형 특징부(211)를 형성하는 단속된 절삭부를 제조하기 위해 x 및/또는 z 방향으로의 절삭 공구의 매우 신속한 운동을 제공할 수 있다.

[0052] 각각의 변형 특징부는, 예를 들어 1 마이크로미터, 수 마이크로미터, 수십 마이크로미터 미만 정도의 길이, 또는 그보다 큰 길이를 가질 수 있다. 변형 특징부는, 예를 들어 아래에 놓인 기부 구조물의 피크를 약 0.5 마이

크로미터 내지 약 3 마이크로미터만큼 상승시킬 수 있다.

[0053] 제어기(206)에 의해 발생된 제어 신호는 마스터(200)의 회전에 대해 동기적일 수 있다. 절삭 공구(208)의 이동은 규칙적이거나 불규칙적일 수 있다. 절삭 공구의 규칙적인 이동은 주기적이거나 비주기적일 수 있다. 몇몇 구현예에서, 각각의 마스터 공구에 대해 동일한 신호를 반복하여, 이들이 동일한 패턴을 포함하고 최종 구조물이 롤마다 동일한 것이 바람직하다. 제어기의 제어 하에서, 절삭 공구는 무작위적인 패턴 또는 의사무작위적인(pseudorandom) 패턴을 생성하는 방식으로 이동될 수 있다.

[0054] 하나 이상의 액추에이터(238)는 절삭 공구 장착부(207)의 이동에 의해 보통은 획득될 수 없는 속도로 절삭 공구(208)를 이동시키도록 작동할 수 있다. 각각의 액추에이터(238)는 제어기(206)로부터의 전기 신호를 절삭 공구(208)의 운동을 궁극적으로 제어하는 액추에이터(238)의 이동으로 변환시키기 위한 압전 트랜스듀서(piezoelectric transducer, PZT) 또는 다른 트랜스듀서와 같은, 트랜스듀서를 갖는 단축 고속 공구 서보를 포함한다. 절삭 공구(208)는 x 및 z 방향으로의 이동이 가능하도록 하나 또는 다수의 단축 액추에이터(238)에 의해 제어될 수 있다.

[0055] 고속 서보 액추에이터의 응답의 주파수 상한은 수 킬로 헤르츠 내지 수십 킬로 헤르츠의 범위 내에 놓일 수 있지만, 절삭 공구 장착부(209)의 주파수 응답은 전형적으로 5 Hz 이하이다. 예를 들어, 공구 장착부(209)의 이동은 약 500,000 마이크로미터의 거리(파장)에 걸쳐 약 0.5 마이크로미터 내지 약 50 마이크로미터의 홈 피치의 저 주파수 변동을 달성할 수 있다. 공구 장착부(109)의 이동은 약 2,000,000 마이크로미터의 파장을 가지고서 약 0.5 마이크로미터 내지 약 50 마이크로미터의 홈 깊이의 저 주파수 변동을 달성할 수 있다. 액추에이터(238)가 생성하는 스트로크의 길이는, 예를 들어 약 5 마이크로미터 내지 약 500 마이크로미터의 파장을 가지고서 50 마이크로미터 미만, 또는 약 0.5 마이크로미터 내지 약 50 마이크로미터의 범위일 수 있다. 스트로크의 길이와 상한 주파수 응답 사이에 절충(trade-off)이 있을 수 있음이 이해될 것이다.

[0056] 미세복제 마스터 공구는 본 명세서에서 예시되는 기부 특징부 및 급격한 불연속적인 변형 특징부를 포함하는, 원하는 광학 형상에 대해 상보적인 특징부를 갖는 원통형 롤로서 형성될 수 있다. 마스터가 본 명세서에서 원통형 롤로서 예시되지만, 이는 대안적으로는 평면형, 만곡형, 볼록형 또는 오목형과 같은 다른 형상을 취할 수 있다. 마스터의 표면은 전형적으로 경질 구리의 것이지만, 알루미늄, 니켈, 강철 또는 플라스틱(예를 들어, 아크릴)과 같은 다른 재료가 또한 사용될 수 있다.

[0057] 미세복제 마스터 공구가 형성되면, 이는 미세복제된 광학 필름을 생성하기 위한 마스터로서 사용될 수 있다. 광학 필름은 공구 상에서의 중합체 재료의 캐스팅-경화, 엠보싱, 압출, 압축 성형, 및/또는 사출 성형과 같은 방법에 의해 본 발명에 따라 준비된 공구를 사용하여 제조될 수 있다. 캐스팅-경화가 대체로 바람직하고, 광학 필름이 제조될 수 있는 재료는 폴리카르보네이트 및 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET)를 포함한다. 광학 필름은 단일 층(모노리식)으로 제조될 수 있거나, 배킹 층이 하나의 재료를 포함하고 기부 구조물 및 변형 특징부(홈 및/또는 다른 구조물)를 포함하는 미세구조화된 층이 다른 재료를 포함하도록 2개 이상의 층을 포함할 수 있다. 미세구조화된 층은 본 명세서에서 설명되는 바와 같이 제조된 마스터 공구를 사용하여 단일체 구조물로서 형성될 수 있다.

[0058] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 마스터 공구의 구조는 제조 공구를 형성하기 위한 캐스팅-경화 공정에 의해, 중합체 재료의 벨트 또는 웨브와 같은 다른 매체 상에 전사될 수 있다. 이러한 제조 공구는 그 후 본 명세서에서 설명되는 유형의 미세복제된 물품을 제조하도록 사용된다. 이는 마스터 공구의 표면에 대응하는 표면을 갖는 물품을 생성한다. 전기주조(electroforming)와 같은 다른 방법이 또한 마스터 공구를 복제하는 데 사용될 수 있다. 중간 공구로 지칭될 수 있는 그러한 복제물은 그 후 미세복제된 물품을 생성하도록 사용될 수 있다.

[0059] 도 3은 도 2에 도시된 절삭 공구(208)와 같은 절삭 공구에 대한 좌표계를 도시하는 도면이다. 좌표계는 공작물(364)에 대한 공구 팁(362)의 이동에 대해 도시되어 있다. 공구 팁(362)은 전형적으로 (도시 안된) 액추에이터에 부착된 캐리어(360)에 부착된다. 좌표계는 이러한 예시적인 실시예에서, x 방향(366), y 방향(368), 및 z 방향(370)을 포함한다. x 방향(366)으로의 이동은 공작물(364)에 대해 실질적으로 수직한 방향으로의 이동을 지칭한다. y 방향(368)으로의 이동은 공작물(364)의 회전 축에 대해 실질적으로 수직한 방향으로와 같이, 공작물(364)을 횡방향으로 가로지르는 방향으로의 이동을 지칭한다. z 방향(370)으로의 이동은 공작물(364)의 회전 축에 대해 실질적으로 평행한 방향으로와 같이, 공작물(364)을 측방향으로 따르는 방향으로의 이동을 지칭한다. 공작물의 회전은 화살표(353)에 의해 표시된 바와 같이, c 방향으로 지칭된다. 공작물이 롤 형태와는 대조적으로, 평면형 형태로 구현되는 경우, y 방향 및 z 방향은 x 방향에 대해 실질적으로 수직한 방향으로의 공작물을 가로지른 상호 직교하는 방향으로의 이동을 지칭한다. 평면형 형태의 공작물은, 예컨대 회전 디스크 또는 평면

형 재료의 임의의 다른 구성을 포함할 수 있다.

[0060] 도 4a 내지 도 4d는 액추에이터에 의해 제어되도록 PZT 스택에 장착되는, 예시적인 공구 팁 캐리어(490)의 도면이다. 도 4a는 공구 팁 캐리어(490)의 사시도이다. 도 4b는 공구 팁 캐리어(490)의 정면도이다. 도 4c는 공구 팁 캐리어(490)의 측면도이다. 도 4d는 공구 팁 캐리어(490)의 평면도이다.

[0061] 도 4a 내지 도 4d에 도시된 바와 같이, 공구 팁 캐리어(490)는 평면형 후방 표면(492), 테이퍼진 전방 표면(494), 및 각도를 이루거나 테이퍼진 측면을 갖는 돌출 표면(498)을 포함한다. 개구(496)는 PZT 스택의 기둥 상으로의 공구 팁 캐리어(490)의 장착을 제공한다. 테이퍼진 표면(498)은 공작물의 기계가공을 위한 공구 팁의 장착에 사용될 것이다. 이러한 예시적인 실시예에서, 공구 팁 캐리어(490)는 PZT 스택에 장착될 때 더 많은 표면적 접촉을 제공함으로써 공구 팁 캐리어(490)를 장착하는 안정성을 향상시키기 위한 평면형 표면을 포함한다. 공구 팁 캐리어(490)는 질량을 감소시키기 위해 테이퍼진 전방 표면을 포함한다. 공구 팁 캐리어(490)는 접착제, 경납땜, 연납땜, 볼트와 같은 체결구의 사용에 의해 또는 다른 방식으로 PZT 스택의 기둥에 장착될 수 있다.

[0062] 예를 들어 특정 실시예의 요건에 근거하여 공구 팁 캐리어의 다른 구성이 가능하다. "공구 팁 캐리어"라는 용어는 공작물을 기계가공하기 위해 공구 팁을 보유하는 데 사용되는 임의의 유형의 구조물을 포함하고자 한다. 공구 팁 캐리어(490)는, 예를 들어 하기의 재료들 중 하나 이상의 재료로 구현될 수 있다: 즉, 초경합금(sintered carbide), 질화규소, 탄화규소, 강철, 티타늄, 다이아몬드, 또는 합성 다이아몬드 재료. 공구 팁 캐리어(490)용 재료는 바람직하게는 강성이고 질량이 낮다.

[0063] 도 5a 내지 도 5d는 접착제, 경납땜, 연납땜의 사용에 의해 또는 다른 방식으로 공구 팁 캐리어(490)의 표면(498)에 고정되는 예시적인 공구 팁(500)의 도면이다. 도 5a는 공구 팁(500)의 사시도이다. 도 5b는 공구 팁(500)의 정면도이다. 도 5c는 공구 팁(500)의 저면도이다. 도 5d는 공구 팁(500)의 측면도이다. 도 5a 내지 도 5d에 도시된 바와 같이, 공구 팁(500)은 측면(504), 테이퍼지고 각도를 이룬 전방 표면(506), 및 공구 팁 캐리어(490)의 표면(498)에 공구 팁을 고정시키기 위한 하부 표면(502)을 포함한다. 공구 팁(500)의 전방 부분(505)은 액추에이터의 제어 하에서 공작물의 기계가공을 위해 사용된다. 공구 팁(500)은, 예를 들어 다이아몬드 슬래브(diamond slab)로 구현될 수 있다. 공구 팁(500)은 아래에서 더 상세하게 예시되는 바와 같이 다양한 절삭 프로파일을 달성하기 위한 다양한 구성을 갖도록 제조될 수 있다.

[0064] 도 6a는 선삭 기계에 절삭 공구(635), 공구 팁 캐리어(636) 및 고속 공구 액추에이터(618, 616)를 장착하도록 사용되는 공구 장착 조립체(600)의 일부분을 도시한다. 공구 장착 조립체(600)는 x 방향 액추에이터(618), z 방향 액추에이터(616), 및 절삭 공구(635)를 보유할 수 있는 본체(612)를 포함한다. 이러한 예에서, 액추에이터(616, 618)는 PZT 스택이다. PZT 스택(618, 616)은 절삭 공구(635)를 x 방향 및 z 방향으로 각각 이동시키도록 배열된다. 몇몇 응용에서, 단지 하나의 PZT 스택이 사용될 수 있다. PZT 스택(618, 616)은 절삭 공구(635)의 정밀 제어 이동을 위해 필요한 안정성을 위하여 공구 장착 조립체(612)에 견고하게 장착된다. PZT 스택(618, 616)은 제어기로부터 신호를 수신하는 전기 접속부(630, 634)를 포함한다. PZT 스택(618, 616)은 예비하중 인가(preloading)를 위해 스택과 공구 팁 캐리어(636) 사이에 위치된 하나 이상의 벨빌 와셔(Belleville washer)를 포함할 수 있다.

[0065] 도 6b는 절삭 공구 내에서 사용하기 위한 예시적인 PZT 스택(672)의 도면이다. PZT 스택은 그에 연결된 공구 팁의 이동을 제공하도록 사용되고, 당업계에 공지된 압전 효과에 따라 작동한다. 압전 효과에 따르면, 소정 유형의 재료에 인가된 전기장이 하나의 축을 따른 재료의 팽창 및 다른 축을 따른 수축을 일으킨다. PZT 스택은 전형적으로, 케이싱(684) 내에 내장되고 기부 판(686) 상에 장착되는 복수의 재료(674, 676, 678)를 포함한다. 이러한 예시적인 실시예에서의 재료들은 PZT 효과를 받는 세라믹 재료로 구현된다. 단지 예시적인 목적으로 3개의 디스크(674, 676, 678)가 도시되어 있으며, 예를 들어 특정 실시예의 요건에 근거하여 임의의 개수의 디스크 또는 다른 재료와 임의의 유형의 형상의 디스크 또는 다른 재료가 사용될 수 있다. 기둥(688)이 디스크에 부착되어 케이싱(684)으로부터 돌출한다. 디스크는, 예를 들어 티탄산바륨, 지르콘산납 또는 티탄산납 재료 - 혼합된, 가압된, 상기 물질 기재의, 그리고 소결된 것 - 와 같은 임의의 PZT 재료로 구현될 수 있다. 또한, 디스크는, 예컨대 자왜 재료(magnetostrictive material)로 구현될 수 있다.

[0066] 라인(680, 682)으로 나타낸 바와 같이, 디스크(674, 676, 678)에 대한 전기 접속은 기둥(688)의 이동을 제공하기 위하여 디스크들에 전기장을 제공한다. PZT 효과로 인해, 그리고 인가된 전기장의 유형에 근거하여, 수 마이크로미터 내의 이동과 같은 기둥(688)의 정밀하면서도 작은 이동이 달성될 수 있다. 또한, 기둥(688)을 구비한 PZT 스택(672)의 단부는 PZT 스택의 예비 하중 인가를 제공하는 하나 이상의 벨빌 와셔에 맞닿아 장착될 수

있다. 벨빌 와셔는 기둥(688) 및 이에 부착된 공구 팁의 이동을 허용하도록 약간의 가요성을 갖는다.

[0067] 마스터 공구를 절삭하기 위해 다수의 액추에이터를 사용하는 시스템이, 모두 2005년 11월 15일자로 출원된, 미국 특허 출원 제11/274723호, 제11/273875호, 제11/273981호, 및 제11/273884호에 설명되어 있다.

[0068] 도 7a 내지 도 7c는 위에서 설명된 예시적인 액추에이터 및 시스템을 사용하는 플런지 커팅에 의한 마스터 공구의 단속 절삭 기계가공을 도시한다. 특히, 도 7a 내지 도 7c는 공구 팁의 가변 진입각 및 이탈각(variable taper-in and taper-out angles)의 사용을 도시하고, 이들 각도는 마스터 및 절삭 공구의 이동의 제어를 통해 제어될 수 있다. 도 7a 내지 7c 각각은 여러 진입각 및 이탈각으로 절삭되기 전후의 마스터의 예를 도시한다. 진입각은 λ_{IN}으로 지칭되며, 이탈각은 λ_{OUT}으로 지칭된다. 진입각 및 이탈각이라는 용어들은 각각 기계가공 중에 공구 팁이 공작물로 진입하는 각도 및 공작물로부터 이탈하는 각도를 의미한다. 진입각 및 이탈각은 공구 팁이 공작물을 통해 이동될 때 공구 팁의 각도와 반드시 일치하는 것은 아니며, 오히려 공구 팁이 공작물과 접촉하는 각도 및 공작물로부터 이탈하는 각도를 말한다. 도 7a 내지 도 7c에서, 공구 팁 및 마스터는, 예를 들어 위에서 설명된 시스템 및 구성요소로 구현될 수 있다.

[0069] 도 7a는 공작물(753) 내외로의 실질적으로 동일한 진입각 및 이탈각을 갖는 단속 절삭(750)을 도시하는 도면이다. 도 7a에 도시된 바와 같이, 공작물(753) 내로의 공구 팁(751)의 진입각(752)은 이탈각(754)과 실질적으로 동일하다($\lambda_{IN} \fallingdotseq \lambda_{OUT}$). 공구 팁(751)이 공작물(753) 내에 있는 지속 기간(duration)은 생성된 미세구조물의 길이 L(756)을 결정한다. 실질적으로 동일한 진입각 및 이탈각을 사용하면, 공구 팁에 의해 공작물로부터 재료를 제거함으로써 생성되는 실질적으로 대칭의 미세구조물(758)이 형성된다. 간격 D(762)만큼 분리된 미세구조물(760)과 같은 추가 미세구조물을 형성하기 위해 이러한 공정은 반복될 수 있다.

[0070] 도 7b는 공작물(767) 내로의 진입각이 공작물 외로의 이탈각보다 작은 단속 절삭을 도시하는 도면이다. 도 7b에 도시된 바와 같이, 공작물(767) 내로의 공구 팁(765)의 진입각(766)은 이탈각(768)보다 작다($\lambda_{IN} < \lambda_{OUT}$). 공구 팁(765)의 공작물(767) 내의 체류 시간(dwell time)은 생성된 미세구조물의 길이(770)를 결정한다. 이탈각보다 작은 진입각을 사용하면, 공구 팁에 의해 공작물로부터 재료를 제거함으로써 생성되는, 예컨대 미세구조물(772)과 같은 비대칭 미세구조물이 형성된다. 간격(776)만큼 분리된 미세구조물(774)과 같은 추가 미세구조물을 형성하기 위해 이러한 공정은 반복될 수 있다.

[0071] 도 7c는 공작물(781) 내로의 진입각이 공작물 외로의 이탈각보다 큰 단속 절삭을 도시하는 도면이다. 도 7c에 도시된 바와 같이, 공작물(781) 내로의 공구 팁(779)의 진입각(780)은 이탈각(782)보다 크다($\lambda_{IN} > \lambda_{OUT}$). 공구 팁(779)의 공작물(781) 내의 체류 시간은 생성된 미세구조물의 길이(784)를 결정한다. 이탈각보다 큰 진입각을 사용하면, 공구 팁에 의해 공작물로부터 재료를 제거함으로써 생성되는, 예컨대 미세구조물(786)과 같은 비대칭 미세구조물이 형성된다. 간격(790)만큼 분리된 미세구조물(788)과 같은 추가 미세구조물을 형성하기 위해 이러한 공정은 반복될 수 있다.

[0072] 도 7a 내지 도 7c에서, 진입각 및 이탈각(752, 754, 766, 768, 780, 782)에 대한 점선은 공구 팁이 공작물로 진입하고 공작물로부터 이탈하는 각도의 예를 개념적으로 도시하도록 의도된다. 공작물의 절삭 중에, 공구 팁은, 예컨대 직선 경로, 곡선 경로, 직선 운동 및 곡선 운동의 조합을 포함하는 경로, 또는 특정 함수에 의해 정의되는 경로와 같은 임의의 특정 유형의 경로로 이동될 수 있다. 공구 팁의 경로는 공작물의 절삭을 완료하기 위한 총 시간과 같은 절삭 파라미터를 최적화하도록 선택될 수 있다.

[0073] 본 발명의 실시예는 아래에 놓인 기부 구조물의 기울기의 급격한 불연속부가 있는 주연부에 의해 한정된 영역을 포함하는 변형 특징부를 형성하기 위한 단속 절삭에 의존하는 공정에 관한 것이다. 예를 들어, 급격한 불연속부는, 예를 들어 약 0.1도 초과, 약 0.2도 초과, 또는 약 1도 초과의 진입각 또는 이탈각(또는 마이크로미터당 기울기의 변화)을 포함할 수 있다. 각각의 변형 특징부는 약 0.5 마이크로미터 내지 약 3 마이크로미터만큼 x 또는 z 방향으로 기부 구조물 내로 절개할 수 있다. 변형 특징부는 길이가 1 마이크로미터 미만으로부터 수 마이크로미터 내지 수십 마이크로미터의 범위일 수 있다.

[0074] 도 8은 기계가공된 공작물을 제조하기 위해 단속 절삭 FTS 액추에이터를 갖는 절삭 공구 시스템을 사용하고 구조화된 필름을 제조하기 위해 그러한 공작물을 사용하여 제조될 수 있는 필름 내의 미세구조물을 개념적으로 도시하는 도면이다. 본 명세서에서 설명되는 바와 같이, 미세구조물(806, 808, 810)과 유사한 특징부가 기부 특징부 상에 중첩될 수 있다.

[0075] 도 8에 도시된 바와 같이, 물품(800)은 상부 표면(802) 및 하부 표면(804)을 포함한다. 상부 표면(802)은 구조

물(806, 808, 810)과 같은 단속 절삭된 미세구조물을 포함하고, 이들 미세구조물은 전술된 액추에이터 및 시스템을 사용하여 공작물을 기계가공하고 이어서 이러한 공작물을 사용하여 코팅 기술을 이용하여 필름 또는 물품을 제조함으로써 제조될 수 있다. 이러한 예에서, 각각의 미세구조물은 길이(L)를 가지며, 순차적으로 절삭된 미세구조물들은 간격(D)에 의해 분리되고, 인접한 미세구조물들은 피치(P)에 의해 분리된다. 기부 구조물 상에 중첩된 도 8에 도시된 것과 같은 단속 절삭된 미세구조물을 갖는 필름을 포함하는 추가의 예시가 본 명세서에서 예시된다.

[0076] 몇몇 실시예에서, 기부 구조물을 형성할 때의 절삭 공구의 연속적인 절삭 운동의 변동, 또는 변형 절삭부를 생성하는 공구 팁 운동, 또는 이 둘 모두가 마스터의 표면에 대한 x 및 z 성분 모두를 갖는 궤적을 따른 운동을 포함할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 본 명세서에서 궤적 절삭으로 지칭되는 궤적을 따른 절삭은 도 6a의 공구 장착 조립체에 의해 예시된 바와 같이 하나의 x 축 액추에이터 및 다른 z 축 액추에이터를 포함할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 궤적 절삭은 절삭 궤적에 대해 정렬된 단축 액추에이터를 사용하여 달성될 수 있다.

[0077] 도 9a는 선삭 기계에 절삭 공구(910) 및 단축 액추에이터(920)를 장착하도록 구성된 공구 장착부(900)의 일부분을 도시한다. 절삭 공구(910) 및 액추에이터(920)는 액추에이터(920)(예컨대, PZT 액추에이터)의 작동이 절삭 공구(910)의 궤적 운동을 생성하도록 배향된다. PZT 액추에이터(920)의 작동은, x 및 z 성분을 모두 가지며 마스터의 표면과 축 이탈된 궤적을 따라 절삭 공구(910)를 이동시킨다.

[0078] 도 9b는 도 9a에 도시된 바와 같은 단축 액추에이터 배열을 위한 x-z 평면 내의 절삭 공구(910)의 궤적(950)을 도시한다. 기부 구조물을 절삭할 때, 절삭 공구(910)는 마스터 공구의 표면 내에 가변 깊이 및 가변 피치 홈을 절삭하기 위해 궤적(950)을 따라 전후로 이동될 수 있다. 기부 구조물을 변형시킬 때, 궤적 절삭은, 예를 들어 도 40의 구조물에 의해 예시된 바와 같이, 기부 구조물의 측면 내로 절삭하도록 구현될 수 있다. 궤적(950)은 원하는 x 성분 및 z 성분의 양에 의존하여 단축 액추에이터에 대해 조정될 수 있다. 최대 사변(hypotenuse) 길이는 단축 액추에이터 이동 능력에 의해 결정된다.

[0079] 예를 들어, 20 마이크로미터 이동이 가능한 PZT 스택에 대해, 액추에이터는 3 마이크로미터의 x 축 성분이 생성되도록 회전될 수 있다. x축 성분이 3 마이크로미터이고, 사변이 20 마이크로미터이면, 액추에이터는 마스터 표면에 대해 8.6도의 각도(Γ)로 배향된다. 피타고라스 정리를 사용하면, z 축 성분은 19.7 마이크로미터로 계산된다.

[0080] 절삭 공구(910)의 팁은 마스터의 표면에 대해 수직하게 배향될 수 있거나, 마스터 표면에 대해 소정 각도로 배향될 수 있다. 공구 팁 배향은 많은 방식으로 달성될 수 있다. 도 9c에 도시된 바와 같이, 배향 스페이서(orienting spacer)(970)가 PZT 액추에이터(920)와 공구 샹크(tool shank)(360) 사이에 채용될 수 있다. 도 9d에 도시된 바와 같이, 공구 샹크(965)가 원하는 기하학적 형태를 직접 포함할 수 있다. 공구(910)는 도 9a에 도시된 바와 같이 샹크(966) 상에서 원하는 각도로 배향될 수 있다. 공구 팁(905)은 도 9e에 도시된 바와 같이 원하는 배향을 포함하도록 래핑되거나(lapped) 형성될 수 있다.

[0081] 앞서 논의된 바와 같이, 도 2 내지 도 9에 도시된 선삭 기계, 절삭 공구 및 기술은 다양한 방법 중 임의의 하나 이상에 의해 기부 구조물 및/또는 변형 특징부를 절삭하도록 사용될 수 있다. 예를 들어, 기부 구조물 및 변형 특징부를 절삭하는 것은, 먼저 나사형성된 연속 홈 또는 순차적인 동심 홈들을 마스터 내에 절삭하기 위해 선삭 기계를 사용하고, 이어서 앞서 절삭된 홈 상에 이산된 특징부를 중첩시키기 위해 선삭 기계를 사용하는 것을 포함하는 다단계 공정으로 수행될 수 있다. 대안적으로, 변형 특징부가 초기에 마스터 표면의 표면 내에 절삭되고, 변형 특징부 위에 중첩된 나사형성된 홈 또는 동심 홈을 절삭하는 단계가 이어질 수 있다.

[0082] 또 다른 예에서, 기부 구조물 및 변형 특징부는 2개 이상의 절삭 공구를 포함하는 절삭 기구를 갖는 선삭 기계를 사용하여 1회 통과 또는 다수 회 통과로 절삭될 수 있다. 도 10은 마스터 표면(1000) 위에서의 절삭 공구(1007, 1008)의 1회 통과로 기부 구조물 및 변형 특징부를 절삭하기 위해 구현될 수 있는 2개의 절삭 공구(1007, 1008)를 구비한 절삭 기구(1030)를 갖는 선삭 기계를 도시한다. 예시를 목적으로, 단지 2개의 절삭 공구가 도 10에 도시되어 있지만, 임의의 수의 절삭 공구가 이러한 방식으로 사용될 수 있다.

[0083] 마스터 공구가 드럼 구동기(1004)의 제어 하에서 축(1002)을 중심으로 회전함에 따라, 제어기(1006)의 제어 하에서, 절삭 공구(1008, 1007) 중 하나가 예컨대 마스터 공구의 표면(1000) 내에 홈(1010)을 생성하는 연속적인 절삭부를 형성함으로써 기부 구조물을 제조하도록 사용될 수 있다. 절삭 공구(1007, 1008) 중 다른 하나는 예컨대 단속된 절삭부를 형성함으로써 변형 특징부(1011)를 제조하도록 사용될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 연속적인 절삭부는 일정한 깊이 및 피치를 갖는 홈(1010)을 생성할 수 있다. 다른 실시예에서, 연속적인 절삭부는

깊이 및/또는 피치의 빠른 또는 느린 변동을 포함하는 홈(1010)을 생성할 수 있다.

[0084] 도 10의 선삭 기계는 절삭 공구(1007, 1008), 연관된 공구 장착부(1027, 1028), 및 연관된 액추에이터(1037, 1038)를 포함하는 절삭 기구(1030)를 도시한다. x 및/또는 z 축을 따른 각각의 절삭 공구(1007, 1008)의 독립적인 고속 및/또는 저속 이동이 가능하다. 각각의 절삭 공구(1007, 1008)의 저속 이동은 그들 각각의 공구 장착부(1027, 1028)의 독립적인 이동에 의해 각각의 절삭 공구(1007, 1008)에 대해 독립적으로 달성될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 절삭 공구(1007, 1008) 모두는 공통 공구 장착부에 부착된다. 몇몇 실시예에서, 공구 장착부(1027, 1028)들은 함께 결합되어, 결합된 공구 장착부(1027, 1028)들이 절삭 공구(1007, 1008)들 모두를 함께 이동시키게 할 수 있다.

[0085] 각각의 절삭 공구(1007, 1008)는 절삭 공구의 고속 운동을 제공하는 하나 이상의 공구 액추에이터(1037, 1038)에 의해 독립적으로 작동될 수 있다. x, y, 및/또는 z 축을 따른 3차원으로의 절삭 공구(1007, 1008)의 이동은 하나 또는 양 절삭 공구(1007, 1008)의 빠른 편위를 생성하는 데 있어서 독립적이거나 비독립적일 수 있다. 고속 운동은 홈(1010)의 깊이 및/또는 피치의 연속적인 변동을 형성하도록 사용될 수 있거나, 이산된 특징부(1011)를 생성하는 급격한 불연속적인 단속된 절삭부를 형성하기 위한 플런지 커팅을 달성하도록 사용될 수 있다.

[0086] 예를 들어, 각각의 절삭 공구(1007, 1008)는 x 축 액추에이터 및 z 축 액추에이터 중 하나 또는 둘 모두에 의해 독립적으로 작동될 수 있다. 대안적으로, 각각의 절삭 공구(1007, 1008)는 전술한 바와 같이 x 및 z 성분 모두를 포함하는 궤적을 따라 이동하도록 단축 액추에이터에 의해 작동될 수 있다.

[0087] 본 발명의 실시예에 적용가능한, 마스터 공구 내의 연속적인 및/또는 이산된 특징부의 절삭의 사용에 관한 추가의 정보는 공동 소유의 2007년 12월 7일자로 출원된 미국 특허 출원 제11/952438호 및 2007년 9월 21일자로 출원된 미국 특허 출원 제60/974245호에 설명되어 있다.

[0088] 몇몇 실시예에서, 도 10에 도시된 절삭 공구 중 하나(1008)는 표면(1000)을 준비하도록 사용될 수 있고, 절삭 공구 중 다른 하나(1007)는 준비된 표면 내로 특징부를 절삭하도록 사용될 수 있다. 예를 들어, 표면(1000)의 준비는 표면을 평활화하고, 표면을 조직화하고 그리고/또는 연속적인 특징부, 이산된 특징부, 삼각형 홈, 렌즈형 구조물, 피라미드, 반구, 절두형 구조물, 및/또는 다른 특징부 또는 이들의 조합을 표면 내로 절삭하는 것을 포함할 수 있다. 제2 절삭 공구(1007)는 제1 절삭 공구(1008)를 사용하여 준비된 표면을 변형시키도록 채용될 수 있다. 예를 들어, 제2 절삭 공구(1007)에 의한 표면의 변형은 연속적인 및/또는 이산된 특징부 또는 연속적인 및/또는 이산된 특징부들의 다양한 조합을 형성하는 것을 포함할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 표면을 준비한 후의 표면의 조도는 최소 특징부보다 실질적으로 작다.

[0089] 몇몇 실시예에서, 기부 구조물 및/또는 변형 특징부를 절삭하는 것은 플라이 커팅에 의해 달성될 수 있다. 플라이 커팅은 절삭 공구를 마스터의 표면과 접촉시키기 위해 회전식 플라이 커팅 헤드를 사용한다. 플라이 커팅 헤드가 회전됨에 따라, 절삭 공구는 공작물 내로 주기적으로 절삭한다. 플라이 커팅 헤드 및 공작물은 서로에 대해 이동될 수 있고, 이는 예를 들어 절삭 요소가 공작물 내로 긴 홈을 절삭하는 것을 가능하게 한다. 예를 들어, 공작물이 원통형 롤인 경우, 플라이 커팅 헤드는 롤의 외부 표면의 길이를 따라 홈을 하류로 절삭할 수 있고, 롤은 홈들 사이의 간격 또는 피치와 동일한 거리로 인덱싱될 수 있으며, 이어서 다른 홈이 제1 홈에 인접하여 롤의 길이를 따라 하류로 절삭될 수 있다. 이러한 방식으로, 전체 롤이 연속적인 종방향 홈과 같은 기부 구조물을 구비할 수 있다. 플라이 커팅은 또한 공작물과 관련하여 절삭 헤드를 이동시킴으로써 그리고 마스터 표면의 이산된 위치들에서 절삭부를 형성함으로써, 마스터 표면 상에 다수의 변형 특징부를 형성하도록 사용될 수 있다.

[0090] 밀링의 한 가지 유형인 플라이 커팅은 전형적으로 불연속적인 절삭 작업이고, 이는 각각의 절삭 요소가 일정 기간 동안 공작물과 접촉하고, 이어서 공작물과 다시 접촉할 때까지 플라이 커팅 헤드가 원의 잔여부를 통해 그러한 절삭 요소를 회전시키는 기간 동안 공작물과 접촉하지 않는 것을 의미한다. 플라이 커팅 작업이 전형적으로 불연속적이지만, 플라이 커터에 의해 공작물 내에 형성된 최종 홈 또는 다른 표면 특징부는 필요한 대로, (예를 들어, 연속된 개별적이지만 연결된 절삭부에 의해 형성된) 연속적 또는 (단절된 절삭부들에 의해 형성된) 불연속적일 수 있다.

[0091] 전술한 바와 같이, 플라이 커팅을 사용하여 공작물 내로 절삭된 특징부(들)는 공작물의 길이를 따라 종방향으로 연장하는, 헤드가 회전할 때 절삭 요소에 의해 형성되는 순차적인 홈 세그먼트들에 의해 형성된 홈일 수 있다. 이러한 배열에서, 개별 절삭 요소가 플라이 커팅 헤드의 회전 축에 상대적인 위치를 아는 것은 중요하지

않은데, 이는 절삭 요소가 단순히 공작물로부터 멀어지게 이동되거나 모터가 정지될 때까지, 공작물로부터 재료를 계속하여 절삭하기 때문이다.

[0092] 유사한 배열의 다른 예는 플라이 커터가 원통형 공작물의 표면 내로 나선형 홈을 절삭하도록 사용될 때이다 - 마스터 표면 내에 나사형성된 홈을 생성하는 공정. 그러한 상황에서도, 플라이 커팅 헤드의 회전 축에 대한 임의의 개별 절삭 요소의 위치는 중요치 않은데, 이는 절삭 요소가 공작물에 대해 일단 위치되면, 단순히 그가 정지될 때까지 그러한 공작물을 계속 절삭하기 때문이다. 달리 말하면, 절삭 요소가 처음 공작물과 접촉하는 지점이 (플라이 커터 헤드의 회전 축에 대해) 0도라고 하면, 절삭 요소가 임의의 시점에서 회전 축을 중심으로 5도, 165도, 또는 275도 회전에 있는지를 아는 것은 중요하지 않다.

[0093] 몇몇 플라이 커팅 실시예에서, 공작물에 대한 플라이 커팅 헤드의 위치를 시간의 함수로서 결정하는 것이 필요하다. 이러한 정보는 플라이 커팅 헤드가 홈 세그먼트와 같은 연속적인 특징부 또는 공작물 또는 다른 특징부에 대한 규정된 위치에서의 공작물 내의 이산된 특징부, 또는 이 둘 모두의 요소를 형성하도록 위치되어야 하는 플라이 커팅 작업에 대해 유용하다. 위치 결정은 절대적 - 플라이 커팅 헤드의 회전 위치가 일부 초기 또는 기준 지점에 대해 알려져 있음을 의미함 - 일 수 있거나, 상대적 - 플라이 커팅 헤드의 회전 위치가 일부 이전의 위치에 대해 알려져 있음을 의미함 - 일 수 있다. 예를 들어, 위에서 제공된 단순한 각도 위치 설명을 사용하면, 플라이 커팅 시스템의 몇몇 실시예는 사용자 또는 시스템이 제1 시점(t_1)에서, 절삭 요소가 제1 각도 위치(a_1)에 있었는지, 제2 시점(t_2)에서, 절삭 요소가 제2 각도 위치(a_2)에 있었는지 등을 결정하는 것을 가능하게 한다. 각도 위치가, 예를 들어 절삭 요소가 (위치(a_1)에서) 처음 공작물과 접촉하는 위치, 및 절삭 요소가 (위치(a_2)에서) 공작물 내로 홈 또는 다른 특징부의 알려진 부분을 절삭한 위치로서 규정되면, 절삭 요소의 위치 또는 배향 또는 이 둘 모두를 위치(a_1)와 위치(a_2) 사이에서 변화시키기 위한 액추에이터를 갖춘 플라이 커팅 헤드가 그렇게 하기 위해 작동될 수 있다. 간략히, 시간의 함수로서의 절삭 요소의 위치를 아는 것은 작업자가 임의의 시점에서 그러한 절삭 요소의 위치를 규정하는 것을 허용하고, 이는 시스템이 공작물 내에 연속적인 및/또는 이산된 특징부를 형성하는 것을 가능하게 할 수 있다.

[0094] 도 11에 도시되어 있는 플라이 커팅 시스템 및 방법의 실시예에서, 플라이 커팅 헤드(1100)는, 차례로 카트리지(1106)에 의해 헤드(1100)에 부착될 수 있는, 샹크 또는 공구 홀더(1104)에 의해 보유되거나 그에 통합되는 절삭 요소(1102, 1103)를 포함한다. 절삭 요소(1102, 1103)는, 예를 들어 공구 홀더(1104)에 의해 지지되는 다이아몬드일 수 있다. 대안적으로, 다이아몬드와 같은 절삭 요소는 플라이 커팅 헤드 또는 디스크에 직접 결합될 수 있고, 공작물 내에 특징부를 형성하도록 사용될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 절삭 요소(1102)는 절삭 요소(1103)와 상이한 프로파일의 기하학적 형태를 가질 수 있다. 예를 들어, 절삭 요소(1103)는 마스터 공구 공작물 내에 기부 구조물을 절삭하도록 사용될 수 있고, 절삭 요소(1102)는 변형 특징부를 절삭하도록 사용될 수 있다.

[0095] 플라이 커팅 헤드(1100)는, 예를 들어 기부 또는 플랫폼에 보통 고정되는 하우징(1110), 하우징에 부착된 (도시안된) 고정자(stator)를 포함하는 DC 모터와 같은 모터, 및 포트(1108)를 포함할 수 있는, 공기 베어링(1114)에 의해 지지되는 회전 스핀들(1112)을 포함한다. 플라이 커팅 헤드(1100)는 헤드의 고정 부분과 회전 부분 사이에서 신호 또는 전력 또는 이 둘 모두를 전달하기 위한 슬립 링(slip-ring) 또는 다른 조립체를 또한 포함할 수 있다.

[0096] 플라이 커팅 헤드(1100)는 하우징(1110)에 대한 회전 스핀들의 위치(또는 위치의 변화)를 측정하는 회전식 엔코더(rotary encoder)와 같은 엔코더를 또한 포함한다. 엔코더의 일 부분은 전형적으로 고정되고, 하우징 또는 고정자 또는 이 둘 모두에 대해 고정된 위치에 있다(그리고, 전형적으로 이들 내에 포함된다). 엔코더의 제2 부분은 전형적으로 스핀들(1112)과 같은 플라이 커팅 헤드의 회전 부분에 부착되고, 두 부분들 사이의 상대 이동을 표시하는 신호를 생성하도록 엔코더의 고정 부분과 상호작용하도록 적응된다. 예를 들어, 엔코더의 회전 부분은 일련의 라인 또는 다른 표식을 가질 수 있고, 엔코더의 고정 부분은 두 부분들 사이의 상대 운동의 크기를 결정하기 위해 그러한 라인의 존재 또는 부재를 광학적으로 검출할 수 있다. 엔코더(전형적으로, 고정 부분)는 이어서 플라이 커팅 헤드의 위치에 관한 정보를 포함하는 적어도 하나의 위치 신호를 전달하고, 이는 제어기에 의해 수신되어 명령 신호를 생성하도록 사용될 수 있다. 명령 신호는, 예를 들어 플라이 커팅 헤드 또는 플랫폼과 연관된 모터로 전달될 수 있다. 명령 신호는, 예를 들어 플라이 커팅 헤드의 속도, 또는 공작물에 대한 그의 위치를 변화시킬 수 있다.

[0097] 본 설명의 참조가 플라이 커팅 헤드에 의해 지지되는 단일 절삭 요소에 대해 이루어질 수 있지만, 다중 절삭 요

소가 플라이 커팅 헤드에 의해 지지될 수 있고, 절삭 요소들은 서로 동일하거나 상이할 수 있다. 절삭 요소는 단결정 또는 다결정질 다이아몬드, 카바이드, 강철, 입방형 질화붕소(CBN), 또는 임의 다른 적합한 재료일 수 있다. 적합한 다이아몬드 절삭 팁이 캐나다 퀘벡 소재의 케이 앤드 와이 다이아몬드 컴퍼니(K & Y Diamond Company)로부터 입수가능가능하다. 다이아몬드와 같은 절삭 요소의 기하학적 형태, 및 절삭 요소를 위한 생크 또는 홀더의 설계는 공작물에 대해 필요한 표면 특징 또는 효과를 생성하도록 규정될 수 있다. 전형적으로 교체가능한 절삭 요소는, 예를 들어 그 내용이 본 명세서에 포함된 미국 특허 출원 공개 제2003/0223830호(브라이언(Bryan) 등)에 설명되어 있는 바와 같이, 하나 초과의 절삭 팁 또는 다른 특징부를 포함할 수 있다. 다이아몬드 절삭 요소는 거의 모든 원하는 구성의 특징부를 형성할 절삭 요소를 생성하기 위해, 예를 들어 이온-밀링(ion-milling)에 의한 것을 포함하는, 마이크로미터 미만의 규모(sub-micron scale)로 밀링될 수 있다. 플라이 커팅 헤드의 다른 특징은 원하는 대로 선택될 수 있다. 예를 들어, 대직경 플라이 커팅 헤드가 소직경 플라이 커팅 헤드에 의해 절삭되는 홈보다, 더 큰 절삭 반경으로 인해, 더 편평한 하부를 당연히 갖는 홈을 생성하도록 사용될 수 있다.

[0098] 본 발명에 따른 플라이 커팅 시스템이 도 12에 도시되어 있다. 설명의 용이함을 위해, 좌표계는 플라이 커팅 헤드(1200) 및 공작물(1299)에 대해 지정될 수 있다. 좌표계 지정은 임의적이고, 본 발명의 범주를 제한하기보다는, 제공되는 도면과 관련하여 본 발명의 이해를 용이하게 하도록 제공된다. 좌표계는 절삭 요소의 팁에 대해 도시되어 있고, 상호 직교하는 x, y, 및 z 축을 포함한다. 앞서 논의된 좌표계와 일치하게, x 축은 롤(1299)에 대해 수직하고, 도시된 실시예에서, 롤(200)의 종축을 통과한다. y 축은 도 12에 도시된 바와 같이, 수직하게 연장하고, 도시된 실시예에서, 롤의 외부 표면에 대해 평행하거나 그에 대한 접선과 일치한다. z 축은 수평으로 그리고 롤의 중심 축에 대해 평행하게 연장한다.

[0099] 공작물은 도시된 실시예에서, 회전 축(c)을 또한 갖고, 공작물은 그 축에 대해 어느 한 방향으로 회전될 수 있다. 플라이 커팅 헤드(1200)는 도 12에서 y 축에 대해 평행한 회전 축(A)을 갖는다. 도시된 공작물이 원통형 롤이고, 공작물 및 롤의 표시가 공작물의 특정 형상이 중요치 않은 본 설명에서 상호교환가능하게 사용될 수 있지만, 다른 형상 및 크기의 공작물이 본 발명과 관련하여 사용될 수 있다. 공작물이 원통형이기보다 (판 또는 디스크와 같이) 평면형인 경우, 다양한 축의 상기 표시에서의 대응하는 적응이 그러한 상황에서의 본 발명의 이해를 용이하게 하도록 이루어질 수 있다.

[0100] 이러한 실시예에서, 원통형 공작물(1299)은 스핀들(1225) 상에 고정식으로 지지되고, 엔코더(1226)는 고정된 또는 초기 지점에 대한 스핀들의 위치 또는 위치 변화를 검출하도록 위치되고 적응된다. 공작물은 황동, 알루미늄, 니켈-인, 경질 구리, 또는 중합체와 같은, 더 쉽게 가공되는 재료로 제조된 외부 층을 구비한, 스테인레스 강과 같은 금속으로 제조된 롤(1299)일 수 있다. 간단함을 위해, 공작물은 흔히 본 설명에서, "롤"로 지칭될 것이지만, 공작물은 시스템에 대한 적합한 적응에 의해 평면형, 볼록형, 오목형, 또는 복잡하거나 다른 형상일 수 있다. 따라서, 본 설명에서 "롤"이라는 용어는 임의의 적합한 형상의 공작물을 예시하도록 의도된다.

[0101] 공작물은 도 13b에 도시된 바와 같이, 일 단부에서 시험 밴드(1310)를 포함할 수 있고, 그 위에서 플라이 커팅 헤드는 헤드와 공작물이 서로에 대해 적절하게 위치되고 동기화되었는지를 결정하기 위해 시험 패턴을 절삭하도록 프로그램될 수 있다. 시험 밴드 내에 형성된 특징부의 특징이 그 후 평가될 수 있고, 플라이 커팅 헤드 및 공작물의 작동이 최적화되면, 실제 기계가공 작업이 공작물의 다른 부분 상에서 수행될 수 있다. 시험 밴드는 필수적이지 않지만, 시스템의 실제 성능이 시스템의 원하는 또는 이론적인 성능과 일치하게 하도록 어떤 조정이 이루어져야 할 수 있는지를 결정하기 위해 유용할 수 있다.

[0102] 플라이 커팅 시스템은 바람직하게는 하나 이상의 응용 프로그램을 저장하기 위한 메모리, 정보의 비휘발성 저장을 위한 2차 저장장치, 액추에이터 또는 다른 장치로 출력될 수 있는 파형 데이터 파일을 생성하기 위한 함수 발생기, 정보 또는 명령을 수신하기 위한 입력 장치, 메모리 또는 2차 저장장치 내에 저장되거나 다른 소스로부터 수신된 응용 프로그램을 실행하기 위한 프로세서, 정보의 시각적 표시를 출력하기 위한 디스플레이 장치, 또는 스피커 또는 프린터와 같이 정보를 다른 형태로 출력하기 위한 출력 장치, 또는 상기한 것들 중 둘 이상의 임의의 조합을 포함하거나 그에 동작가능하게 접속될 수 있는, 컴퓨터 또는 제어기(1218)에 의해 제어된다. 제어기는 케이블(1220) 또는 적합한 무선 접속을 사용하여 데이터 또는 신호를 교환할 수 있다. 하나의 유용한 제어 시스템은 입력 및 출력 회로, 및 미국 캘리포니아주 챗스워쓰 소재의 델타 타우 데이터 시스템즈(Delta Tau Data Systems)로부터 입수가능한 PMAC 제어기를 포함한다. 그러한 PMAC 제어기는, 예를 들어 플라이 커팅 헤드와 롤의 운동 제어를 제공하기 위해 다축 PMAC2 제어기를 증폭기와 조합시킨다.

[0103] 본 발명의 제어 시스템은 본 명세서에서 설명되는 결과를 생성하기 위해 공지된 방식으로 설계될 수 있는 소프

트웨어 또는 펌웨어 또는 이 둘 모두를 사용한다. 구체적으로, 소프트웨어는 바람직하게는 작업자가 개별 홈 세그먼트 또는 다른 표면 특징부의 미시적 수준(micro-level) 형상, 및 공작물 상의 홈 세그먼트 및/또는 이산된 특징부의 거시적 수준(macro-level) 패턴(규칙적 또는 불규칙적, 주기적 또는 비주기적)을 나타내는 파형 데이터 파일을 생성하는 것을 가능하게 한다. 그러한 데이터 파일은 그 후 성능 및 바람직하게는 공작물에 대한 절삭 요소의 동기화를 제어하기 위해 다양한 제어 시스템 구성요소로 통신된다.

[0104] 다양한 구성요소들의 이동을 프로그램하고 조화시키기 위해, 소프트웨어는 전형적으로 데이터 파일을 생성하기 위해 원하는 파라미터를 입력하도록 사용되고, 파(wave) 생성 유닛은 이어서 데이터 파일을 구동 유닛(들), 액추에이터(들), 및 요구되는 다른 구성요소로 전달되는 신호로 변환한다. 예를 들어, 롤 속도는 대략 0.001 내지 대략 1000의 분당 회전수로 설정될 수 있고, 플라이 커팅 헤드 속도는 대략 1000 내지 대략 100,000의 분당 회전수로 설정될 수 있다. 대략 5000, 대략 10,000, 대략 25,000의 분당 회전수 및 대략 40,000의 분당 회전수의 플라이 커팅 헤드 속도가 시험되었고, 대체로 바람직하였는데, 이는 더 높은 속도가 미세복제 마스터 공구와 같은 완성된 공작물을 생성하는 데 요구되는 시간을 감소시키기 때문이다.

[0105] 실시예에 도시된 공작물(1299)은 제어기로부터의 명령 신호에 의해 제어되며 명령 신호를 수신하는 모터에 의해 구동되는 스핀들 시스템 상에 고정식으로 지지될 수 있다. 스핀들 시스템은 공기 또는 정수압 베어링(hydrostatic bearing)과 같은, 하나 이상의 베어링(1222)을 포함할 수 있다. 간단함을 위해, 베어링(1222)은 도 12에서 롤의 일 단부에만 도시되어 있지만, 공작물(1299)에 대한 임의의 적합한 위치에 위치되고 지지될 수 있다. 롤은 모터(1224)에 의해 어느 한 방향으로 회전될 수 있거나, 공작물(1299)이 원통형이 아니거나 상이한 시스템을 사용하여 위치되는 경우, 제어기(1218)에 의해 제공되는 명령어에 응답하여 위치될 수 있다. 예시적인 전동식 스핀들 시스템은 미국 미네소타주 홉킨스 소재의 프로페셔널 인스트루먼츠(Professional Instruments)로부터, 4R이라는 상표명 또는 (공기 베어링을 포함하는) 10R이라는 상표명으로 입수가능하거나, 대형 공작물에 대해서는, 미국 코네티컷주 파밍턴 소재의 휘트넌 매뉴팩처링 컴퍼니(Whitnon Manufacturing Company)의 휘트넌 스핀들 디비전(Whitnon Spindle Division)으로부터 유압 스핀들 시스템(oil hydrostatic spindle system)으로 입수가능하다. 스핀들 시스템은 바람직하게는 또한, 공작물(1299)의 위치를 원하는 정확도 내로 검출하고, 제어기가 공작물(1299)과 플라이 커팅 헤드(1200)를 아래에서 설명되는 방식으로 동기화시키는 것을 가능하게 하도록 그러한 정보를 제어기로 전달하도록 적응된 회전식 엔코더(1226)를 포함한다.

[0106] 플라이 커팅 헤드(1200)는 바람직하게는 "x-테이블"로 지칭될 수 있는, 도 12에 도시된 바와 같은, 플라이 커팅 테이블(1230) 상에 지지된다. x-테이블(1230)은 공작물(1299)에 대해 플라이 커팅 헤드(1200) 및 절삭 요소(들)(1202)를 위치시키기 위해, x, y 및 z 축 중 적어도 하나를 따라, 바람직하게는 x 및 z 축을 따라, 더 바람직하게는 x, y, 및 z 축 3개 모두를 따라, 순차적으로 또는 바람직하게는 동시에 이동하도록 구성된다. 당업계에 공지된 바와 같이, x-테이블(1230)은 하나 초과의 치수 또는 방향으로 본질적으로 동시에 이동할 수 있어서, 절삭 팁(1202)의 위치는 제어기(1218)의 제어 하에서 3차원 공간 내에서 쉽게 위치될 수 있다.

[0107] 다른 종래의 기계가공 기술이 본 발명의 시스템 및 그의 구성요소와 관련하여 유용할 수 있다. 예를 들어, 냉각 유체가 절삭 요소(1202), 플라이 커팅 헤드(1200), (도시 안된) 액추에이터, 또는 다른 구성요소의 온도를 제어하도록 사용될 수 있다. 온도 제어 유닛이 냉각 유체가 순환될 때 냉각 유체의 실질적으로 일정한 온도를 유지하도록 제공될 수 있다. 온도 제어 유닛 및 냉각 유체를 위한 저장조는 유체를 다양한 구성요소를 통해 또는 다양한 구성요소로 순환시키기 위한 펌프를 포함할 수 있고, 또한 전형적으로 유체를 실질적으로 일정한 온도로 유지하기 위해 유체로부터 열을 제거하기 위한 냉동 시스템을 포함한다. 유체를 순환시키고 유체의 온도 제어를 제공하기 위한 냉동 및 펌프 시스템은 당업계에 공지되어 있다. 소정의 실시예에서, 냉각 유체는 또한 공작물(1299)이 기계가공되는 동안 실질적으로 일정한 표면 온도를 유지하기 위해 공작물(1299)에 가해질 수 있다. 냉각 유체는 저-점도 오일과 같은, 오일 제품일 수 있다.

[0108] 기계가공 공정의 다른 태양이 또한 당업자에게 공지되어 있다. 예를 들어, 롤은 건식 절삭되거나, 오일 또는 다른 처리 보조제를 사용하여 절삭될 수 있고; 고속 액추에이터는 냉각을 필요로 할 수 있으며; 깨끗하고 건조한 공기가 스핀들을 지지하는 것과 같은 임의의 공기 베어링에서 사용되어야 하고; 스핀들은 오일 냉각 재킷 등을 사용하여 냉각될 수 있다. 이러한 유형의 기계가공 시스템은 전형적으로 구성요소들의 조화된 속도, 및 기계가공되는 금속의 주어진 체적에 대한 비에너지 및 공작물 재료의 열적 안정성 및 특성과 같은 공작물 재료의 특징과 같은, 다양한 파라미터를 고려하도록 구성된다. 마지막으로, 국제 출원 공개 WO 00/48037호에 설명되어 있는 유형의 소정의 다이아몬드 선삭 구성요소 및 기술과, 미국 특허 출원 공개 제2004/0045419 A1호(브라이언 등, 본 발명의 양수인에게 양도됨)에 설명되어 있는 유형의 플라이 커팅 구성요소 및 기술이 또한 본 발명과 관

련하여 유용할 수 있다.

[0109] 시간의 함수로서의 공작물(1299)의 위치는, 예를 들어 롤(1299)이 종방향 회전 축을 중심으로 회전하도록 고정식으로 장착되어 있는 스핀들과 연관된 엔코더(1226)를 사용함으로써 원통형 롤의 경우에 결정된다. 플라이 커팅 헤드, 및 스핀들 또는 다른 공작물 지지 시스템에 대해 사용되는 엔코더는 플라이 커팅 시스템에서 사용되는 몇몇 종래의 엔코더에서와 같이, 속도를 측정할 목적뿐만 아니라 위치를 측정하기 위해 사용될 수 있다. 그 후, 엔코더는 플라이 커팅 헤드 또는 스핀들의 위치를 각각 표시하는 위치 신호를 전달할 수 있다. 이는 공작물(1299) 및 플라이 커팅 헤드(1200)의 절삭 요소(들)(1202)의 위치를 동기화시키는 것을 보조한다. 구체적으로, 엔코더는 롤의 회전 위치, 헤드의 회전 축에 대한 플라이 커팅 헤드(1200)의 위치, z 축과 같은 다른 축에 대한 플라이 커터 헤드(1200)의 위치, 및 롤(1299)에 대해 플라이 커터(1200)를 이동시키는 x-테이블(1230)의 위치를 결정하기 위해 제공될 수 있다. 따라서, 플라이 커팅 헤드(1200)의 "위치를 결정함"이라는 용어가 헤드(1200)의 회전 중에 그의 위치를 결정하는 것과 관련하여 일반적으로 사용될 것이지만, 이는 축을 따른 그의 축방향 위치 또는 축을 중심으로 한 회전 위치에 대한 플라이 커팅 헤드(1200)의 위치를 결정하는 것을 추가로 포함할 수 있다. 일반적으로, 플라이 커팅 헤드(1200)는 임의의 축에 대해 각도를 이루거나, 그를 중심으로 회전될 수 있다(또는 그에 대해 경사질 수 있다).

[0110] 일 실시예에서, 이러한 동기화는 공작물(1299)과 연관된 (각도 엔코더(angular encoder)와 같은) 위치 엔코더, 및 플라이 커팅 헤드(1200)와 연관된 다른 위치 엔코더를 제공함으로써 행해질 수 있다. 적어도 2가지 유형의 엔코더 - 증분식 및 절대식 - 가 현재 이용가능하다. 증분식 엔코더는 보다 저렴할 수 있고, 롤 또는 플라이 커팅 헤드의 알려진 위치를 표시하는 인덱스 신호와 함께 사용되는 경우, 절대식 엔코더로서 효과적으로 기능할 수 있다. 공작물(1299)(또는 롤이 장착되어 있는 스핀들)과 연관된 엔코더(1226)는 회전 축을 따른 공작물(1299)의 위치를 공작물(1299) 내로 기계가공되는 특징부의 원하는 홈 피치 또는 다른 치수의 수분의 일 내로 검출하기에 충분한 해상도를 가져야 한다. 홈 피치는 하나의 홈의 중심으로부터 바로 인접한 홈의 중심까지의 거리, 또는 하나의 피크로부터 바로 인접한 피크까지의 거리이고, 대응하는 치수가 보통 다른 표면 특징부에 대해 계산될 수 있다.

[0111] 본 발명의 소정의 실시예의 플라이 커팅 헤드와 관련하여 유용한 하나의 엔코더는 미국 워싱턴주 밴쿠버 소재의 유.에스. 디지털 코포레이션(U.S. Digital Corp.)으로부터 E5D-100-250-I라는 상표명으로 입수가능하고, 이는 헤드의 각도 위치를 측정하기 위해 플라이 커팅 헤드 상에 위치된다. 본 발명의 소정의 실시예에서 공작물 또는 롤과 관련하여 유용한 엔코더는 미국 일리노이주 호프만 에스테이츠 소재의 레니쇼 인크.(Renishaw Inc.)로부터 413 mm 직경, 64,800 라인 총수의 레니쇼 시그넘(Renishaw Signum) RESM이라는 상표명으로 입수가능하다. 하나의 응용에 대해 선택된 특정 엔코더(들)(1226)는 원하는 해상도, 플라이 커팅 헤드(1200) 또는 다른 구성요소의 최대 속도, 및 최대 신호 속도에 좌우된다.

[0112] 공작물 표면 내로 절삭된 특징부의 깊이는 0 내지 150 마이크로미터, 바람직하게는 0 내지 35 마이크로미터, 더욱 더 바람직하게는 광학 필름용 미세복제 공구를 생성하기 위해서 0 내지 15 마이크로미터, 또는 0 내지 3 마이크로미터의 범위 내일 수 있다. 이러한 범위는 본 발명의 범주를 제한하려는 의도가 아니고, 그러한 공구를 사용하여 생성된 필름 내에 소정의 광학 효과를 제공하기 위해 유용한 특징부의 규모를 나타낼 수 있다. 롤 공작물에 대해, 임의의 개별 특징부의 길이는 롤이 그의 종축을 중심으로 회전하는 속도에 의해 영향을 받는데, 이는 긴 특징부를 고속으로 이동하는 롤 내에 절삭하기가 더 어렵기 때문이다. 절삭 요소가 공작물과 반대 방향으로 이동하는 경우, 더 긴 홈이 대체로 절삭 요소가 공작물과 동일한 방향으로 이동할 때보다 더 쉽게 형성될 수 있다. 연속적인 특징부는 개별 절삭부가 연속적인 특징부를 생성하기 위해 연결되는 한 거의 임의의 길이를 가질 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 플라이 커팅 헤드는 원통형 롤의 주연부를 중심으로 스레드 절삭부와 비슷한 연속적인 특징부를 생성하도록 사용될 수 있다. 이산된 특징부에 대해, 그의 길이는, 예를 들어 약 1 마이크로미터 내지 수 밀리미터일 수 있지만, 이러한 범위는 본 발명의 범주를 제한하려는 의도는 아니다. 스레드 커팅에 대해, 인접한 홈들 사이의 피치 또는 간격은 약 1 내지 약 1000 마이크로미터로 설정될 수 있다. 특징부는, 예를 들어 대칭형, 비대칭형, 프리즘형, 및 반타원형 특징부와 같은 임의의 유형의 3차원 형상을 가질 수 있다.

[0113] 본 명세서에서 설명되는 액추에이터 및 시스템을 사용하여 생성된 미세구조물은 1000 마이크로미터 피치, 100 마이크로미터 피치, 1 마이크로미터 피치, 또는 심지어 대략 200 나노미터(nm)의 광파장 미만의 피치(sub-optical wavelength pitch)를 가질 수 있다. 대안적으로, 다른 실시예에서, 미세구조물에 대한 피치는 1000 마이크로미터를 초과할 수 있다. 이러한 치수는 예시적인 목적으로만 제공되고, 본 명세서에서 설명되는 액추에이터 및 시스템을 사용하여 제조된 특징부 또는 미세구조물은 그 시스템을 사용하여 가공될 수 있는 범위 내의

임의의 치수를 가질 수 있다.

[0114] 공작물이 그의 종축을 중심으로 회전하는 원통형 롤인 경우에, 그러한 축에 대해 평행한 홈 또는 연속된 홈들을 절삭하도록 배열된 플라이 커팅 헤드는 최종 홈 또는 연속된 홈들이 실제로 평행하도록 재배향될 필요가 있을 수 있다. 달리 말하면, 절삭 요소가 롤이 고정되어 있을 때 롤 내에 평행한 홈을 절삭하는 경우, 절삭 요소는 (다른 파라미터가 일정하게 유지된다면) 롤이 절삭 중에 회전하도록 허용되면 롤 내에 약간 만곡된 홈을 절삭할 것이다. 이러한 효과를 상쇄하기 위한 한 가지 방식은 절삭 요소가 그의 절삭의 종료 시에 그의 절삭의 시작 시에서보다 롤의 회전 방향으로 더 멀어지도록 절삭 헤드에 각도를 주는 것이다. 절삭 요소가 단지 짧은 거리에 걸쳐 롤과 접촉하기 때문에, 결과는 롤의 회전에도 불구하고 롤 표면 내에 평행한 절삭부를 근사화하는 것일 수 있다. 예를 들어 플라이 커팅 헤드가 그가 회전할 때 롤을 따르도록 롤의 중심 축을 중심으로 회전하는 것을 가능하게 함으로써, 동일하거나 유사한 목적을 달성하기 위한 다른 방식으로 시스템을 구성하는 것이 가능할 수 있지만, 이는 구현하기에 고가일 수 있다.

[0115] 도 12에 도시된 원통형 공작물(1299)과 같은 공작물을 기계가공하기 위한 하나의 유용한 시스템 및 방법에서, 플라이 커팅 헤드(1200)는 그의 회전 축(A)이 Y 축에 대해 평행하게 연장한 상태로 위치되어, Z 축에 대해 평행하게 연장하는 홈 또는 특징부가 공작물(1299)의 표면 내로 절삭된다.

[0116] 다양한 실시예에 따른 마스터 공구를 형성하기 위해, 원통형 롤과 같은 공작물(1299)은 원하는 표면 특징부를 제공하도록 밀링된다. 블랭크 롤(blank roll)은 구조물 또는 패턴이 절삭될 외부 층을 가질 수 있다. 그러한 층은, 그 안으로 절삭된 무작위적인 또는 다른 패턴을 가진 후에, 패턴을 보호하거나, 필름의 정확한 형성 또는 그의 용이한 이형을 허용하거나, 다른 유용한 기능을 수행하는 하나 이상의 추가의 층으로 차례로 코팅될 수 있다. 예를 들어, 크롬 또는 유사한 재료의 얇은 층이 공구에 적용될 수 있지만, 그러한 유형의 층은 공구의 예리한 에지를 "둘러쌀" 수 있고, 따라서 바람직하지 않을 수 있다. 임의의 기계가공가능한 재료가 사용될 수 있으며, 예를 들어, 공작물은 알루미늄, 니켈, 구리, 황동, 강철, 또는 (아크릴과 같은) 플라스틱으로 제조될 수 있다. 사용되는 특정 재료는, 예를 들어 기계가공된 공작물을 사용하여 제조된 다양한 필름과 같은 특정의 요구되는 응용에 좌우될 수 있다.

[0117] 일 실시예에서, 플라이 커팅 헤드(1200)는 공작물(1299)의 길이를 따라 완전한 홈을 하류로 절삭하기 위해 공작물(1299)에 대해 종방향으로 이동된다. 그 후, 공작물(1299)의 회전은 증가되고, 다른 홈이 공작물(1299)의 길이를 따라 하류로 절삭된다. 이러한 공정에 의해 형성된 마스터 롤(1350) 내의 홈(1351)이 도 13a에 도시되어 있다.

[0118] 다른 실시예에서, 단일 홈 세그먼트가 절삭되고, 공작물은 인접한 홈들의 원하는 위치 사이의 원하는 피치 또는 거리와 동일한 (외부 표면에서의) 거리만큼 회전된다. 그 후, 제2 홈 세그먼트가 절삭되고, 공작물은 바로 인접한 홈들의 원하는 위치 사이의 피치와 동일한 제2 거리만큼 회전된다. 이러한 공정은 홈 세그먼트들이 공작물의 주연부 둘레에 형성될 때까지 반복된다. 공작물이 회전되어 완전히 선회하면, 제어기는 (공작물과 연관된 엔코더에 의해 보내진 위치 신호를 수신하였기 때문에) 이어지는 선회에서의 단계 중에 공작물 내로 절삭되는 홈 세그먼트를 앞선 선회에서의 단계 시에 절삭된 홈 세그먼트와 정밀하게 정렬시킬 수 있어서, 공작물의 외부 표면 내에 종방향으로 연장하는 홈 또는 다른 원하는 구조물의 등가물을 형성한다.

[0119] 도 13b는, 개별 홈 세그먼트(1301)가 공작물의 제1 선회 중에 플라이 커팅에 의해 형성되고, 그 후에 홈 세그먼트(1302)가 제2 선회 중에 형성되고, 그 후에 홈 세그먼트(1303)가 제3 선회 중에 형성되는 등의, 이상화된 공작물(1300)을 도시한다. 제2 및 이후의 선회 중에 형성된 홈 세그먼트는 제1 선회 중에 형성된 홈 세그먼트와 정렬되고, 그 결과는 제1 단부와 제2 단부 사이에서 연장하는 연속적인 종방향 홈이다. 공작물의 전체 길이에 걸쳐 홈 세그먼트 및 생성된 홈을 연장시키는 것이 가능하지만, 시험 밴드의 형성을 위해 또는 다른 목적으로 롤 블랭크의 각각의 단부 상에 영역을 남기는 것이 바람직할 수 있다.

[0120] 공작물의 주연부 둘레에서 공작물 내로 연속된 홈 세그먼트들을 절삭하는 것이 종래의 플라이 커팅 작업과 비교할 때 소정의 이점을 갖는 것으로 믿어지지만, 연속된 홈 세그먼트들이 중첩하는 공작물의 영역의 시각적 외관은 바람직하지 않을 수 있다. 이러한 특징부 중첩은 롤의 길이를 따라, (제2 선회 중에 형성된 홈 세그먼트가 제1 선회 중에 형성된 홈 세그먼트와 중첩하는) 위치(1331), (제3 선회 중에 형성된 홈 세그먼트가 제2 선회 중에 형성된 홈 세그먼트와 중첩하는) 위치(1332) 등에 도시되어 있다. 공구 상에서 제조되는 물품의 광학 성능을 개선하기 위해 중첩 영역의 시각적 또는 비시각적 영향을 최소화하는 것이 바람직할 수 있다.

[0121] 플라이 커팅 헤드의 위치는 전술한 바와 같이 엔코더를 사용하여 결정되고, 공작물(1299)이 지지되는 스핀들의

위치는 유사하게 도 12의 엔코더(1226)를 사용하여 결정된다. 절삭 요소가 전형적으로 플라이 커팅 헤드에 대해 고정된 위치에 있고, 공작물이 전형적으로 스핀들에 대해 고정된 위치에 있기 때문에, 플라이 커팅 헤드 및 스핀들의 위치를 아는 것이 본질적으로 작업자가 절삭 요소 및 공작물의 위치를 알 수 있게 한다. 그러한 엔코더로부터의 데이터는, 도 12에 도시된 바와 같이, 제어기(1218) 내로 공급되고, 이어서 예를 들어 플라이 커팅 헤드의 회전 운동을 생성하는 모터로, 또는 플라이 커팅 헤드의 Z 축 운동을 생성하는 모터로, 또는 공작물이 지지되는 스핀들의 회전 운동을 생성하는 모터로, 또는 상기 모터들 중 하나 초과의 모터로 명령 신호를 전달할 수 있다. 플라이 커팅 헤드와 공작물의 위치 사이의 관계가 결정되었으면, 플라이 커팅 헤드는 공작물에 전기적으로 "연동된(geared)" 것으로 말할 수 있는데, 이는 2개의 부품 사이의 실질적인 기계적 연동이 존재하지 않기 때문이다. 플라이 커팅 헤드가 본 발명에 따라 공작물에 전기적으로 연동되면, 제어기는 절삭 요소의 궤도 내에서 절삭 요소가 언제 공작물에 부딪히는지 그리고 공작물 상의 어디에서 부딪히는지를 결정할 수 있다. 상기 공히 계류 중인 미국 특허 출원에 상세하게 설명되어 있는 본 발명의 추가의 태양에서, 사용자는 또한 절삭 요소가 그러한 운동을 생성할 수 있는 액추에이터에 연결되면, 제어기가 플라이 커팅 헤드에 대한 절삭 요소의 위치 또는 배향을 변화시키게 할 수 있다. 예를 들어, 사용자는 절삭 요소의 위치를 변화시킬 수 있는 액추에이터를 소정의 절삭 경로를 따르도록 초당 수천 번 작동시킴으로써, 공작물 내에 본질적으로 선형인 하부를 구비한 홈 세그먼트를 생성하도록 제어기를 프로그램할 수 있다.

[0122] 플라이 커팅 헤드 및 공작물의 위치가 제어될 때, 실제로 하나는 보통 고정된 또는 소정의 속도로 회전하도록 설정되고, 다른 하나는 그에 연동되어 (예컨대, 감속 또는 증속되어) 이들 둘이 서로에 대한 정확한 위치에 있게 된다. 플라이 커팅 헤드가 수천의 분당 회전수로 작동하기 때문에, 이는 상당량의 에너지, 관성, 및/또는 운동량(momentum)을 갖고, 공작물의 위치와 일치하도록 헤드를 증속 또는 감속시키고자 시도하는 것이 현실적이지 않을 수 있다. 대신에, 플라이 커팅 헤드는 본질적으로 고정된 속도로 회전하도록 프로그램될 수 있고, 공작물이 지지되는 스핀들은 절삭 요소 및 공작물이 서로에 대해 적절한 위치에 있도록 증속 또는 감속될 수 있다. 이러한 시스템은 플라이 커팅 헤드가 "마스터"이고, 공작물 및 그의 대응 스핀들이 플라이 커팅 헤드에 "종속(slaved)"되는 것으로 말할 수 있다. 플라이 커팅 헤드의 회전, 공작물의 회전, 및 플라이 커팅 헤드의 z 축 운동이 모두 동기화된 제어 하에 있는 제3 실시예에서와 같이, 플라이 커팅 헤드를 공작물에 종속시키는 그 반대도 가능하다. 공작물의 시험 스트립 부분 상에서의 플라이 커팅 시스템의 실험적인 시험이 전형적으로 헤드 및 공작물이 원하는 결과를 생성하기 위해 함께 적절하게 연동되는지를 결정하는 데 도움이 된다.

[0123] 전술한 바와 같이, z 축에 대해 평행한 홈 또는 특징부가 공작물 내에 또는 그 위에 형성될 수 있다. 동일한 접근법의 하나의 변형예는, 예를 들어 도 14에 도시된 바와 같이, 플라이 커팅 장치를 도 12에서의 그의 위치에 대해 45도로 회전시킴으로써 또는 헤드를 도 12에서의 그의 위치에 대해 90도로 또는 임의의 다른 배향으로 회전시킴으로써, z 축에 대해 각도를 이루어 공작물 내에 홈 또는 특징부를 형성하는 것이다. 가공(tooling)은 공작물에 대해 임의의 각도로 위치된 선형 홈을 갖도록, 또는 비선형 특징부 또는 심지어는 서로 교차하는 특징부를 갖도록 생성될 수 있다. 롤 또는 공작물 표면 상에 프리즘 또는 다른 미세구조물을 생성하기 위해 상이한 각도로 절삭된 평행한 홈들의 세트를 포함하는, 다른 각도 배열이 또한 가능하다.

[0124] y 축 및 z 축 둘 모두에 대해 각도를 이루어 공작물 내에 소정의 패턴으로 홈 또는 특징부를 형성하는 것은 z 축에 대해 평행하게 이들을 형성하는 것보다 더 복잡하다. 이는 플라이 커팅 헤드가 전술된 다른 실시예 중 일부에서와 같이, 다음의 홈을 형성하기 위해 공작물의 각각의 선회에 대해 z 방향으로 고정된 거리로 단순히 전진되는 것이 아니기 때문에 더 복잡하다. 대신에, 공작물의 각각의 회전에 대한 플라이 커팅 헤드의 z 방향 이동은, 정렬된 홈 세그먼트들이 필요하다면 공작물의 연속된 회전시, 이후의 홈 세그먼트가 이전의 홈 세그먼트와 정렬되도록, 해석적으로 또는 실험적으로 결정되어야 한다. 예를 들어, 일련의 45도 홈 세그먼트가 롤의 주연부 둘레에 형성되면, 각각은 이전 세그먼트에 대해 z 방향으로 약간 전진되고, 그 다음 롤의 완전한 선회 후에, 제2 선회 중에 형성되는 홈 세그먼트는 제1 선회 중에 형성된 홈 세그먼트에 대해 평행하지만 반드시 그와 단부 대 단부로 정렬되지는 않는다. 이러한 문제점에 대한 하나의 해결책은, 롤의 완전한 선회 후에, 제2 선회 중에 형성되는 홈 세그먼트가 제1 선회 중에 형성된 세그먼트와 단부 대 단부로 정렬되도록 상기 홈 세그먼트가 조정되어야 하는 거리를 계산하는 것이다. 그 다음, 그러한 거리는 1회 선회 중에 형성되는 홈 세그먼트의 개수에 의해 나누어질 수 있고, 생성된 분율은 각각의 연속된 홈 세그먼트들 사이의 피치에 더해져서, 공작물의 전체 선회 후에, 제2 선회 중에 형성된 홈 세그먼트가 제1 선회 중에 형성된 홈 세그먼트에 대해 원하는 거리만큼 효과적으로 전진된다. 동일한 공정이 연속된 선회에 사용될 수 있다.

[0125] 플라이 커팅 헤드는 예시된 축들 중 하나 이상에 대해 각도를 이룰 수 있고, 아울러 또는 대신에 축들 중 하나 이상 둘레에서 회전될 수 있어서, 절삭 요소는 소정의 위치 및 배향에서 공작물과 부딪힌다. 예를 들어, 플라

이 커팅 헤드는 도 12에 대한 x 축 둘레에서 90도 회전될 수 있어서, 이는 y 축과 정렬되고, 그 다음 예를 들어 45도 각도로 y 축 둘레에서 회전될 수 있어서, 절삭 요소가 소정의 방식으로 공작물과 부딪힌다.

[0126] 원통형 공작물의 종축에 대해 각도를 이루어 홈을 형성하는 능력은 공구의 종축에 대해 평행하거나 수직한 본질적으로 선형인 홈을 포함하는 종래의 원통형 공구에 대한 이점이 된다. 이는 홈이 시트의 측면에 대해 45도 각도가 되도록 시팅(sheeting)을 사용하기를 원하는 사용자가 보통 종방향 또는 측방향으로 연장하는 홈을 갖는 시팅의 더 큰 조각으로부터 그러한 시팅을 각도를 이루어 다이 커팅할 필요가 있기 때문이다. 이는 시팅의 더 큰 조각의 측면 부근에서의 상당한 낭비로 이어질 수 있다. 본 발명에서, 시팅의 측면에 대해 45도 각도(또는 임의의 다른 선택된 각도)로 연장하는 홈을 갖는 시팅은 시팅이 사용을 위해 절삭될 때 시팅의 측면을 따라 최소의 낭비로 공구 상에서 직접 형성될 수 있다.

[0127] 도 14는 플라이 커팅 헤드(1450)가 y 축에 대해 각도(α)로 배열되어 공작물(1400)의 종축에 대해 대략 45도 각도로 공작물(1400) 내에 특징부를 형성하는 것을 가능하게 하는 실시예를 도시한다. 각도(α)가 측정되는 좌표계는 임의적이며, 헤드가 위치될 수 있는 다른 위치 또는 배향을 제한하려는 의도는 아니다. 각도(α)는 0 내지 360도의 범위일 수 있다. 대체로, 플라이 커팅 헤드(1450)는 임의의 축에 대해 각도를 이루거나 또는 임의의 축 둘레에서 회전될(또는 그에 대해 기울어질) 수 있다.

[0128] 본 명세서에서 설명되는 바와 같은 연속적인 및/또는 이산된 특징부는 임의의 적합한 플라이 커팅 헤드의 사용을 통해 제공될 수 있다. 도 15 및 도 16에 도시되어 있는 플라이 커팅 헤드(1512, 1612)는, 일 실시예에서 절삭 요소(1516, 1616)가 고정될 수 있는 카트리지(1532, 1632)의 사용에 의한 것을 포함하는, 절삭 요소가 헤드에 고정될 수 있는 위치를 각각 포함한다. 헤드(1512, 1612)는 공기 베어링을 추가로 포함하고, 헤드(1512, 1612)를 구동하는 DC 모터와 같은 모터에 결합된다. 플라이 커팅 헤드(1512, 1612)와 연관된 회전 엔코더가 헤드를 지지하는 회전 샤프트의 회전 위치를 감지하고, 이는 절삭 요소의 위치가 본 명세서에서 설명되는 바와 같이 공작물에 대한 그의 회전 위치와 동기화되어 동적으로 제어될 수 있기 때문에 유용하다. 플라이 커팅 헤드의 다른 특징은 원하는 바와 같이 선택될 수 있다. 예를 들어, 더 큰 절삭 반경으로 인해 더 큰 직경의 플라이 커팅 헤드가 더 작은 직경의 플라이 커팅 헤드에 의해 절삭되는 홈보다 더 편평한 하부를 당연히 갖는 홈을 생성하도록 사용될 수 있다.

[0129] 절삭 요소(1516, 1616)는 바람직하게는 절삭 요소 카트리지 또는 캐리어(1532, 1632)에 의해 보유되고, 절삭 요소(1516, 1616)는 (단독으로 또는 카트리지 또는 캐리어와 함께) 액추에이터를 사용하여 위치 또는 재위치된다. 카트리지(1532, 1632)가 절삭 요소의 교체 및 정확한 배치를 용이하게 하도록 본 발명의 소정의 실시예에서 유용할 수 있지만, 그러한 캐리어 없이 액추에이터 상에 직접 절삭 요소(1516, 1616)를 장착하는 것이 가능할 수 있다. 캐리어(1532, 1632)는, 사용된다면, 다음의 재료 중 하나 이상으로 제조될 수 있다: 즉, 초경합금, 질화규소, 탄화규소, 강철, 티타늄, 다이아몬드, 또는 합성 다이아몬드 재료. 절삭 요소 캐리어(1532, 1632)용 재료는 바람직하게는 강성이며 질량이 낮다. 절삭 요소(1516, 1616)는 접착제, 경납땜, 연납땜에 의해 또는 다른 방식으로 절삭 요소 캐리어에, 또는 직접 액추에이터에 고정될 수 있다.

[0130] 플라이 커팅 헤드에 의해 지지되는 하나 이상의 절삭 요소의 위치의 신속한 변동을 생성하기 위해, 적어도 하나의 액추에이터(1528, 1628, 1629)가 제공된다. 액추에이터(1528, 1628, 1629)는 절삭 요소의 위치 또는 배향의 변화를 유발하는 임의의 장치일 수 있고, 고속 공구 서보(FTS)의 구성요소일 수 있다. 고속 공구 서보는 전형적으로 PZT 스택에 부착된 절삭 공구의 위치를 신속하게 조정할 수 있는 고체 상태(solid state) PZT 스택을 포함한다. 나노미터 미만의 위치 해상도를 갖는 PZT 스택이 이용가능하고, 이는 매우 빠르게 반응하고 수백만 회 또는 심지어 수십억 회 사이클 후에 본질적으로 마모를 보이지 않는다. 액추에이터(1528, 1628, 1629)가 제어 와이어(1540, 1640, 1642)를 거쳐 제어기에 전기적으로 결합된다. 제어기는 제어기가 위치 불일치(positioning discrepancy)를 조정하는 것을 가능하게 하는 위치 센서로부터의 정보를 사용하여 개방 루프 작동 또는 폐쇄 루프 작동으로 액추에이터의 이동을 일으킬 수 있다.

[0131] 본 발명의 일 실시예에서, 액추에이터(1528, 1628)는 플라이 커팅 헤드(1512, 1612)와 절삭 요소(1516, 1616) 사이에 위치되어 플라이 커팅 헤드에 대해 절삭 요소를 위치 또는 배향시킨다. 다른 실시예에서, 하나 초과의 액추에이터가 제공되고 각각의 절삭 요소와 연관되어, 절삭 요소의 위치 또는 배향이 대응하는 수의 위치 또는 배향, 또는 이 둘 모두에 있어서 제어될 수 있다. 예를 들어, 도 16에서, 하나의 액추에이터(1628)가 x 축을 따른 절삭 요소의 위치를 변화시키고, 제2 액추에이터(1629)가 z 축을 따른 절삭 요소의 위치를 변화시킨다.

[0132] 유용한 것으로 입증된 하나의 액추에이터는 장착을 용이하게 하기 위해 액추에이터를 통해 드릴링된 구멍을 선택적으로 구비한, 미국 캘리포니아주 헤이워드 소재의 키네틱 세라믹스 컴퍼니(Kinetic Ceramics Company)로부

터 D1CN10이라는 상표명으로 입수가능한 것과 같은 PZT 액추에이터이다. 그러한 액추에이터는 전기 신호의 변화에 응답하여 길이를 변화시키고, 대략 9 마이크로미터의 최대 이동 거리 및 (시스템의 경우, 공구 팁을 포함하여) 대략 25 ㎑, 또는 (피에조 자체의 경우) 90 ㎑의 공진 주파수를 갖는다. 운동 증폭식 PZT 액추에이터는, 음성 코일 액추에이터 또는 ("터페놀-디(Terfenol-D)"로 표시된 재료를 사용하는, 미국 아이오와주 에이미스 소재의 에트레마 프로덕츠, 인크.(Etrema Products, Inc.)로부터 현재 입수가능한 것과 같은) 자왜 액추에이터, 또는 다른 압전 소자와 같이, 더 긴 이동 거리가 필요할 때 또한 유용할 수 있다. 하나의 응용에 대해 선택된 특정 액추에이터(들)는, 회전 또는 굽힘 운동과 같은, 그러한 응용의 변위, 주파수 응답, 강성, 및 원하는 운동 요건에 좌우된다.

[0133] 하나 초과의 절삭 요소가 플라이 커팅 헤드와 함께 사용되는 실시예에서, 절삭 요소 중 하나, 하나 초과, 또는 전부가 본 명세서에서 설명되는 바와 같이 액추에이터와 함께 사용될 수 있다. 예를 들어, 하나의 고정 위치 절삭 요소 및 제2 동적 제어가능한 절삭 요소를 갖는 플라이 커팅 헤드를 사용하는 것이 유용할 수 있고, 전자는 공작물로부터 더 많은 양의 재료를 제거하는 경향이 있으며 후자는 고정 위치 절삭 요소에 의해 앞서 형성된 특징부 내에 또는 그 부근에 구체적인 특징부들을 형성하는 경향이 있다. 대안적으로, 이러한 유형의 실시예에서, "고정 위치" 절삭 요소는 액추에이터에 의해 동적으로 제어가능한 것일 수 있지만, 이 경우 동적 제어 특징부는 사용되지 않는다. 달리 말하면, 액추에이터는 절삭 요소의 위치를 변화시킬 수 있지만, 제어 시스템은 절삭 요소를 고정 위치에 단순히 유지시킨다. 또한, 절삭 요소는 절삭 요소가 공작물과 접촉하는 시간 동안 플라이 커팅 헤드에 대해 일정한 위치에 유지될 수 있고, 그 후 그 위치 또는 배향 또는 둘 모두는 절삭 요소가 공작물과 접촉하지 않는 시간 동안 변화될 수 있다.

[0134] 액추에이터는 하나 초과의 와이어, 광섬유, 또는 다른 신호 전달 장치를 통해, 하나 초과의 신호 또는 신호의 유형을 수신할 수 있다. 예를 들어, 액추에이터는 공구 홀더의 위치 또는 배향을 변화시키기 위해 필요한 구동력을 생성하도록 AC 또는 DC 전력을 수신할 수 있다. 액추에이터는 또한 구동 신호를 수신할 수 있는데, 이는 액추에이터에 의해 발생되어야 하는 위치 또는 배향의 변화에 비례할 수 있다. 액추에이터는, 액추에이터가 그의 초기 상태, 위치 또는 배향으로의 복귀를 허용하거나 복귀하게 하는 신호, 예컨대 0-볼트 신호를 수신할 수 있다. 마지막으로, 액추에이터 또는 연관된 하드웨어는, 공구 홀더 또는 절삭 요소의 위치 또는 배향의 이후의 변화들이 적절하게 적응될 수 있도록, 예를 들어, 공구 홀더 또는 절삭 요소의 위치 또는 상대 위치에 관한 정보를 제공하는 피드백 신호를 전달할 수 있다. 설명된 유형의 신호, 또는 다른 신호는 전용 와이어 또는 광섬유를 통해 전달될 수 있거나, 이 경우 적절하다면 단일 와이어 또는 광섬유를 따라 멀티플렉싱될 수 있다. 전력 및 본 명세서에 설명되는 신호 또는 임의의 다른 필요하거나 유용한 신호의 전달은 또한, 당업계에 공지된 바와 같이, 고정 구성요소로부터 회전 구성요소로 신호를 전달하기 위해 슬립 링 또는 다른 기구의 사용을 필요로 할 수 있다. 유용할 수 있는 하나의 슬립 링은 미국 캘리포니아주 사우쓰 엘 몬테 소재의 파브리캐스트, 인크.(Fabricast, Inc.)로부터 제품 번호 09014로 입수가능하다. 전력 또는 신호, 또는 이 둘 모두를 전달하기 위한 다른 구성요소는 수은 습윤 슬립 링(mercury wetted slip ring), 광섬유 회전 조인트(FORJ), 및 무접촉 자성 슬립 링(contactless magnetic slip ring)을 포함한다.

[0135] 본 발명의 다른 태양은 액추에이터와 연관된 이력 효과의 존재에 대한 보상에 관한 것이다. 본 발명에 사용되는 바와 같이, "이력 효과"라는 용어는 액추에이터(및 따라서 공구 홀더 및 연관된 절삭 요소 등)이 일 방향으로 이동하는 경로가 시작 및 종료 지점이 본질적으로 동일하더라도 반대 방향으로 이동하는 경로와 동일하지 않을 수 있음을 의미한다. 이러한 이력 효과가 보상되지 않으면, 특징부의 실제 형상은 특징부의 설명된 형상에 대응하지 않을 것이고, 이는 바람직하지 않을 수 있다.

[0136] 설명되는 유형의 시스템 내에서 이력 효과를 극복하는 한 가지 방법은 전압 대신에 액추에이터로의 전하를 제어하기 위해 전하 제어 증폭기(charge-control amplifier)와 같은 변형된 신호 증폭기를 사용하는 것이다. 이는 이력 효과의 10배 내지 20배 감소로 이어지는 것으로 믿어진다. 다른 방법은 양쪽 이동 방향으로 액추에이터(또는 공구 홀더 또는 절삭 요소)의 위치 또는 배향을 검출하기 위해 광자 프로브(photonic probe)를 포함하는 것과 같은 피드백 시스템을 사용하는 것 그리고 이력 효과를 보상하기 위해 액추에이터로 보내는 신호를 제어하기 위해 그러한 정보를 사용하는 것이다. 이들 처음 2가지 방법은 함께 사용될 수 있다. 제3 방법은 공지된 이력 효과를 보상하기 위해 액추에이터로 향하는 신호의 파형을 적응시키는 것이다. 예를 들어, 액추에이터가 공구 홀더를 알려진 거리로 연장되게 하도록 5 볼트 신호를 그리고 액추에이터가 (이력 효과로 인해 상이한 경로에 의해서지만) 그의 원래 위치로 복귀되게 하도록 0 볼트 신호를 전달하는 대신에, 그러한 신호들은 "출발" 및 "복귀" 경로들이 본질적으로 동일하도록 적응될 수 있다. 이러한 방법은 단일 보상 파형이 반복적으로 사용될 수 있기 때문에 동일한 특징부가 공작물 내에 반복적으로 형성되어야 하는 경우에 잘 작용하지만, 보상 파형

이 각각의 연속된 특징부에 대해 재생되어야 하기 때문에 연속된 특징부들이 상이한 경우에는 잘 작용하지 않는 것으로 믿어진다.

[0137] 액추에이터로의 신호 또는 전력 전달 접속부가 위에서 기술한 바와 같이 예를 들어 와이어 또는 광섬유일 수 있는 라인(1540, 1640, 1642)에 의해 표시되어 있고, 이를 통해 신호 또는 전력 또는 이 둘 모두가 제어기로부터 액추에이터(들)로, 그리고 예를 들어 피드백 시스템의 경우 액추에이터로부터 제어기로 전달된다. PZT 효과로 인해 그리고 인가되는 전기장의 유형에 기초하여, 절삭 요소(1516, 1616)의 작고 정밀한 이동이 생성될 수 있다. 또한, 액추에이터(1528, 1628, 1629)의 단부는 액추에이터의 예비 하중 인가를 제공하는 하나 이상의 벨빌 와셔에 맞닿아 장착될 수 있다. 벨빌 와셔는 액추에이터 및 이에 부착된 절삭 요소의 이동이 가능하도록 약간의 가요성을 갖는다. 액추에이터가 다중 PZT 스택을 가지면, 이는 스택에 부착된 절삭 요소의 이동을 독립적으로 제어하는 데 사용하기 위해 각각의 PZT 스택을 독립적으로 제어하기 위한 개별 증폭기들을 사용할 수 있다.

[0138] 본 발명의 소정의 실시예에서, 사용하도록 선택된 액추에이터는 동적 제어가능한 액추에이터이다. "동적 제어가능한"이라는 용어 및 그 변형은 공구 홀더(및 임의의 연관된 절삭 요소)의 위치 또는 배향이 플라이 커팅 헤드를 정지시키기 않고도 조정될 수 있게 하는 본 발명의 특징을 말한다. 바람직한 실시예에서, 공구 홀더(및 임의의 연관된 절삭 요소)의 위치 또는 배향, 또는 이 둘 모두는 절삭 요소가 공작물을 절삭하는 시간 동안 변화될 수 있거나 절삭 요소가 공작물을 절삭하지 않는 시간 동안 변화될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 동적 제어가능한 플라이 커팅 헤드는 액추에이터가, 예를 들어 X 축을 따른 절삭 요소의 유효 길이를 변화시키는 신호, 예컨대 전기 신호를 수신할 때 절삭 요소의 유효 절삭 경로를 조정할 수 있다. 대신에 또는 추가적으로, 동적 제어가능한 플라이 커팅 헤드는 절삭 요소(들)의 다른 축을 따른 위치, 또는 하나 이상의 축을 중심으로 회전하는 위치, 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 변화시킬 수 있다. 이는, 예를 들어 플라이 커팅 헤드가 정지되어 있는 동안 렌치 또는 다른 공구를 사용함으로써 절삭 프로파일을 변화시키기 위해 헤드의 정적 조정만을 가능하게 하는 다른 절삭 헤드와 대조적이다.

[0139] 액추에이터는 컴퓨터 수치 제어(computer numeric control, CNC) 신호들의 세트가 액추에이터를 제어하기 위해 액추에이터로 공급되는 개방 루프 제어 시스템, 또는 절삭 요소의 위치가 회전 중에 검출되고 그 위치 정보가 액추에이터를 제어하는 데 사용되는 신호를 생성 또는 조정하기 위해 연속적으로 사용되는 폐쇄 루프 제어 시스템을 사용하여 제어될 수 있다. 본 명세서에서 설명되는 유형의 액추에이터는 10 ㎑ 또는 심지어 50 ㎑ 이상의 속도로 (그가 수신하는 신호에 기초하여) 순차적 명령어를 실행할 수 있고, 따라서 초미세 해상도(very fine resolution)를 나타내는 표면 특징부 또는 이전에는 플라이 커팅 시스템을 사용하여 쉽게 생성되지 않았던 특징부를 제공하도록 절삭 경로의 증분식 조정이 이루어질 수 있다. 다른 한편, 액추에이터는 (절삭 팁의 위치 및 배향이 동적으로 제어되지 않는 고정 신호의 경우) 0 Hz 이상의 저속 신호를 실행하도록 사용될 수 있다.

[0140] 본 발명의 다른 실시예에서, 본 발명의 동적 제어 구동 특징은 소정의 특별히 유익한 효과를 얻기 위해 공작물의 위치와 동기화된다. 즉, 절삭 요소의 위치에 관계 없이 명령어들의 고정된 세트에 따라 동적 제어가능한 액추에이터를 작동시키는 대신에, 절삭 요소의 위치는 롤의 위치와 동기화된다. 일 실시예에서, 롤의 회전 위치는 비선형인 롤 내에 홈 세그먼트를 제조하기 위해 소정의 범위 내에서 변하는 플라이 커팅 헤드의 z 축 위치와 조화(동기화)되고, 절삭 요소(들)의 x 축 위치는 플라이 커팅 헤드의 회전 위치와 조화된다. 규칙적이거나 불규칙적일 수 있는 절삭 요소의 위치의 x 축 변동은 변하는 높이 및/또는 피치를 갖는 홈을 갖는 공구를 제조하기 위해 사용될 수 있는, 변하는 깊이 및/또는 폭을 갖는 홈 세그먼트를 제조할 수 있다.

[0141] 절삭 요소가 마모를 겪고, 마모가 롤 내로 절삭되는 특징부의 미묘한 특징 변화로 이어지기 때문에, 롤 또는 롤 상에 형성된 공작물의 세밀한 검사가 순차적인 홈 세그먼트들이 위에서 첫 번째로 기술된 바와 같이 롤의 z 축을 따라 또는 두 번째로 기술된 바와 같이 주연부를 따라 생성되었는지를 표시할 수 있다. 달리 말하면, 위에서 첫 번째로 설명된 z 축 절삭 방법을 사용하면, 절삭 요소(들)는 각각의 순차적인 홈이 절삭됨에 따라 마모되어, 최종 홈이 제1 홈과 함께 절삭되는 시점에서, 마모된 절삭 요소에 의해 형성된 최종 홈은 마모되지 않은 또는 덜 마모된 절삭 요소에 의해 형성된 제1 홈과는 적어도 마이크로 규모로 현저하게 다르게 보일 수 있다. 이는 2개의 인접한 홈 또는 다른 특징부들 사이의 차이 때문에 "가상 시임(virtual seam)"으로 불릴 수 있다. 위에서 두 번째로 설명된 주연부 절삭 방법을 사용하면, 작은 개별 홈 세그먼트가 롤의 주연부 둘레에 형성되는 경우에, 마모되지 않은 또는 덜 마모된 절삭 요소에 의해 형성된 특징부는 롤의 제1 단부에 있고, 마모된 절삭 요소에 의해 형성된 특징부는 롤의 제2 단부에서 나타날 것이다. 전술된 "가상 시임"을 갖는 롤 및 "단부 대 단부" 마모 패턴을 갖는 롤과, 이들을 형성하는 방법 및 이 방법을 사용하여 제조된 시팅 또는 다른 물품이 모

두 본 발명의 범주 내에 있다.

[0142] 도 11 내지 도 16에 도시된 플라이 커팅 기술은 다양한 방법에 의해 기부 구조물 및/또는 변형 특징부를 절삭하도록 사용될 수 있다. 예를 들어, 기부 구조물 및 변형 특징부를 절삭하는 것은, 처음에 기부 구조물을 플라이 커팅하고 그 후 변형 특징부가 기부 구조물 상에 중첩되도록 변형 구조물을 플라이 커팅하는 것을 포함하는 2-단계 공정으로 수행될 수 있다. 대안적으로, 변형 특징부는 처음에 마스터 표면의 표면 내에 플라이 커팅될 수 있고, 변형 특징부 위에 기부 구조물을 플라이 커팅하는 단계가 이어질 수 있다.

[0143] 본 명세서에서 설명되는 바와 같이, 기부 특징부 및/또는 변형 광학 특징부를 절삭하는 데 적용될 수 있는 플라이 커팅의 사용에 관한 추가 태양은 모두 2007년 8월 6일자로 출원된 대리인 관리 번호 62782US002호 및 대리인 관리 번호 63327US002호에 의해 식별되는 공동 소유의 미국 특허 출원들에서 찾을 수 있다.

[0144] 몇몇 실시예에서, 2개의 상이한 절삭 공정이 기부 구조물 및 변형 특징부를 절삭하기 위해 함께 사용될 수 있다. 예를 들어, 일 실시예에서, 기부 구조물은 선삭 기계를 사용하여 형성되고, 변형 특징부는 플라이 커팅에 의해 형성된다. 대안적으로, 기부 구조물은 플라이 커팅에 의해 제조될 수 있고, 변형 특징부는 선삭 기계에 의해 제조될 수 있다.

[0145] 중첩된 기부 구조물 및 변형 특징부를 갖도록 제조된 광학 필름은 향상된 광학 특징을 갖는 광 지향 필름을 생성하는 데 특히 유용하다. 예를 들어, 본 발명의 실시예에 따른 광 지향 필름은 광을 지향 또는 재순환시킴으로써 휘도 향상을 제공하는, 실질적으로 평행하게 배열된 선형 삼각 프리즘들의 어레이를 포함할 수 있다. 선형 프리즘 상에 중첩된 급격한 불연속적인 이산된 특징부가 향상된 확산 및 결함 은폐 특징을 제공한다. 몇몇 실시예에서, 기부 특징부 및/또는 변형 특징부는 필름의 확산 특징을 추가로 향상시키는 복수의 추가 회절 요소를 포함할 수 있다. 이러한 추가 회절 요소는 기부 특징부 및/또는 변형 특징부의 기하학적 형태를 변형시키는 평면형 또는 만곡된 형상을 포함할 수 있다. 예를 들어, 기부 구조물과 함께 사용되면, 회절 요소는 특징부의 하나 이상의 측면, 특징부의 상부 및/또는 하부의 기하학적 형태를 변형시킬 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 회절 요소는 특징부의 표면을 변형시키기 위해 변형 특징부와 함께 사용될 수 있고, 이에 의해 변형 특징부의 광 산란을 증가시킨다. 회절 요소는 원하는 기하학적 형태를 갖는 공구 팁을 사용하여 형성될 수 있다. 본 명세서에 도시된 것과 같은 공구 팁은 선삭 기계 또는 플라이 커팅 기술을 사용하여 기부 구조물 및/또는 변형 특징부를 절삭하기 위해 채용될 수 있다.

[0146] 선삭 기계 및 플라이 커팅 공정에서, 공구 팁의 형상은 공구 팁을 사용하여 형성되는 특징부에 특징적인 형상을 부여한다. 도 17 내지 도 21은 공구 팁의 기하학적 형태(도 17a, 도 18a, 도 19a, 도 20a, 도 21a), 대응하는 공구 팁을 사용하여 절삭된 미세복제 마스터 공구의 부분들(도 17b, 도 18b, 도 19b, 도 20b, 도 21b), 및 대응하는 마스터 공구를 사용하여 형성된 연속적인 기부 구조물을 갖는 광학 필름의 부분들(도 17c, 도 18c, 도 19c, 도 20c, 도 21c)의 도면을 도시한다. 도시된 공구 팁은 선삭 기계 응용에 특히 적용가능하지만, 선삭 기계 또는 플라이 커팅 응용에서 사용될 수 있다. 간단하게 하기 위해, 변형 특징부는 이들 도면에 도시되지 않았다. 광학 필름 내에 형성된 기부 구조물은 실질적으로 평면형인 하나 이상의 측면(도 17, 도 20, 도 21) 또는 하나 이상의 만곡된 측면(도 19)을 포함할 수 있다. 기부 구조물의 피크는 예리하거나(도 17, 도 18, 도 20, 도 21) 또는 편평할 수 있다(도 18, 도 20). 기부 구조물은 대칭일 필요가 없다(도 21). 도 17 내지 도 21에 도시된 바와 같이 기부 특징부의 형성 이전 또는 이후에, 변형 특징부가 동일하거나 상이한 공구 팁의 기하학적 형태를 사용하여 형성될 수 있다.

[0147] 도 22 내지 도 31은 회절 요소를 포함하는 예시적인 기하학적 형태의 도면이다. 이러한 기하학적 형태를 포함하는 공구 팁이 기부 구조물 및/또는 변형 특징부에 추가 회절 요소를 부여하도록 사용될 수 있다. 예를 들어, 예시적인 기하학적 형태를 나타내는 공구 팁이 필름의 제조 시에 사용되는 미세복제 마스터 공구 내에 대응하는 구조물을 생성하기 위해 선삭 기계 응용에 사용될 수 있다. 이 기하학적 형태는 또한 플라이 커팅 응용에 구현될 수 있다. 본 명세서에 도시된 기하학적 형태는 반드시 축척에 맞게 도시될 필요는 없다. 오히려, 이들은 회절을 제공하는 특징부 및 구조물의 형상 및 구성의 예를 보여주고자 의도된다. 특징부는 원하는 특징에 따라 임의의 치수 및 간격을 가질 수 있다.

[0148] 몇몇 실시예에서, 회절 요소는 광의 회절을 일으키는 필름 또는 물품 내의 특징부, 또는 필름 또는 물품을 제조하는 데 사용될 때 필름 또는 물품 내에 회절 특징부로 이어지는 공구 내의 특징부를 말한다. 전술된 바와 같이, 회절 요소를 갖는 필름 또는 물품은 대응하는 회절 특징부를 갖는 마스터 공구로부터 제조된다. 회절 특징부는 마스터 공구로부터 제조된 필름 또는 물품 내에서 원하는 회절량을 얻도록 조정될 수 있다. 특히, 회절 요소의 크기 및 형상은, 회절 요소들 사이의 간격과 함께, 특정 응용에 대해 요구되는 광의 회절의 양 또는 정

도에 대해 설계될 수 있다. 예를 들어, 회절 요소들 사이의 간격이 감소함에 따라, 회절 요소는 광의 회절의 증가를 일으킨다. 그러므로, 더 멀리 이격된 회절 요소들은 회절을 덜 일으키고, 서로 더 가까이 이격된 회절 요소들은 회절을 더 일으킨다. 소정의 실시예에서, 예를 들어, 홈과 같은 회절 요소는 10 마이크로미터, 5 마이크로미터, 1 마이크로미터 이내, 또는 광의 특정 파장 부근의 거리 이내로 이격될 수 있다. 일 실시예에서, 회절 요소는, 단면 형상이 실질적으로 삼각형이고 그 사이의 간격이 650 ㎚인 다수의 특징부를 포함한다. 예를 들어, 일 실시예는 각각 대략 650 ㎚로 이격된 28개의 그러한 특징부들을 포함한다. 일부 실시예에서, 회절 특징부는 나노-규모 특징부를 지칭한다. 예를 들어, 회절 요소는 100 ㎚ 정도 또는 심지어 10 ㎚로 작은 크기를 가질 수 있다. 공구 팁 상의 회절 요소의 크기는 회절 공구 팁에 의해 기계가공된 공작물로부터 제조된, 아래에 예시되는 바와 같이, 필름 내에 실질적으로 동일한 크기의 회절 요소를 생성한다.

[0149] 도 22 내지 도 31에 도시된 기하학적 형태를 갖는 공구 팁은, 예를 들어 다이아몬드 슬래브로 구현될 수 있다. 공구 팁 상의 회절 요소는 바람직하게는 이온 밀링에 의해 제조될 수 있다. 공구 팁 상에 회절 특징부를 형성하는 다른 기술에는 미세 방전 가공, 연삭, 래핑, 어블레이션, 또는 공구 팁에 스크래치 또는 특징부를 부여하는 다른 방법이 포함된다. 대안적으로, 다이아몬드는 전통적인 방식으로 래핑되고 함께 정밀하게 접합되어 회절 특징부를 갖는 거시적 공구 조립체를 제조할 수 있다. 만입 회절 특징부의 대안으로서, 기계가공된 공구 팁은 돌출 회절 특징부, 또는 만입 회절 특징부와 돌출 회절 특징부의 조합을 가질 수 있다.

[0150] 마스터 공구는 도 22 내지 도 31에 도시된 기하학적 형태를 포함하도록 기계가공될 수 있고, 이 마스터 공구는 위에서 설명된 바와 같이 필름을 제조하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 마스터는 도 22 내지 도 31에 도시된 회절 기하학적 형태를 포함하는 연속적인 기부 특징부 및/또는 이산된 변형 특징부를 제조하도록 기계가공될 수 있다. 마스터 공구로부터 제조된 광학 필름은 상보적인 기하학적 형태를 가지며, 독특한 회절 및 굴절 광학 능(optical power)을 갖도록 제조될 수 있다. 향상 필름에서의 이들 독특한 회절 및 굴절 광학 형태의 예시적인 목적은 광을 단순히 공구의 팁 상의 반경으로 입력하는 것보다 많은 다목적성을 갖고서 중앙 시야 구역으로부터 이동시키는 것에 대한 더 많은 선택 사양을 제공하는 것이다.

[0151] 마스터 공구는 전술한 바와 같이 이온 밀링된 다이아몬드에 의한 플런지 또는 스레드 커팅을 통해 달성될 수 있다. 플런지 및 스레드 커팅은 미국 특허 제7,140,812호 및 제6,707,611호에 설명되어 있다. 이러한 공구 팁을 이용하여 기계가공된 마스터 공구로부터 제조된 필름에서, 회절 요소는 필름의 모든 기부 특징부 또는 변형 특징부 상에 존재할 필요는 없다. 예를 들어, 플런지 커팅은 회절 요소를 갖는 기부 특징부 및/또는 변형 특징부들에 회절 요소를 갖지 않는 기부 특징부 및/또는 변형 특징부들을 끼워 넣기 위해 사용될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 회절 특징부는 프리즘의 소면들 중 하나 상에만 존재할 수 있다. 이러한 유형의 공구 팁은 휘도 프로파일의 더 미세한 광학적 조정을 가능하게 한다. 회절 요소는 또한 BEF와 같은 광학 필름 내에서 더 평활한 컷오프(cut-off) 또는 휘도 프로파일을 용이하게 한다. 회절 요소는 또한 기부 특징부 및/또는 변형 특징부와 회절 요소를 별개로 생성하기 위한 다수의 공구 팁의 사용과 비교할 때 광학 필름에 대한 절삭 시간 감소를 용이하게 할 수 있다.

[0152] 도 22a는 양 소면 상에 회절 요소(2202, 2204)를 제공하는 데 사용될 수 있는 단면 기하학적 형태(2200)를 도시한다. 회절 요소(2202, 2204)는 이러한 예에서 V-홈 또는 노치로서 도시되어 있다. 회절 요소들 사이의 격자 간격(2203)은 일정하거나 또는 가치가 있거나 관심이 있을 수 있는 상이한 특성들을 생성하기 위해 변경될 수 있다. 예를 들어, 격자 간격을 변경시킴으로써, 일정한 격자 간격과 비교할 때 대응하는 광학 필름 내에서의 발산 프로파일을 평활하게 할 수 있다. 이러한 간격은 또한 파장 의존성에 도움이 될 수 있고 컬러 효과를 개선할 수 있다. 이온 밀링된 격자의 형상은 V자 형상을 가질 필요는 없지만, 음의 드래프트각(draft angle)은 전형적으로 회피되어야 한다. 격자 홈 또는 노치의 폭 및 깊이는 통상 1 마이크로미터 미만일 것이지만, 1 마이크로미터를 초과할 수 있다. 노치 또는 홈을 생성하기 위해 이용될 수 있는 많은 형상이 존재한다. 가시광 응용의 경우, 격자 홈들 사이의 거리(2203)는 통상 0.5 마이크로미터 내지 10 마이크로미터의 간격 범위일 것이지만, 다른 범위가 설계 목표를 충족시키기 위해 사용될 수 있다.

[0153] 다이아몬드 공구가 회절 요소(2202, 2204)가 5 마이크로미터(거리(2203) 만큼) 이격되고 각각의 회절 요소가 홈을 가로질러 1 마이크로미터의 폭을 갖는 이러한 설계를 사용하여 제조되었다. 이러한 경우, 회절 홈은 굴절 영역으로부터 멀어지는 광의 제어된 산란을 제공하여 필름 샘플 내에서 대략 31° 에서 컷오프되는 최대값으로 투과시키는 것으로 나타났다. 이러한 필름의 회절 요소는 측각기(goniometer)에 의한 광도 측정을 이용하여 휘도 프로파일을 평활하게 확장시키는 것으로 나타났다. 휘도 프로파일은 격자 간격을 더 크게 하고 홈 또는 특징부의 개수를 감소시킴으로써 조정될 수 있다. 대안적으로, 격자 간격을 감소시키고 홈 또는 요소의 개수를

증가시키는 것 또한 프로파일을 미세 조정하는 데 사용될 수 있다.

[0154] 도 22b는 양 소면 상에 회절 요소(2205, 2207)를 제공하도록 사용될 수 있는 단면 기하학적 형태(2201)를 도시한다. 도 22b에 도시된 기하학적 형태(2201)는 회절 요소(2205, 2207)가 편평 부분이 아닌 만곡된 부분에 의해 분리된다는 점에서 도 22a에서 제시된 것의 변경예이다. 도 23 내지 도 31에 대해 아래에서 설명되는, 이온 밀링된 다이아몬드 형태의 예는 휘도 프로파일을 조정하기 위한 다른 실시예를 설명한다.

[0155] 도 23은 하나의 소면 상에서 회절 요소(2308)를 가지며 다른 소면(2310) 상에는 회절 요소가 없는 기하학적 형태(2306)를 도시한다. 회절 요소(2308)는 V-홈 또는 노치를 포함할 수 있고, 일정하거나 가변적인 격자 간격을 가질 수 있다.

[0156] 도 24a는 요소들 사이에서 일정하거나 변할 수 있는, 단차식 높이 변동(2413)을 사용하는 회절 요소(2414)를 구비한 기하학적 형태(2412)를 도시한다.

[0157] 도 24b는 요소들 사이에서 일정하거나 변할 수 있는, 단차식 높이 변동(2415)을 사용하는 회절 요소(2411)를 구비한 기하학적 형태(2409)를 도시한다. 공구 팁(2409)은 회절 요소(2411)가 회절 요소의 양 측면 상의 단차식 높이 변동이 아닌 단일의 경사진 단차식 높이 변동을 갖는다는 점에서 공구 팁(2412)의 구성의 변경예이다.

[0158] 도 25는 90° (2518) 소면 측면(2517, 2519)을 따라 회절 요소(2520, 2522)를 구비한 공구 팁(2516)의 기하학적 형태를 도시한다. 회절 요소(2520, 2522)는 설계에 대해 적절하게 또는 원하는 대로 팁 부근에 또는 (팁으로부터 멀리) 골 부근에 있을 수 있다. 또한, 회절 요소(2520, 2522)는 90° 소면 벽을 따라 임의로 위치될 수 있다.

[0159] 도 26은 편평한 팁(2625)을 따라 회절 요소(2624)를 구비한 기하학적 형태(2623)를 도시한다. 일례에서, 공구 팁 상의 회절 요소의 이러한 유형의 구성은 1 마이크로미터 이격된 11개의 V-홈(2624)을 구비한 10 마이크로미터 폭(2625)을 갖는 다이아몬드로부터 제조되었다.

[0160] 도 27은 만곡된 팁(2727)을 따라 회절 요소(2728)를 구비한 기하학적 형태(2726)를 도시한다.

[0161] 도 28은, 예를 들어 90° 소면을 따라 높이(2833)를 갖는 단차식으로 형성된 회절 요소(2832)를 구비한 기하학적 형태(2830)를 도시한다.

[0162] 도 29는 공구 팁의 실질적으로 편평한 부분을 따라 렌즈형 형상을 갖는 회절 요소(2936)를 구비한 기하학적 형태(2934)를 도시한다.

[0163] 도 30은 소면을 따른 인접한 오목 및 볼록 부분들로부터 형성된 만곡된 소면(3040)을 따른 회절 요소를 구비한 기하학적 형태(3038)를 도시한다.

[0164] 도 31은 소면을 따른 인접한 경사진 편평 부분들로부터 형성된 복수의 선형 소면(3144)을 따른 회절 요소를 구비한 기하학적 형태(3142)를 도시한다.

[0165] 전술된 것과 같은 기하학적 형태의 사용은 많은 이점 또는 바람직한 특징을 제공할 수 있는 회절 요소를 갖는, 필름과 같은 미세복제된 물품을 제조하도록 사용될 수 있다. 예를 들어, 이들은 광 지향, 컷오프각의 감소, 도광체를 위한 광의 추출, 또는 단속 절삭 렌즈릿(lenslet) 상의 무지개 효과와 같은 기존의 특징에 대한 장식 효과를 위한 광 관리 응용에 사용될 수 있다. 또한, 더 큰 미세구조물 상의 회절 요소가 광을 방향전환하기 위한 추가의 자유도를 제공한다.

[0166] 전술된 기하학적 형태는 거시-규모(1 마이크로미터 이상의 치수) 및 나노-규모(1 마이크로미터 미만의 치수)로 특징부를 형성하는 데 사용될 수 있고, 특징부는 연속 및/또는 단속 절삭 모드로 하나 이상의 공구 팁을 사용하여 형성될 수 있다. 또한, 공구 팁을 사용한 절삭은 공구 내로의 x 방향, y 방향, 또는 z 방향으로, 또는 그러한 방향의 조합으로 달성될 수 있다. 대안적으로, 회절 요소는 액추에이터의 사용이 없이 공구 내에 절삭될 수 있고, 이는 예를 들어 저 주파수 서보를 사용하여 공구의 표면 내에 실질적으로 일정하거나 일정하지 않은 깊이로 보유되는 공구 팁(들)에 의한 연속적인 절삭을 포함할 수 있다.

[0167] 앞서 논의된 바와 같이, 몇몇 실시예에서, 미세복제 마스터, 및 마스터를 사용하여 생성된 필름은 x 축, z 축 또는 이 둘 모두를 따른 절삭 공구 이동에 의해 발생된 특징부의 변동을 갖는 특징부를 포함할 수 있다. 피치 및/또는 높이의 이러한 변동은 일반적으로 발생하는 다양한 광학 결함을 개선하기 위해 필름 내로 도입될 수 있다. 프리즘 피치의 변동은 유리하게는 광학 필름 내에서 모아레 간섭 패턴의 출현을 감소시킨다. 프리즘 높이의 변동은 유리하게는 웨트아웃 영역의 발생을 감소시킨다.

[0168] 몇몇 실시예에서, x 및/또는 z 방향으로의 변동을 보이는 연속적인 기부 특징부가 급격히 불연속적인 이산된 특징부와 중첩될 수 있다. x 방향으로의 절삭 공구의 이동은 도 32에 도시된 바와 같이 (마스터 내의 더 깊은 홈에 대응하는) 더 높은 특징부(3201) 및 (마스터 내의 더 얕은 홈에 대응하는) 더 짧은 특징부(3202)의 특징부 대 특징부의 패턴을 특징으로 하는 기하학적 형태를 생성하도록 사용될 수 있다. z 방향으로의 절삭 공구의 이동은 도 33에 도시된 바와 같이 피치의 변동을 갖는 특징부 대 특징부의 패턴을 특징으로 하는 기하학적 형태를 생성하도록 사용될 수 있다. 도 33에서, 제1 세트의 특징부(3301)는 피치(p_1)를 갖고, 제2 세트의 특징부(3302)는 피치(p_2)를 갖는다. 전술된 바와 같이, 특징부마다 또는 임의의 특정 특징부를 따라 발생하는 변동은 규칙적이거나 불규칙적일 수 있음을 알아야 한다. 규칙적인 패턴은 주기적 또는 비주기적일 수 있다. 다양한 특징을 갖는 특징부들이 끼워 넣어질 수 있다.

[0169] 몇몇 실시예에서, 특징부를 따른 x 및/또는 z 방향으로의 변동을 보이는 기부 구조물은 급격히 불연속적인 변형 특징부와 중첩될 수 있다. x 및/또는 z 방향으로의 절삭 공구의 이동은 특정 특징부를 따라 발생하는 특징부 변동을 생성하도록 사용될 수 있다. 도 34는 특징부 길이를 따라 피치가 변하는 특징부(3402, 3404, 3406, 3408)들이 끼워 넣어진 특징부 길이를 따라 높이가 변하는 특징부(3401, 3403, 3405, 3407)들을 도시한다. 다른 실시예는 높이 변동이 없는 피치의 변동 또는 피치 변동이 없는 높이의 변동을 포함할 수 있다.

[0170] 몇몇 실시예에서, x 및/또는 z 방향으로의 절삭 공구 이동의 상대적으로 빠른 연속적인 변동이 x 및/또는 z 방향으로의 더 느린 연속적인 변동과 함께 사용될 수 있다. 도 35는 절삭 공구의 z 방향 이동이 $p_3 \neq p_4$가 되도록 피치의 특징부 대 특징부의 변동을 생성하는 실시예를 도시한다. x 방향으로의 절삭 공구의 더 신속한 이동은 특징부(3510) 각각을 따른 높이의 변동을 생성한다.

[0171] 몇몇 실시예에서, 절삭 공구의 고 주파수 z 방향 이동 및 고 주파수 x 방향 이동 둘 모두가 미세복제 마스터 및 광학 필름의 기부 특징부 및/또는 변형 특징부를 생성하도록 사용된다. 이러한 구조는 각각 x 및 z 축을 따른 이동을 생성하는 제1 및 제2 액추에이터의 결과로서 절삭 공구 이동에 의해 달성될 수 있다. 2개의 액추에이터를 포함하는 절삭 헤드가 도 6a에 도시되어 있다. x 및 z 변동 둘 모두를 갖는 구조가 또한 x 성분 및 z 성분들 모두를 갖는 궤적을 따라 절삭하는 단축 액추에이터의 사용을 통해 달성될 수 있다. 이러한 유형의 궤적 절삭을 위한 절삭 헤드 구성이 도 9a에 도시되어 있다. 도 36a 및 도 36b는 궤적을 따른 절삭에 의해 형성된 x 및 z 축 편위를 갖는 기부 구조물(3600)을 도시한다. 도 36a 내지 도 36c의 구조물 상에 도시된 선은 프리즘의 높이 변동을 더 명확하게 도시하고자 하는 것이다. 구조물(3600)은 프리즘 피치(p)의 모아레 방지 변동 및 프리즘 높이(h)의 웨트아웃 방지 변동 둘 모두를 제공하는 프리즘(3610)을 포함한다. 도 36b는 프리즘 높이 및 피치의 변동을 도시하는 도 36a의 프리즘 필름(3600)의 프리즘 피크(3610)의 단면도이다. 비교를 위해, 도 36c는 높이 변동이 없이 피치 변동만을 갖는 프리즘을 구비한 구조물(3650)의 단면도이다.

[0172] 본 발명의 실시예는 미세복제 마스터 공구 및/또는 이로부터 생성된 필름 내의 중첩된 기부 구조물 및 변형 특징부의 형성을 포함하는 공정에 관한 것이다. 예를 들어, 본 발명의 실시예에 따른 기부 특징부는 일정한 x 축 및/또는 z 축 치수를 가질 수 있거나, 가변적인 x 축 또는 z 축 치수를 가질 수 있다. 특징부의 x 축 및/또는 z 축 치수의 가능한 변동은 느리거나 빠른 변동을 포함할 수 있다. 기부 구조물 및/또는 변형 특징부는 도 17 내지 도 31에 도시된 바와 같이 다양한 회절 요소를 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 32 내지 도 36에 도시된 형상으로 도시된 기부 특징부는 몇몇 실시예에서 회절 요소를 포함할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 변형 특징부는 회절 요소를 포함할 수 있고, 몇몇 실시예에서, 기부 구조물 및 변형 특징부 둘 모두가 회절 요소를 포함할 수 있다. 또한, 회절 요소의 소정 특징 또는 특정 유형을 갖는 특징부들에는 회절 특징부의 다른 특징 또는 다른 유형을 갖는 특징부들이 임의의 패턴으로 끼워 넣어질 수 있다. 기부 구조물, 변형 특징부 및/또는 회절 요소는 선삭 기계 절삭, 플라이 커팅, 및/또는 다른 처리 방법의 임의의 조합을 사용하여 마스터의 표면 내로 절삭될 수 있다. 기부 구조물, 변형 특징부, 및/또는 회절 요소의 특징부 패턴, 밀도, 면적, 깊이, 및 비율은 최적화된 필름 성능에 대해 조절될 수 있다.

[0173] 도 37 내지 도 44는 다양한 실시예와 함께 사용될 수 있는 중첩된 기부 구조물 및 변형 특징부의 예시적인 구성을 도시하지만, 본 명세서를 읽으면, 기부 구조물 및 변형 특징부의 많은 추가의 조합이 가능하다는 것이 당업자에게 명백할 것이다.

[0174] 도 37a 및 도 37b는 변형 특징부가 더 큰 피크 높이의 무작위로 위치된 영역들을 생성하는 무작위 패턴으로 중첩된 변형 구조물을 구비한 기부 구조물을 포함하는 프리즘 필름을 도시한다. 기부 구조물은 도 37a에 도시된 바와 같이 예리한 피크의 프리즘을 포함할 수 있거나, 기부 구조물 프리즘은 둥근 피크를 가질 수 있다. 변형

특징부는 도 37a에 도시된 바와 같이 둥근 피크를 가질 수 있거나, 도 37b에 도시된 바와 같이 예리한 피크를 가질 수 있다. 기부 구조물 및 변형 특징부 중 하나 또는 둘 모두는 회절 요소를 포함할 수 있다. 도 37a 및 도 37b에 도시된 실시예에서, 변형 특징부는, 기부 구조물(3751)의 피크-골 거리(3707)의 대부분보다 실질적으로 작은 거리를 포함하는 이산된 영역 내에서 그리고 기부 특징부(3751)의 길이(3709)의 대부분보다 작은 길이를 따라, 기부 특징부(3751)의 측면을 변형시킨다.

[0175] 도 37a는 프리즘 필름(3750)을 형성하기 위해 사용되는 마스터 공구의 상보적인 구조에 또한 대응하는 프리즘 필름(3750)의 구조를 도시한다. 도 37a에 도시된 바와 같이, 마스터 공구 구조는 연속적인 기부 구조물(3751)을 절삭하고, 이어서 기부 특징부에 대해 사용된 절삭 공구 프로파일과는 다른 절삭 공구 프로파일을 갖는 절삭 공구를 사용하여 변형 특징부(3755)를 절삭함으로써 형성될 수 있고, 이때 변형 절삭부는 x 방향으로 마스터의 표면 내로 더 깊이 절개한다. 프리즘 필름(3750)은 기부 구조물(3751)로서 예리한 팁의 프리즘을 스레드 커팅함으로써 형성될 수 있다. 기부 구조물에 대해 사용된 프로파일보다 더 좁은 끼인각 및 둥근 팁을 갖는 제2 절삭 공구 프로파일이 기부 특징부(3751)의 피크-골 깊이를 증가시키는 불규칙적으로 위치된 변형 특징부(3755)를 절삭하도록 사용된다. 예를 들어, 기부 구조물(3751)은 약 90°, 또는 약 40° 내지 약 150°의 내각을 가질 수 있고, 변형 특징부는 약 40°의 내각을 가질 수 있다. 변형 특징부를 형성하기 위해 사용되는 절삭 공구 팁은 소면을 가능한 한 많이 보존하지만 내구성을 추가하기 위해, 반경, 예를 들어 약 3 마이크로미터 내지 약 8 마이크로미터의 반경을 가질 수 있다.

[0176] 실질적으로, 모든 절삭 공구 팁 및/또는 프리즘 피크는 어느 정도의 반경을 가지며, 따라서 "예리한 팁" 및 "둥근 팁"이라는 용어는 다른 프리즘 피크에 관련된 프리즘 피크에 적용될 수 있다. 예를 들어, 2개의 상이한 반경의 피크를 포함하는 구성에서, "예리한 팁의 피크"는 다른 피크, 더 큰 반경을 갖는 "둥근 팁의 피크"에 관련된 것과 같이 표시될 수 있다.

[0177] 몇몇 실시예에서, 기부 특징부 및/또는 변형 특징부는 도 22 내지 도 31에 도시된 요소와 같은, 회절 요소를 추가로 포함할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 기부 특징부는 둥근 절삭 공구 프로파일로 절삭될 수 있다. 둥근 팁 프로파일은 프리즘의 인성을 향상시키지만, 휘도 향상 필름 내의 이득을 감소시킬 수 있다. 그러므로, 몇몇 응용에서, 이산되고 불규칙적으로 위치된 변형 특징부에 대해 둥근 팁 프로파일로 절삭하는 것이 유리할 수 있다. 도 35a에 도시된 특정 구조는 피크 높이에 웨트아웃 방지 변동을 제공하면서 광학 필름의 전체 이득을 실질적으로 보존한다. 변형 구조물을 형성하기 위한 둥글거나 편평한 공구 프로파일의 사용은 비교적 깨지기 쉬운 피크 팁을 둥글거나 뭉툭하게 함으로써 이러한 웨트아웃 방지 구조물을 더욱 내구성 있게 만든다.

[0178] 예컨대 플런지 커팅에 의해 변형 특징부를 형성하기 위한 단속 절삭의 사용은 아래에 놓인 기부 구조물의 기울기의 급격한 불연속적인 변화가 발생하는 주연부에 의해 한정된 이산된 영역의 형성을 허용한다. 아래에 놓인 기부 구조물 상에서의 단속 절삭은, 단속 절삭과 연관된 파형을 연속적인 파형과 중첩시키는 것과 같이, 다중 절삭 파형을 중첩시키는 것을 포함한다. 이러한 접근법은, 예를 들어, 약 0.1도 초과, 약 0.2도 초과, 또는 약 1도 초과의 진입각 또는 이탈각(또는 마이크로미터당 기울기의 변화)을 갖는 급격한 불연속부를 달성하도록 사용될 수 있다. 각각의 변형 특징부는 아래에 놓인 기부 구조물의 피크를, 예를 들어 약 0.5 마이크로미터 내지 약 3 마이크로미터만큼 상승시킬 수 있다. 변형 특징부는 1 마이크로미터 미만으로부터 수십 마이크로미터까지의 범위일 수 있다.

[0179] 높이의 급격한 변화는 다수 배 더 큰 기부 구조물 상에 중첩된 작고 이산된 미세구조물의 형성을 허용한다. 개별 변형 특징부의 길이 또는 면적의 감소 및/또는 기부 특징부 길이 또는 면적에 대한 변형 특징부 길이 또는 면적의 전체 비의 제어는, 예를 들어 광학 필름의 이득 및/또는 다른 특징을 획득하거나 유지하는 능력을 용이하게 한다. 예를 들어, 예리한 팁의 삼각형 프리즘을 사용하는 휘도 향상 필름에서, 라미네이션 스탠드오프(standoff) 및/또는 웨트아웃 방지 특징부로서 역할을 하는 변형 구조물(더 높고, 둥근 팁의 피크)의 작은 영역을 또한 제공하면서, 이득을 보존하기 위해 기부 특징부(예리한 팁의 프리즘)의 면적을 최대화하는 것이 바람직할 수 있다. 연속적인 예리한 팁의 프리즘과 작고 둥근 팁의 이산된 특징부의 유리한 조합은 아래에 놓인 연속적인 프리즘 구조물의 절삭 프로파일을 이산된 변형 구조물의 절삭 프로파일과 중첩시킴으로써 가능하다.

[0180] 개별 변형 특징부의 길이 및/또는 전체 면적을 제어하는 것은 필름과 인접한 필름 사이의 접촉 면적을 제어하는 능력을 제공하고, 이는 많은 응용에서 바람직하다. 이득을 보존하고 그리고/또는 접촉 면적을 감소시키는 데 있어서의 향상은 변형 특징부의 주연부에서 높이의 급격한 전이부를 생성하는 능력으로 인해 본 명세서에서 설명되는 접근법을 사용하여 달성가능하다. 급격한 불연속적인 변형 특징부의 사용은, 예를 들어 이득, 광 지향, 필름 인성, 광학 확산, 결함 은폐 능력, 및 결함 방지 특징부, 및 다른 필름 특징의 사양과 같은, 다중 파라미

터 사양을 따르도록 필름을 최적으로 설계하는 능력을 향상시킨다.

[0181] 몇몇 실시예에서, 도 37a에 도시된 바와 같이, 기부 구조물(3701) 및 변형 특징부(3705)는 본 명세서에서 더 상세하게 설명되는 바와 같은 동기화된 플라이 커팅 방법을 사용하여 마스터 내에 형성된다. 홈 구조물이 공작물의 원통형 축을 따라 또는 공작물의 원통형 축에 대해 임의의 각도 편향을 갖는 방향으로, 공작물 둘레에 방사상으로 형성될 수 있다. 이러한 실시예에서, 플라이 커터 헤드의 다수 회 통과는 이산된 특징부들을 형성하도록 구현될 수 있다. 대안적으로, 플라이 커터 헤드 상의 다중 절삭 공구가 이산된 특징부들을 형성할 수 있다. 이산된 특징부들을 형성하기 위해 사용되는 절삭 공구는, 예를 들어 연속적인 특징부의 아래에 놓인 형상으로부터 급격하게 불연속적인 이산된 특징부의 주연부를 형성하기 위해 고속 공구 서보(FTS)에 의해 구동될 수 있다.

[0182] 몇몇 실시예에서, 스레드 커팅 및 동기화된 플라이 커팅 방법이 초기 기부 홈 및 이산된 변형 특징부 둘 모두를 절삭하기 위해 조합하여 사용될 수 있다. 예를 들어, 도 37a의 예에서, 스레드 커팅은 초기에 연속적인 홈(3751)을 생성하도록 사용될 수 있고, 이어서 이산된 변형 특징부(3755)를 형성하기 위한 동기화된 플라이 커팅이 사용될 수 있다. 기부 구조물 및/또는 변형 특징부의 형성은 표면을 가로지른 절삭 공구의 다수 회 통과 또는 복수의 절삭 공구의 1회 통과에 의존할 수 있다.

[0183] 역으로, 플라이 커팅 방법이 초기에 기부 구조물을 생성하도록 사용될 수 있고, 그 후 스레드 커팅 방법이 이산된 변형 특징부를 후속하여 형성하도록 채용될 수 있다. 절삭 공구 또는 공구들의 FTS 구동은 급격한 불연속적인 주연부를 갖는 변형 특징부의 형성을 용이하게 한다.

[0184] 도 37b는 프리즘 필름(3700)을 형성하기 위해 사용되는 마스터 공구의 상보적인 구조에 또한 대응하는 프리즘 필름(3700)의 구조를 도시한다. 이러한 예에서, 예리한 팁의 프리즘이 기부 구조물(3701)을 형성한다. 예를 들어, 기부 구조물은 약 90° 또는 다른 각도의 내각을 가질 수 있다. 이산된 변형 특징부(3705)가 기부 특징부(3701)의 피크를 따라 x 방향으로 더 깊이 절개함으로써 형성된다. 변형 특징부(3705)는 이러한 실시예에서 예리한 팁의 절삭 공구를 사용하여 형성된다. 예를 들어, 변형 특징부(3705)의 내각은 약 40° 또는 다른 각도일 수 있다.

[0185] 도 38은 프리즘 필름(3800)을 형성하기 위해 사용되는 마스터 공구의 구조에 또한 대응하는 프리즘 필름(3800)의 구조를 도시한다. 이러한 예에서, 기부 특징부(3801) 및 변형 특징부(3805)는 전술된 바와 같은 연속 및 단속 절삭 기술에 의해 형성될 수 있다. 예를 들어, 기부 구조물(3801)은 FTS 작업을 포함하지 않는 연속적인 절삭 기술을 사용함으로써 형성될 수 있다. 변형 특징부(3805)는 절삭 공구가 x 축 FTS 액추에이터를 사용하여 이동되는 동적 절삭 공정에 의해 단속된 절삭부를 형성함으로써 형성될 수 있다. 기부 및 변형 특징부(3801, 3805)는 동일한 절삭 공구 프로파일 기하학적 형태를 사용하여 형성될 수 있다. 변형 특징부(3805)를 형성하는 단속된 절삭부는 연속적인 기부 구조물(3801)을 형성하는 홈을 따라 마스터의 표면 내로 더 깊이 절개한다. 이러한 예에서, 변형 특징부는 (마스터 표면 상의 홈의 깊이에 대응하는) 프리즘의 높이를 증가시킨다. 더욱이, 변형 특징부(3805)는 기부 구조물(3801)의 길이(3809)의 대부분보다 작게 연장하는 이산된 영역 내에서 기부 구조물(3801)의 피크-골 거리(3807)의 대부분을 따라 기부 구조물(3801)의 측면을 또한 변형시킨다. 몇몇 실시예에서, 변형 특징부(3805)는 피크-골 거리(3807)의 사실상 전부를 따라 기부 구조물(3801)의 측면을 변형시킬 수 있다. 변형 특징부(3805)에 대한 기부 구조물(3801)의 비율은 광학 필름의 원하는 특징을 달성하도록 조절될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 기부 구조물 및 변형 특징부 중 하나 또는 둘 모두가 둥근 팁의 절삭 공구로 절삭될 수 있다. 예컨대, 25%, 35%, 또는 다른 양까지의, 미변형 기부 구조물에 대한 변형 특징부의 영역의 전체 면적의 백분율은, 예를 들어 규정된 이득, 결함 은폐 능력, 및 필름 인성을 제공하도록 선택될 수 있다.

[0186] 몇몇 실시예에서, 이산된 특징부는 마스터를 따른 z 방향으로 측방향으로의 절삭 공구의 운동에 의해 형성된다. 도 39는 프리즘 필름(3900)을 형성하기 위해 사용되는 마스터 공구의 구조에 또한 대응하는 프리즘 필름(3900)의 구조를 도시한다. 필름(3900)은 실질적으로 일정한 깊이 및 피치를 갖는 홈을 형성하는 절삭 공정에서와 같이 마스터 내로 절삭된 신장된 홈에 대응하는 기부 구조물(3901)을 포함한다. 하나 이상의 후속 절삭 단계 중에, 기부 구조물을 절삭하기 위해 사용되는 공구와 동일한 기하학적 형태 또는 상이한 기하학적 형태를 가질 수 있는 절삭 공구가 홈의 측면 내로 더 깊이 절개하도록 FTS 액추에이터에 의해 z 축을 따라 이동된다. 생성된 필름은 홈(3901)의 측면을 따른 위치에서 연속적인 특징부(3701)의 기울기를 변형시키는 변형 특징부(3905)를 포함한다. 기부 구조물(3901)의 피크는 z 축 절개부에 의해 영향을 받을 수 있거나 받지 않을 수 있다.

[0187] 몇몇 실시예에서, 변형 특징부는 x 및 z 방향 둘 모두를 따른 궤적 절삭에 의해 절삭 공구의 이동에 의해 형성될 수 있다. 예를 들어, 도 40에 도시된 바와 같이, 변형 특징부(4005)는 도 9a 내지 도 9e에 도시된 공정에 따른 단축 액추에이터를 사용하는 궤적 절삭에 의해 또는 절삭 공구를 이동시키기 위한 분리된 x 및 z 액추에이

터를 사용함으로써 형성될 수 있다. 궤적 절삭은 기부 구조물(4001)의 피크에 영향을 주거나 주지 않을 수 있다. 도 40에 도시된 바와 같이, 변형 특징부(4005)는 홈(4001)의 단지 하나의 측면 상에만 비대칭으로 형성될 수 있다.

[0188] 기부 구조물 또는 변형 특징부, 또는 이 둘 모두는 도 22 내지 도 31과 관련하여 전술된 바와 같이 회절 요소를 부가적으로 포함할 수 있다. 도 41a는 기부 구조물(4101)이 회절 요소를 포함하지 않는 예리한 팁의 피크를 포함하고 변형 특징부(4105)가 둥근 피크를 포함하는 실시예를 도시한다. 변형 특징부(4105)들 중 하나 이상은 회절 요소(4106)를 포함한다. 변형 특징부(4105)는 기부 구조물(4101)을 형성하는 연속적인 홈을 따른 규칙적인 또는 불규칙적인 위치에서 x 방향으로 더 깊이 절개하는 절삭 공구에 의해 형성된다. 회절 요소는 변형 특징부들 중 단지 일부 상에서만 사용될 수 있고, 동일한 회절 요소 패턴은 각각의 변형 특징부에 대해 사용될 필요가 없다. 예를 들어, 회절 요소의 하나의 패턴을 갖는 변형 특징부들에는 회절 요소를 갖지 않거나 회절 요소의 상이한 패턴을 갖는 하나 이상의 다른 변형 특징부들이 끼워 넣어질 수 있다. 도 41a에 도시된 예에서, 변형 특징부(4105)는 기부 구조물(4101)의 피크와, 기부 구조물(4101)을 따른 이산된 위치에서의 피크-골 거리를 따른 소면의 적어도 대부분을 따른 측면 둘 모두에 영향을 준다. 몇몇 실시예에서, 변형 특징부는 기부 구조물의 상부에 우세하게 또는 전적으로 영향을 줄 수 있거나, 기부 구조물의 측면에 우세하게 또는 전적으로 영향을 줄 수 있다.

[0189] 도 41b는 기부 구조물 상에 중첩된 변형 특징부의 2가지 유형을 포함하는 프리즘 필름의 구조를 도시한다. 이러한 예에서, 기부 구조물(4151)은 예리한 팁의 피크를 갖는다. 제1 유형의 변형 특징부(4155)는 예리한 팁의 피크 및 회절 요소(4156)를 포함한다. 제2 유형의 변형 특징부(4160)는 둥근 피크를 포함한다. 도 41b에 도시된 구성은, 먼저 예리한 팁의 피크(4151)를 형성하기 위해 사용되는 홈이 형성된 기부 구조물, 이어서 회절 요소(4156)를 갖는 제1 변형 특징부(4155)를 절삭하고, 마지막으로 둥근 특징부(4160)를 절삭함으로써 마스터 공구 내에 형성될 수 있다. 둥근 특징부(4160)는 회절 요소를 갖는 특징부(4155)와 동시에 출현하거나 그렇지 않을 수 있음을 알아야 한다.

[0190] 기부 구조물 및/또는 변형 특징부(또는 기부 구조물 및/또는 변형 특징부의 일부)는 다양한 형상을 취할 수 있다. 예를 들어, 기부 구조물 및 변형 특징부 중 하나 또는 둘 모두는 만곡형, 볼록형, 오목형 또는 소면형 측면, 및/또는 만곡형, 볼록형, 오목형 또는 소면형 피크를 포함할 수 있다. 모든 기부 구조물이 동일한 형상을 보이는 것은 아니고 그리고/또는 모든 변형 특징부가 동일한 방식으로 기부 구조물을 변형시키는 것은 아닌 점에서 기부 구조물 및/또는 변형 특징부 사이에 형태학적 다양성이 있을 수 있다. 예로서, 하나 이상의 유형의 변형 특징부가 기부 구조물 각각을 따라 동시에 또는 분리되어 출현할 수 있거나, 하나 이상의 유형의 변형 특징부가 기부 구조물마다 끼워 넣어질 수 있거나, 하나 이상의 유형의 기부 구조물들이 끼워 넣어질 수 있거나, 또는 기부 구조물 및 변형 특징부가 다양한 다른 조합으로 출현할 수 있는 것이 고려된다. 복수의 형상을 갖는 변형 특징부는 기부 구조물 상에 무작위적으로, 준무작위적으로, 또는 임의의 다른 패턴으로 중첩될 수 있다.

[0191] 도 42는 기부 구조물(4201)이 삼각형 프리즘이고 변형 특징부(4205)가 기부 구조물(4201)의 피크-골 거리(4207)를 따라 기부 구조물의 소면의 대부분에 걸쳐 연장하는 만곡된 측면을 포함하는 구성을 도시한다. 몇몇 구성에서, 변형 특징부는 피크-골 거리(4207)를 따라 소면의 사실상 전부에 걸쳐 기부 구조물을 변형시킨다. 이러한 예에서, 변형 특징부(4205)는 "고딕 아치" 형상을 형성하는 대체로 만곡되거나 둥근 측면을 갖는다. 고딕 아치 형상은, 예를 들어, 도 2b에 도시된 절삭 공구 팁의 상부 부분으로 도시되어 있다. 도 42의 구성은 높은 광학 이득을 또한 유지하면서 광을 분산시키는 데 특히 유용하다. 향상된 광 분산 능력은 벌브 은폐에 유리하고, 광원 바로 위의 영역 내에 밝은 스폿을 일으킬 수 있는 광 펀치를 감소시킨다.

[0192] 도 43은 기부 구조물 상에 중첩된 변형 특징부를 포함하는 구성을 도시한다. 변형된 기부 구조물들에는 추가의 프리즘 유형이 끼워 넣어진다. 도 43에 도시된 구성은 예리한 피크를 구비한 삼각형 프리즘을 포함하는 기부 구조물(4301)을 포함한다. 불규칙적으로 위치된 둥근 피크를 갖는 변형 특징부(4308)가 기부 구조물(4301)과 중첩된다. 프리즘 피치 변동을 도입하는 프리즘(4302)에 변형된 기부 구조물(4301)이 끼워 넣어진다.

[0193] 도 43에 도시된 구성은, 먼저 선형 프리즘을 위한 홈을 절삭하고, 다음 단계에서, 홈 상에 변형 특징부를 중첩시키고, 그 다음 마지막으로 절삭 공구의 z 축 이동의 변동을 사용하여 형성된 홈들을 끼워 넣음으로써 달성될 수 있다. 이러한 단계들의 순서는 재배열될 수 있다. 단계들은 마스터 공구 표면 위에서의 절삭 헤드의 다수회 통과에 의해 수행될 수 있거나, 도 10의 선삭 시스템 또는 도 11의 플라이 커팅 시스템에 도시된 바와 같이 하나의 절삭 헤드 상에 장착된, 일부가 동적으로 제어되는 다중 절삭 공구를 사용한 1회 통과로 수행될 수 있다. 궤적 절삭이 프리즘 피치 변동을 형성하도록 사용될 수 있고, 이는 또한 2차 프리즘(4302)을 따라 프리

즘 높이의 변동을 끼워 넣는다. 도 43에 도시된 것과 같은 프리즘 구성은 유리하게는 변형 특징부(4308)에 의해 생성된 증가된 높이에 의해 형성된 웨트아웃 방지 요소 및 끼워 넣어진 프리즘에 의해 제공되는 프리즘 피치의 변동에 의해 형성된 모아레 방지 요소 둘 모두를 포함한다.

[0194] 도 44에 도시된 광학 필름에서, 기부 구조물(4401)은, 피크 높이의 변동을 갖고 둥근 팁의 피크를 갖는 삼각형 프리즘을 포함하지만, 예리한 피크, 편평하거나 뭉툭한 팁이 사용될 수 있다. z 축 운동을 갖는 연속적인 절삭은 프리즘 필름 내에 연속적인 변형 특징부(4405)를 형성한다. 이러한 공정은 웨트아웃 방지에 유용한 피크 높이의 변동, 내구성을 개선하는 증가된 피크 반경, 및/또는 모아레 방지에 유용한, 홈을 따른 피크 피치의 변동을 포함하는 필름을 생성할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 변형 특징부(4405)는 편평하거나 뭉툭한 피크를 갖는 공구를 사용하여 형성될 수 있다. 다른 유용한 구조는 본 명세서에서 설명되는 궤적 절삭 기술을 사용하여 연속적인 운동에 의해 직선 홈을 재절삭함으로써 형성된다.

[0195] 도 45a 내지 도 45c는 변형 특징부와 중첩된 일련의 기부 프리즘 구조물을 포함하는 필름의 상이한 배율의 사진을 도시한다. 도 45c에서 가장 잘 보이는 바와 같이, 변형 특징부(4505)는 기부 구조물(4501)의 형상의 급격한 불연속부를 보이는 주연부(4506)에 의해 형성된 이산된 영역들을 포함한다. 변형 특징부(4505)는, 일련의 연속적인 실질적으로 선형인 프리즘을 이용하는 휘도 향상 필름을 포함한 다양한 유형의 광학 필름에 대해 향상된 확산 특징, 개선된 내구성, 결함의 감소 및/또는 결함 은폐를 제공하기 위해 기부 구조물(4501)과 함께 사용될 수 있다.

[0196] 본 발명의 실시예에 따른 마스터 공구 및/또는 마스터 공구로부터 제조된 필름은 본 명세서에서 설명된 특징부, 구조물, 방법, 또는 그의 조합 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 예를 들어, 광학 필름, 마스터 공구, 및 이러한 구성요소들을 제조하기 위해 사용되는 시스템 및 방법은 설명된 유리한 특징 및/또는 공정 중 하나 이상을 포함하도록 구현될 수 있다. 그러한 광학 필름 및 마스터 공구는, 그러한 구성요소를 형성하기 위해 사용되는 시스템 및 방법과 함께, 본 명세서에서 설명된 모든 특징을 포함할 필요는 없지만, 유용한 구조 및/또는 기능을 제공하는 선택된 특징을 포함하도록 구현될 수 있는 것으로 의도된다.

[0197] 주변의 광학 특징부의 높이, 기울기, 또는 대체로 형상을 변형시키는 급격한 불연속적인 영역을 갖는 광학 필름은 광학 필름의 다양한 특징을 제어하도록 사용될 수 있다. 더 높은 특징부의 영역을 갖는 필름은, 예를 들어 필름을 더 내구성 있게(즉, 스크래치에 덜 약하도록) 만드는, 웨트아웃 방지 특징부를 제공하고 더 높은 각도에서 더 많은 광을 제공하기 위해 필름의 강도 분포를 변형시키는 데 유용하다. 휘도 향상 필름에서, 더 예리한 팁의 프리즘, 즉 더 작은 끼인각 또는 반경을 갖는 프리즘은 더 높은 이득을 생성한다. 더 큰 내각을 갖는 프리즘과의 더 작은 끼인각의 프리즘의 상대량을 변경함으로써, 이득, 내구성, 벌브 은폐, 및 웨트아웃 방지 특성 사이의 원하는 균형이 주어진 응용에 대해 얻어질 수 있다. 추가로, 불규칙적으로 위치된 이산된 특징부들은 연속적인 특징부들의 규칙적인 배치에 기인하는 모아레 효과를 완화시키도록 사용될 수 있다.

[0198] 몇몇 실시예에서, 기부 구조물은, 예컨대 기부 구조물의 하나의 측면 또는 소면 상에 우세하게 또는 전적으로 변형 특징부를 포함함으로써, 비대칭으로 변형될 수 있다. 이러한 실시예는 필름으로부터의 광의 바람직한 지향을 달성하거나 지원하는 것과 같이, 비대칭 광학 특징이 필요할 때 특히 유용하다. 비대칭 광 지향은, 예를 들어, 사용자가 장치를 향해 아래로 보고 디스플레이의 휘도가 관찰자를 향해 위로 광을 지향시킴으로써 최적화되는 것이 예상되는, 휴대형 장치를 위한 디스플레이에서 바람직할 수 있다.

[0199] 본 명세서에서 설명된 기술은, 예를 들어 동일한 공작물 상에 상이한 프리즘 구조물들을 제공하도록 채용된 연속적인 광학 필름 프리즘의 다중으로 시작하는 나란한 절삭에 대해, 다수의 이점을 제공한다. 다중으로 시작하는 나란한 절삭 방법은 광학 성능 또는 제조적 제약에 대해 최적이 아닐 수 있는 프리즘 형상의 고정된 비율(즉, 2회 통과에 대해, 50%의 하나의 형상 및 50%의 제2 형상)을 포함한다. 아울러, 이러한 방법은 모아레 패턴의 완화 또는 결함 은폐에 대해 최적이 아닐 수 있는 프리즘 형상의 규칙적인 패턴(즉, 2회 통과에 대해, 2개마다 1개의 프리즘이 동일함)을 생성한다.

[0200] 예를 들어, 더 큰 피크-골 높이의 예리한 팁 및 둥근 팁의 프리즘들 둘 모두가 필름 구성 시에 바람직하면, 2회 통과의 다중으로 시작하는 나란한 절삭 방법이 이러한 기하학적 형태를 생성하도록 사용될 수 있다. 그러나, 구성은 2개마다 1개의 프리즘 어레이 내에서 50%의 둥근 팁의 프리즘 및 50%의 예리한 팁의 프리즘으로 제한될 것이다. 50% 비율은 내구성과 광학 성능의 균형을 위해 최적이 아닐 수 있고, 규칙적인 어레이 패턴은 모아레 문제를 일으킬 수 있다. 규칙적인 또는 불규칙적인 패턴으로 변형된 기부 구조물의 사용은 이러한 문제를 해결하고 우수한 필름 구성을 생성하도록 사용될 수 있다.

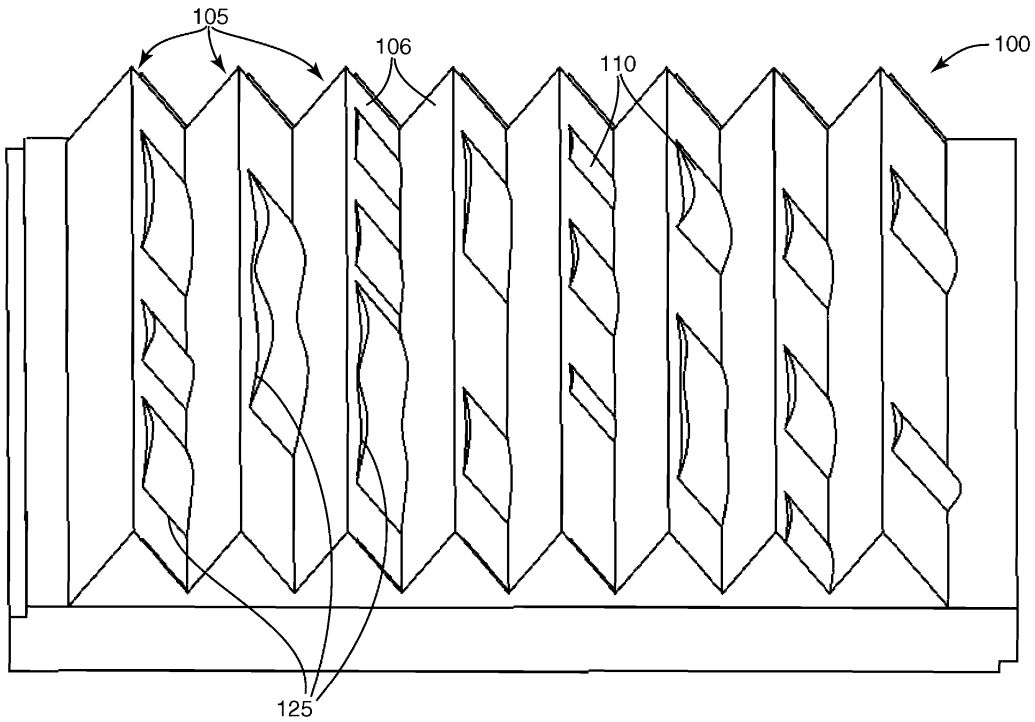
[0201] 다양한 실시예에 따른 광학 필름 제조 공정은 필름의 영역을 가로지른 임의의 비율로 무작위적으로 위치된 특징부들을 구비한 BEF 필름을 생성할 수 있는 이점을 갖는다. 추가로, 변형 특징부는 기존의 BEF 소면의 아래에 놓인 구조물을 대체로 보존하는 그러한 방식으로 추가될 수 있고, 이에 의해 필름의 축 이득을 보존한다. 변형 특징부는 웨트아웃 방지 특징부, 모아레 방지 특징부, 내구성 특징부, 라미네이션 스탠드오프, 벌브 은폐, 결함 은폐 특징부, 확산 특징부, 및/또는 회절 특징부를 포함하도록 구현될 수 있고, 이들 중 임의의 하나는 상이한 응용에 대해 광학 필름 특징을 개선할 수 있다. 아래에 놓인 기부 구조물에 대한 변형 특징부의 비율을 최적화하는 것은 광학 성능 문제를 기계적, 제조적, 및/또는 환경적 문제와 균형 잡는 것을 돕도록 사용될 수 있다.

[0202] 예를 들어, 연속적인 기부 구조물 프리즘과 함께 이산된 특징부를 제조하는 단속 절삭 공정은 층상화된 프리즘 필름 구성 내에서 상호작용을 감소시키는 스탠드오프의 형성을 허용한다. 아울러, 이러한 스탠드오프 특징부의 비율 및/또는 위치는 라미네이트 접착, 광학 성능, 및 모아레 완화를 균형 잡도록 최적화될 수 있다. 모니터 내의 내구성 있는 제1 표면 필름으로서의 휘도 향상 필름의 사용은 본 명세서에서 설명된 바와 같이 형성된 필름이 특히 유리한 다른 예이다. 앞서 기술된 바와 같이, 규칙적으로 또는 불규칙적으로 위치된 둥글거나, 편평하거나, 뭉툭한 팁의 변형 특징부의 사용은 필름 내구성을 개선하고 스크래치 저항을 개선하도록 도입될 수 있다. 둥근 또는, 편평화된 특징부의 비율 및 위치는 내구성을 광학 성능과 균형 잡고 동시에 모아레 효과를 완화시키도록 최적화될 수 있다.

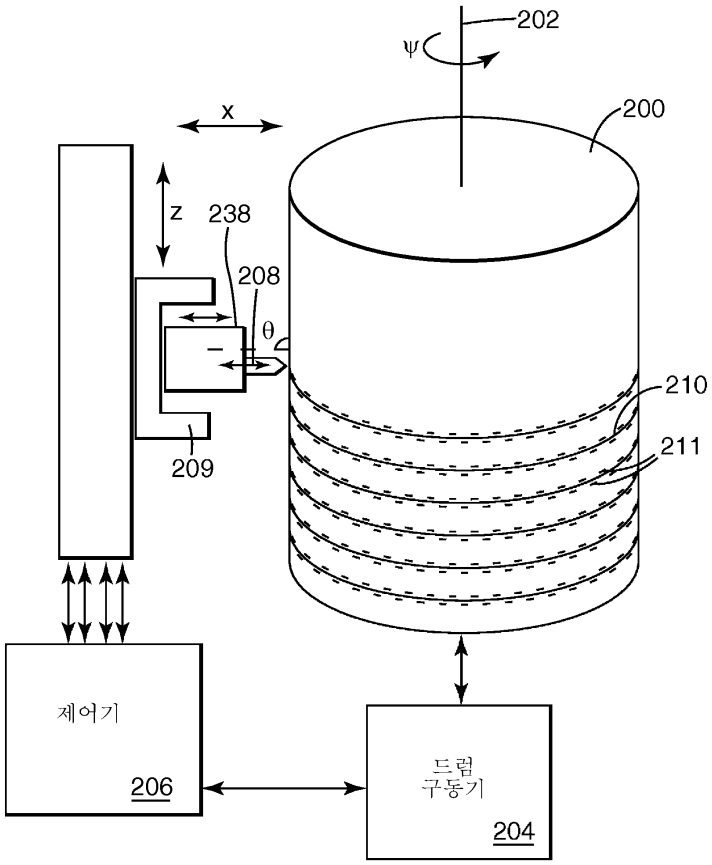
[0203] 본 발명의 다양한 실시예에 대한 전술된 설명은 예시 및 설명의 목적을 위해 제시되었다. 망라하고자 하거나 본 발명을 개시된 정확한 형태로 제한하고자 하는 것은 아니다. 많은 변경 및 변형이 교시에 비추어 가능하다. 본 발명의 범주가 이러한 상세한 설명에 의해 제한되는 것이 아니라 오히려 본 명세서에 첨부된 특허청구범위에 의해 제한되는 것을 의도한다.

도면

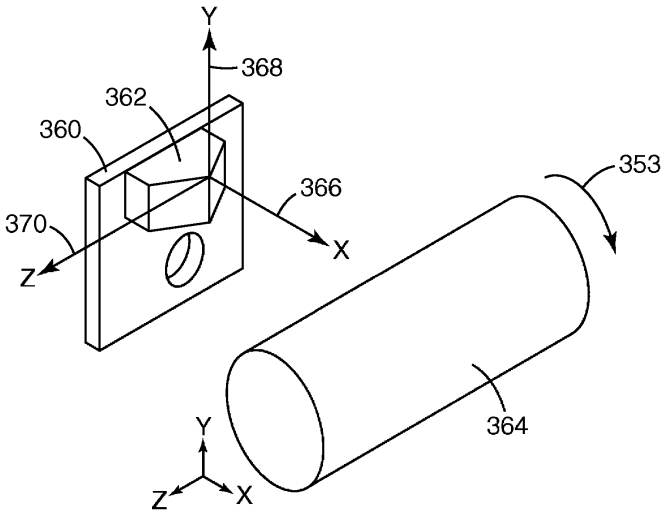
도면1



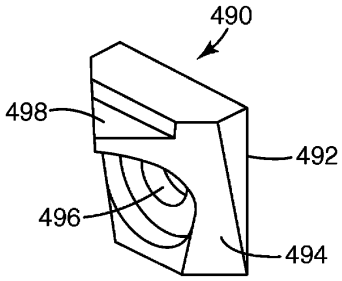
도면2


202
ψ
x
200
z
238
208
θ
210
211
209
제어기
206
드럼
구동기
204

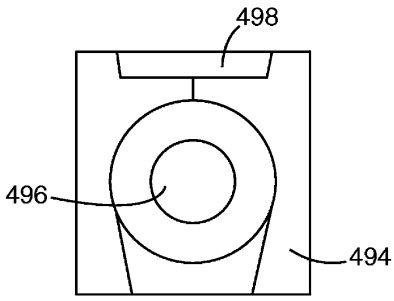
도면3


Y
368
362
360
366
353
370
X
Z
364
Y
Z
X

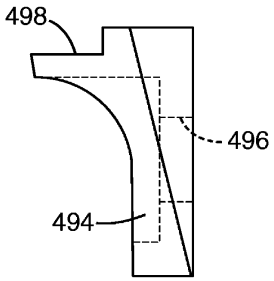
도면4a



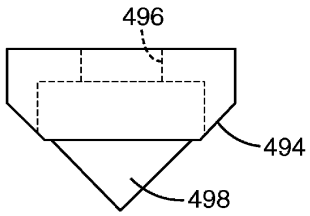
도면4b



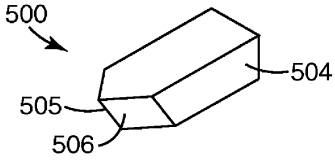
도면4c



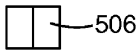
도면4d



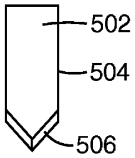
도면5a



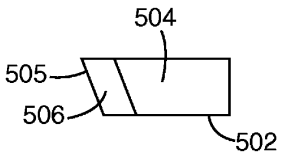
도면5b



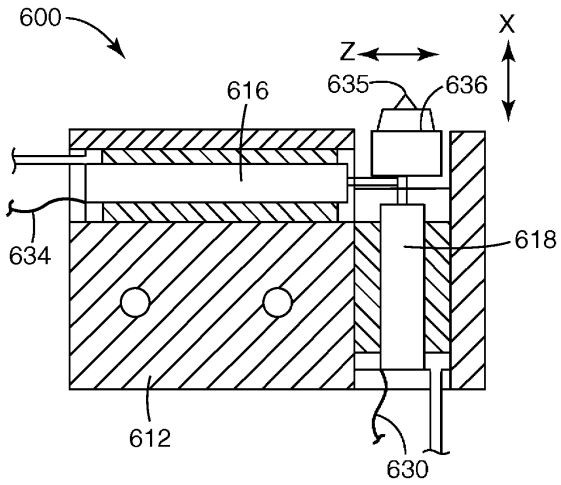
도면5c



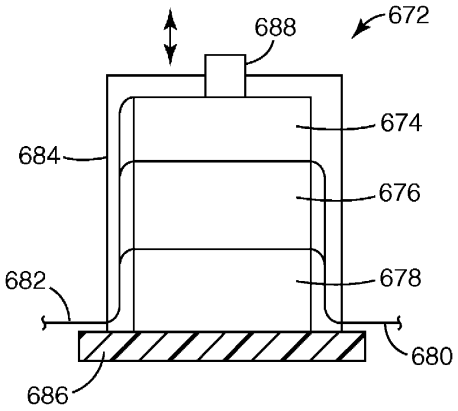
도면5d



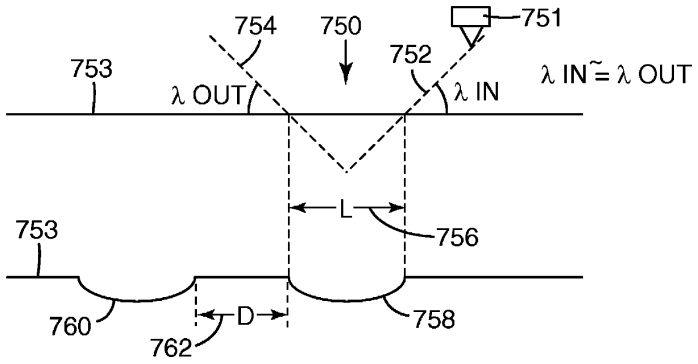
도면6a



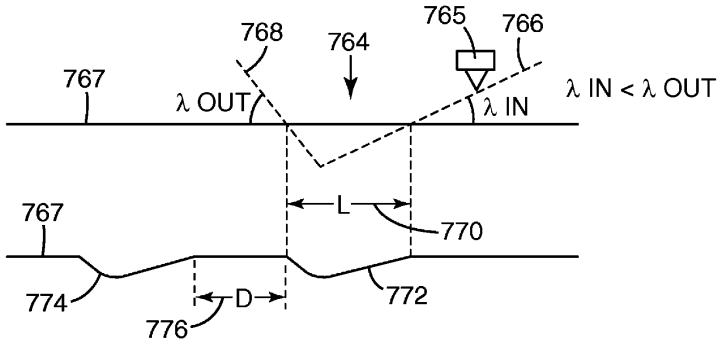
도면6b



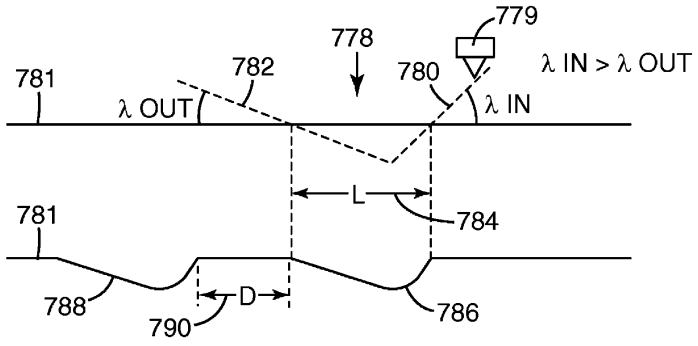
도면7a



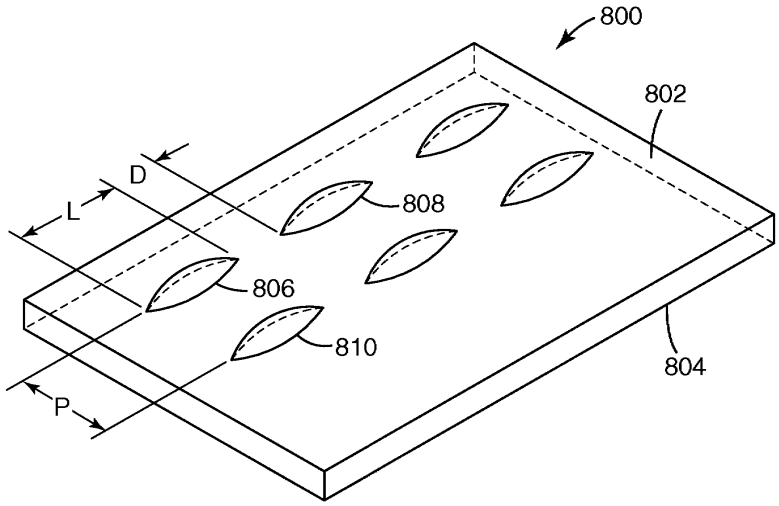
도면7b



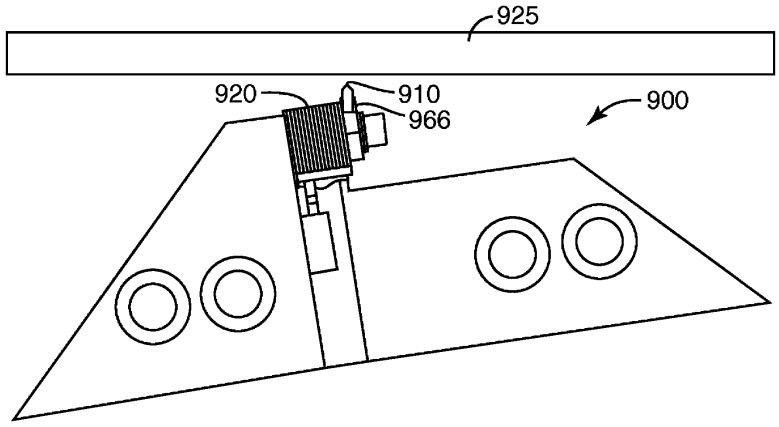
도면7c



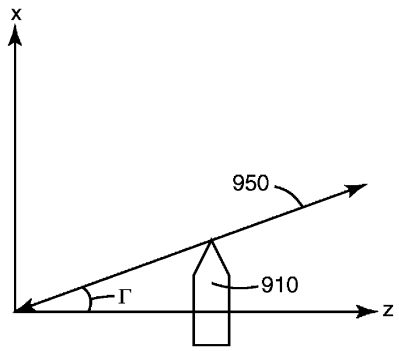
도면8



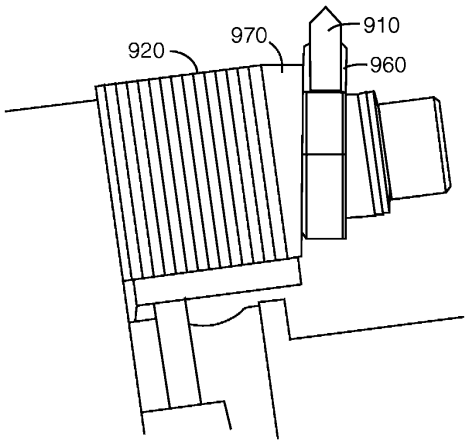
도면9a



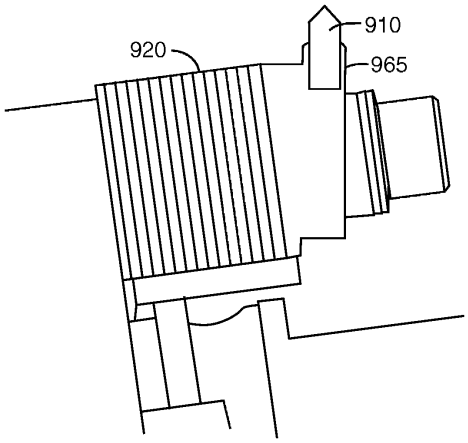
도면9b



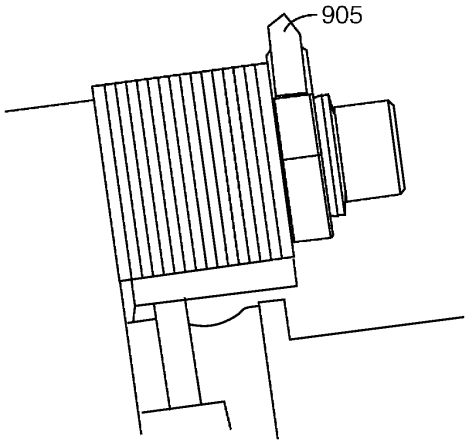
도면9c



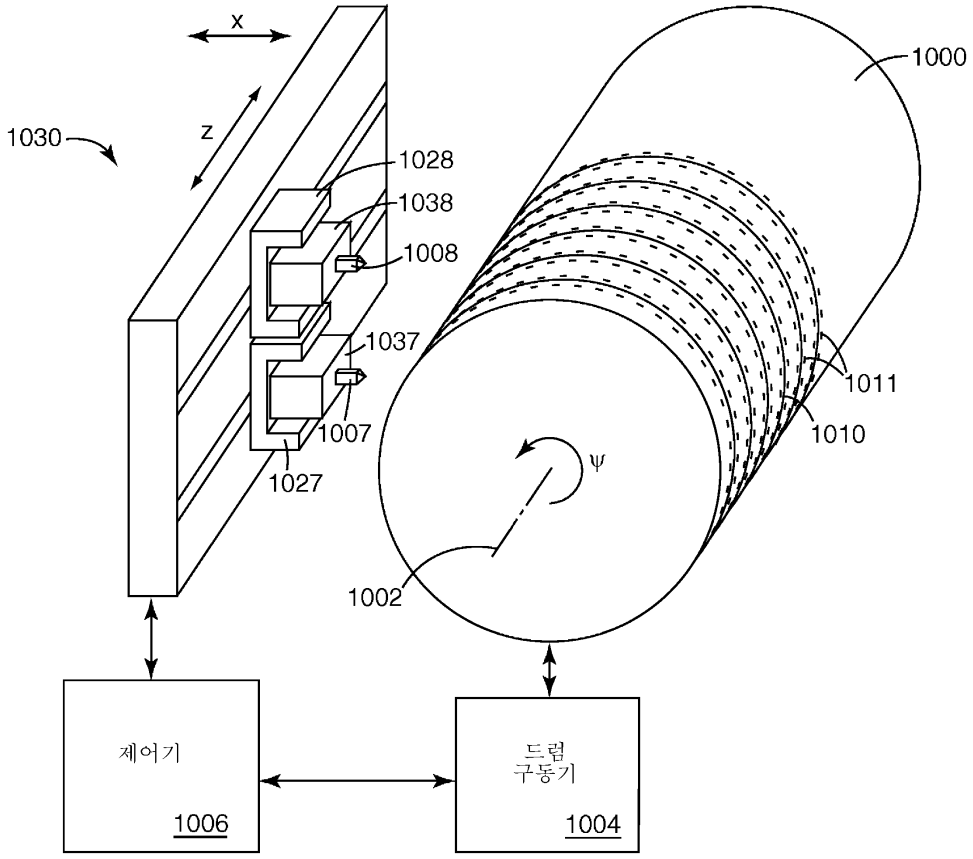
도면9d



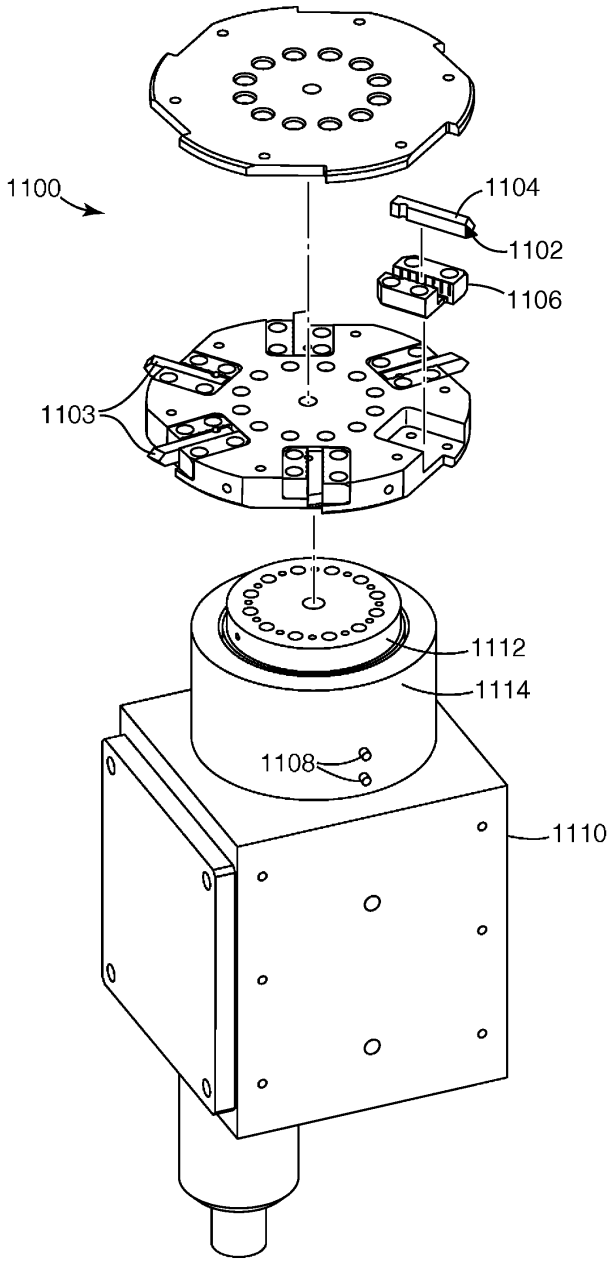
도면9e


905

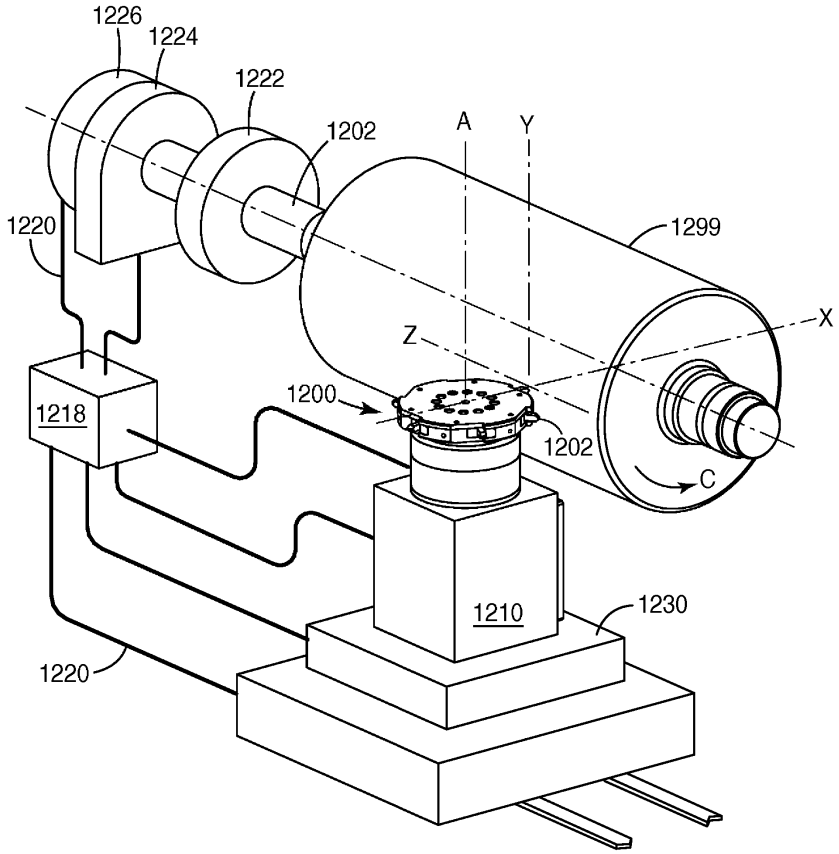
도면10


x
z
1030
1028
1038
1008
1037
1007
1027
1000
1011
1010
ψ
1002
제어기
1006
드럼
구동기
1004

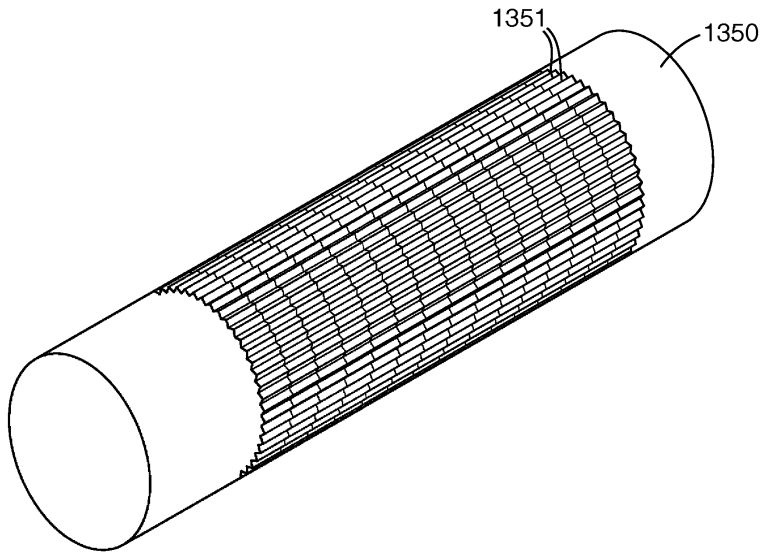
도면11



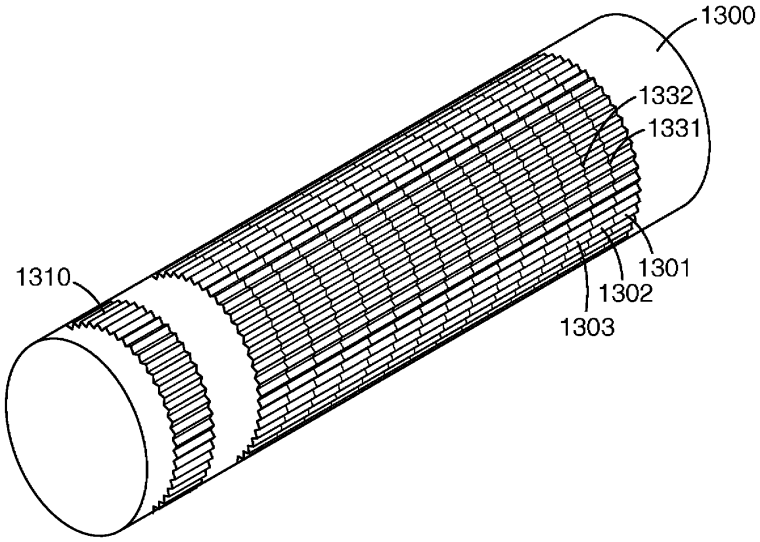
도면12


1226
1224
1222
1202
A
Y
1220
1299
X
Z
1200
1218
1202
C
1210
1230
1220

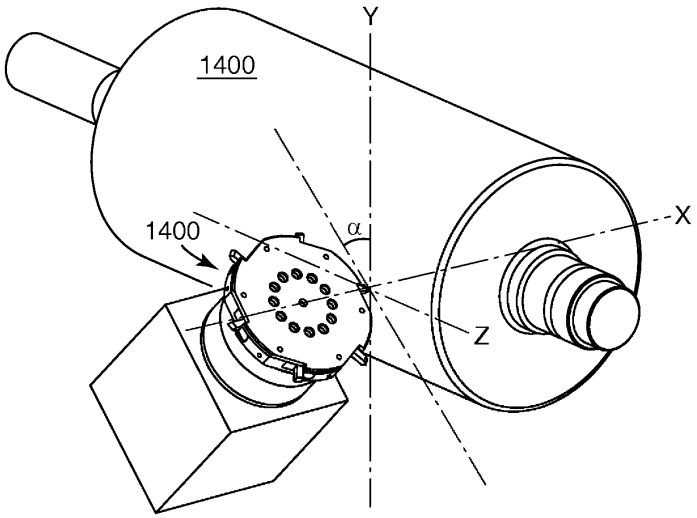
도면13a


1351
1350

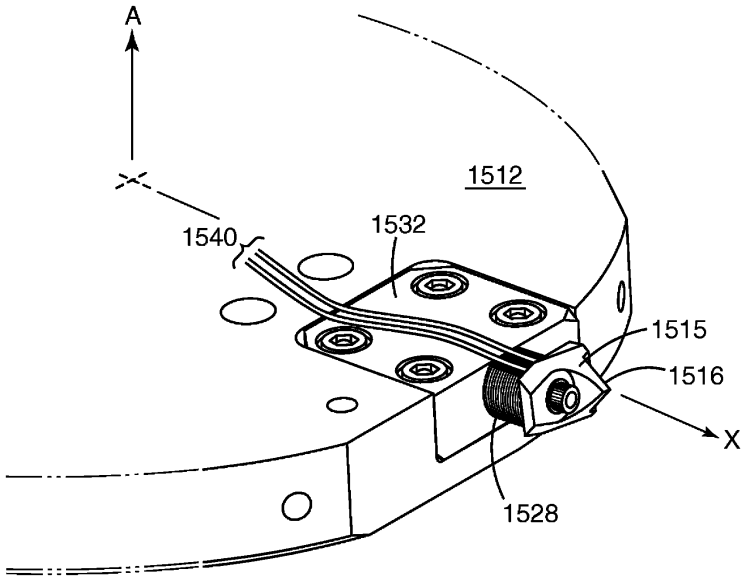
도면13b



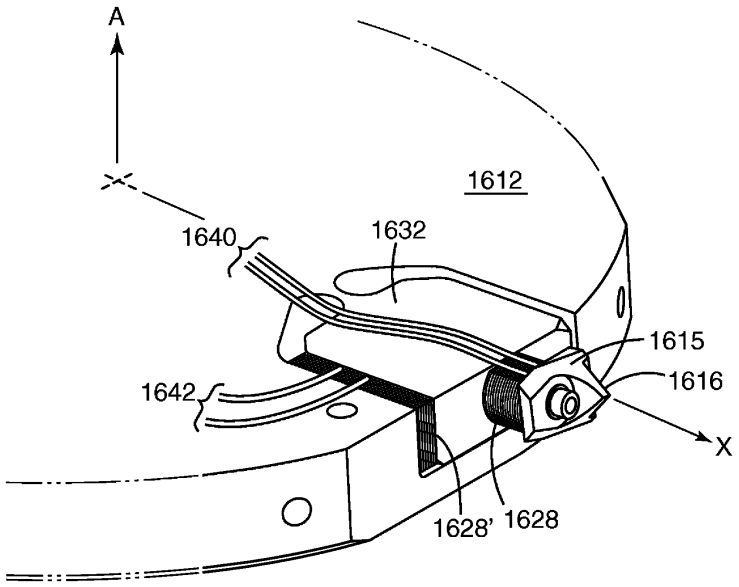
도면14



도면15



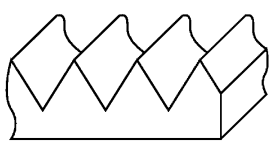
도면16



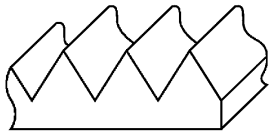
도면17a



도면17b



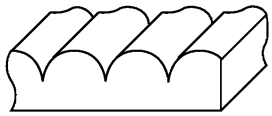
도면17c



도면18a



도면18b



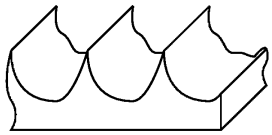
도면18c



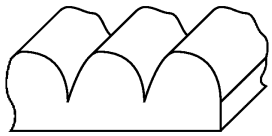
도면19a



도면19b



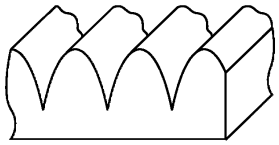
도면19c



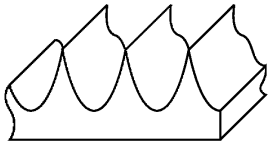
도면20a



도면20b



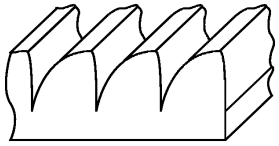
도면20c



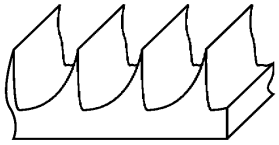
도면21a



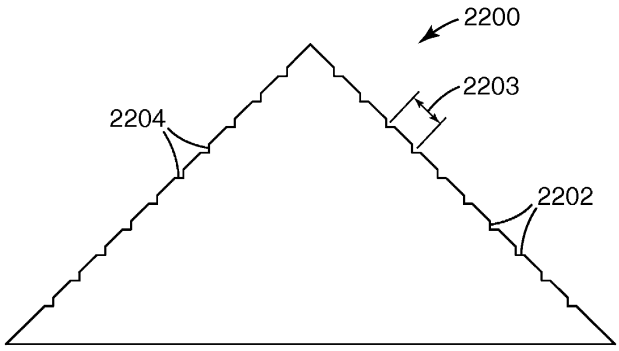
도면21b



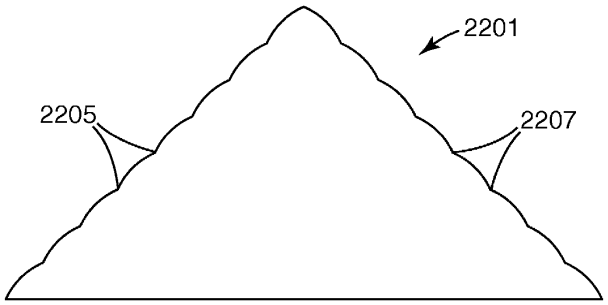
도면21c



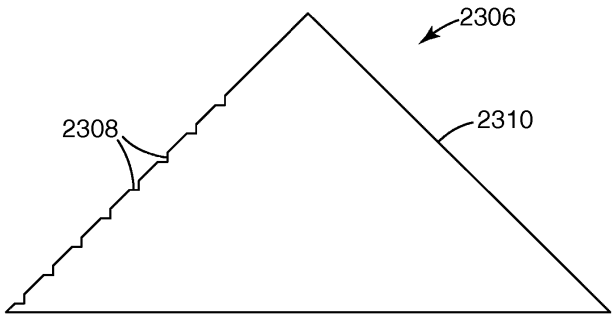
도면22a



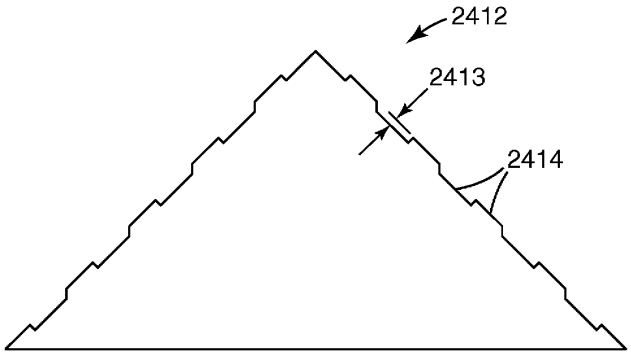
도면22b



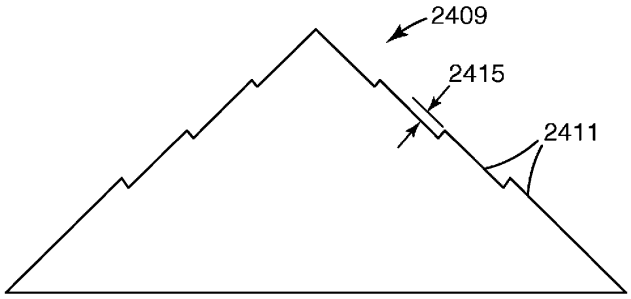
도면23



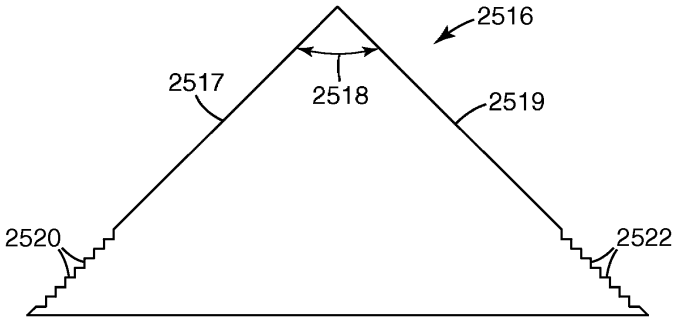
도면24a



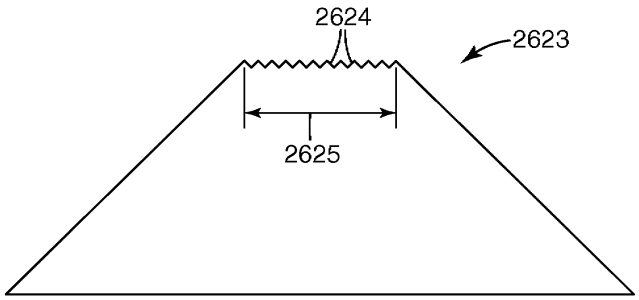
도면24b



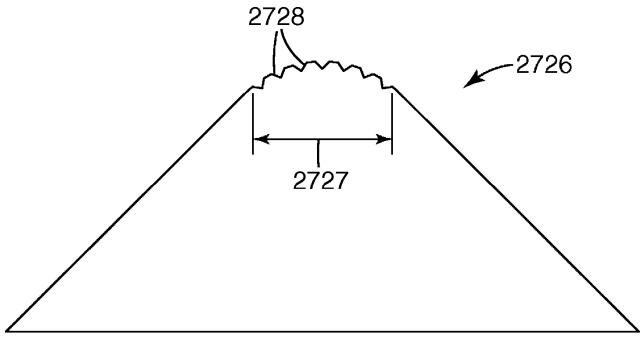
도면25



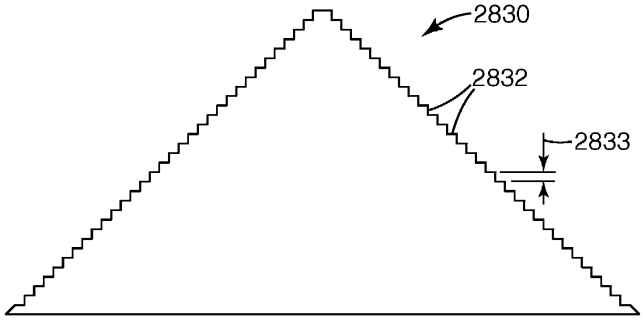
도면26



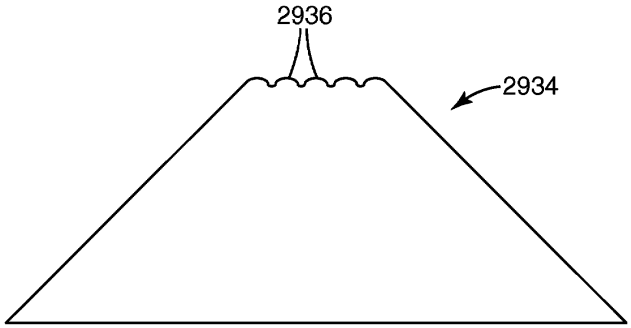
도면27



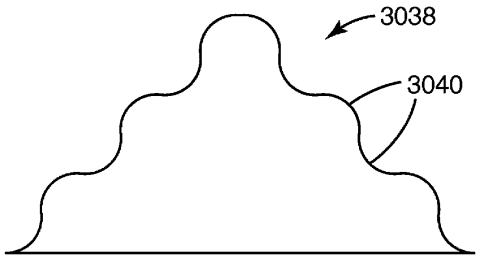
도면28



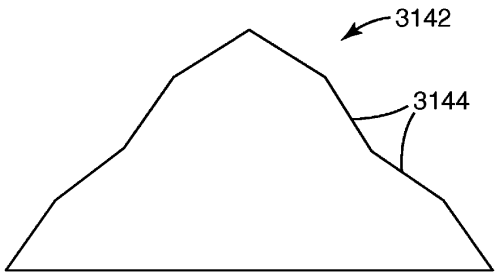
도면29



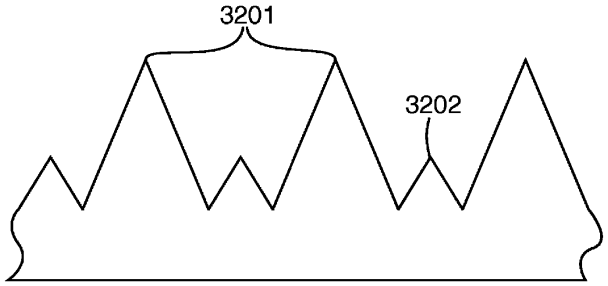
도면30



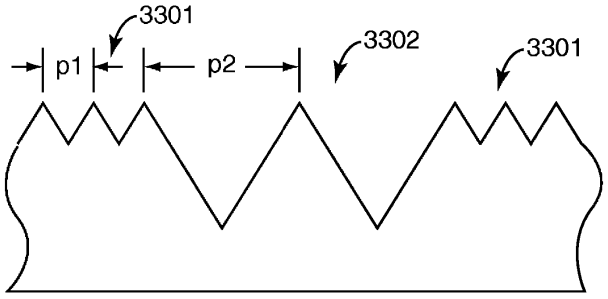
도면31



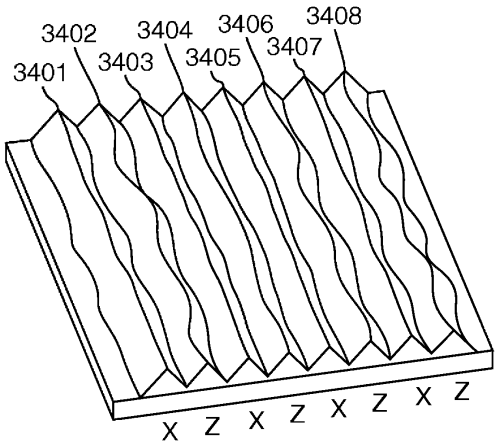
도면32



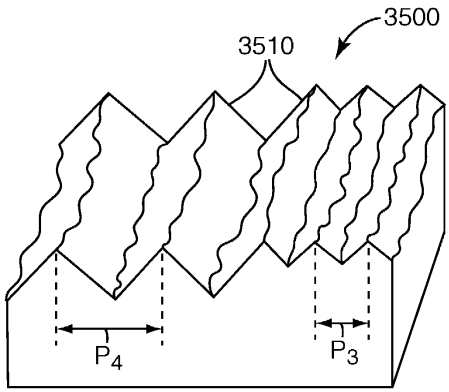
도면33



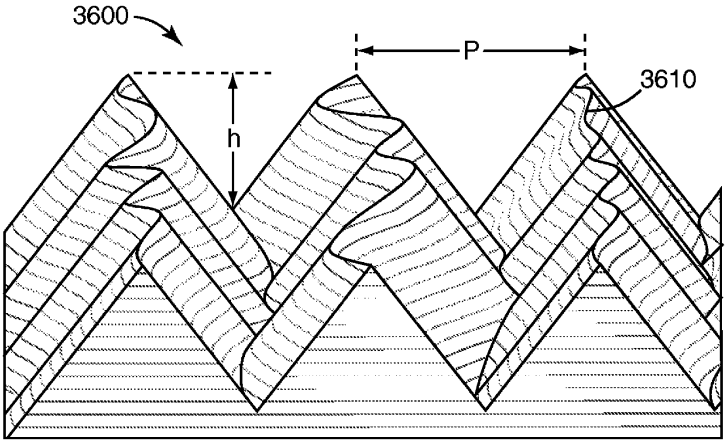
도면34



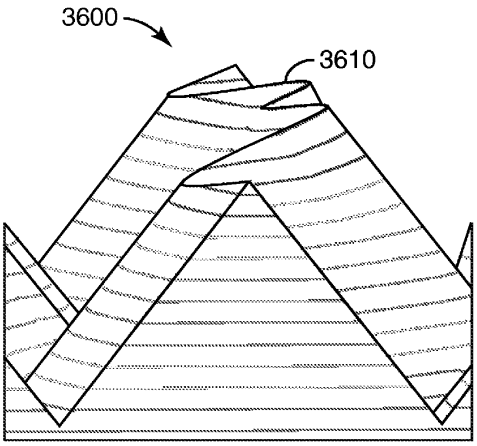
도면35



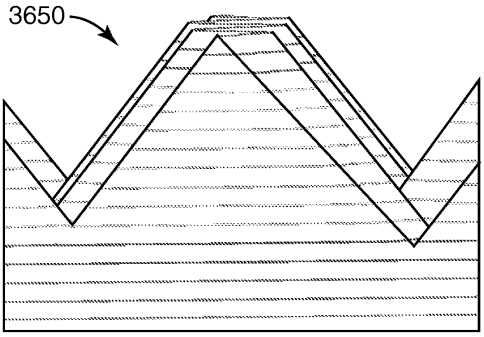
도면36a



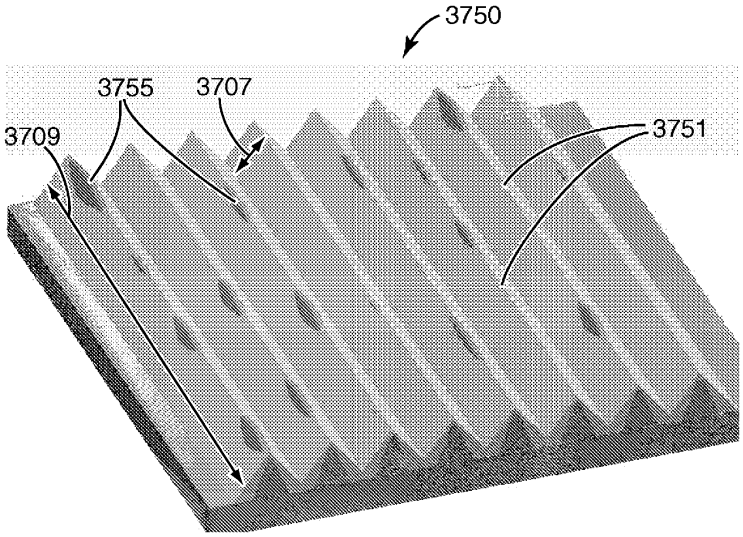
도면36b



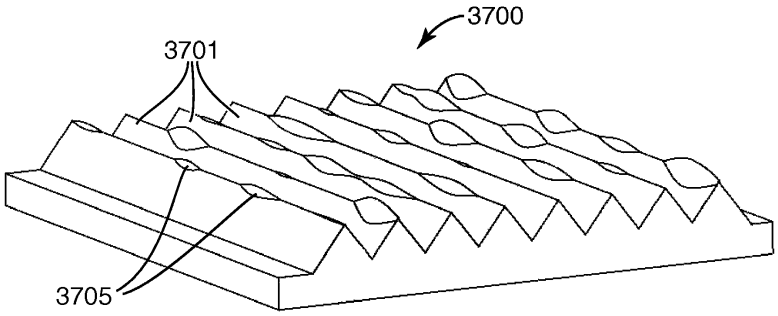
도면36c



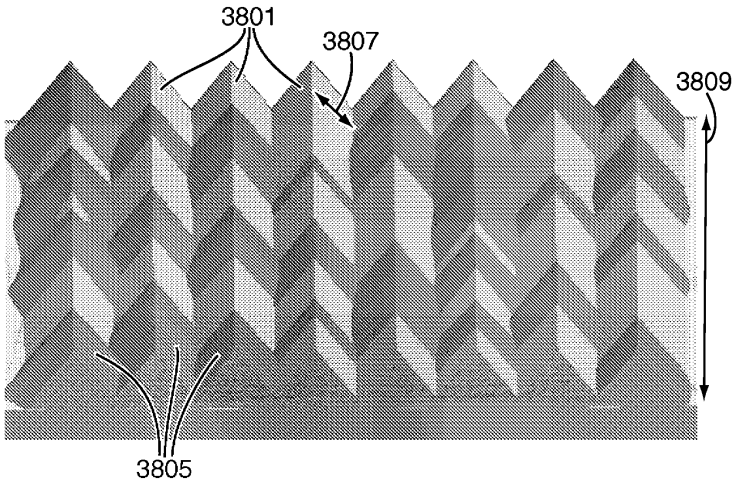
도면37a



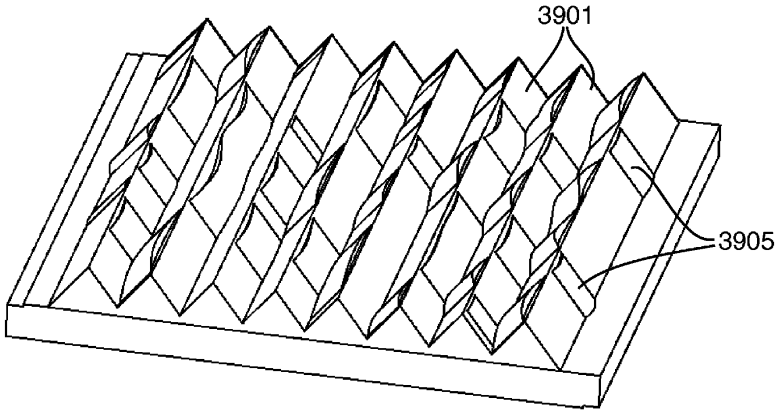
도면37b



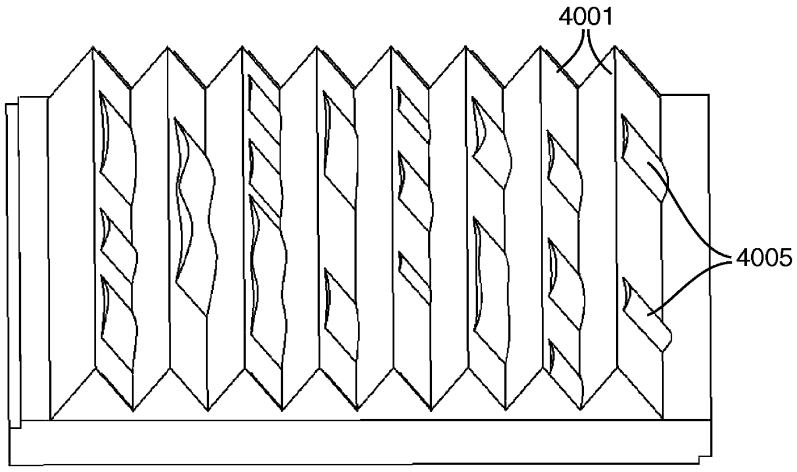
도면38



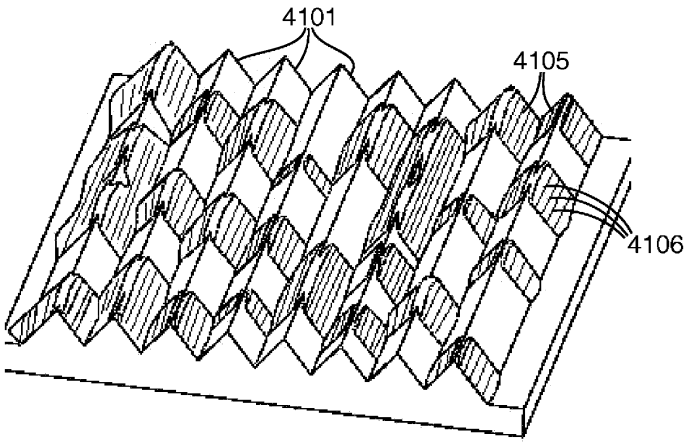
도면39



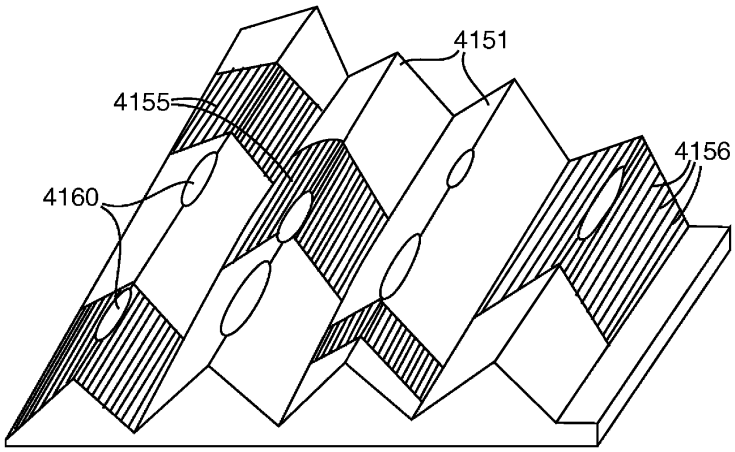
도면40



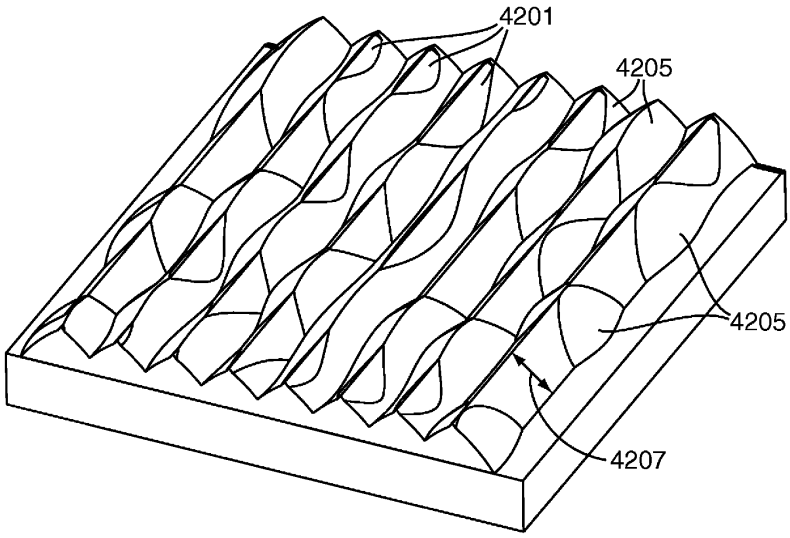
도면41a



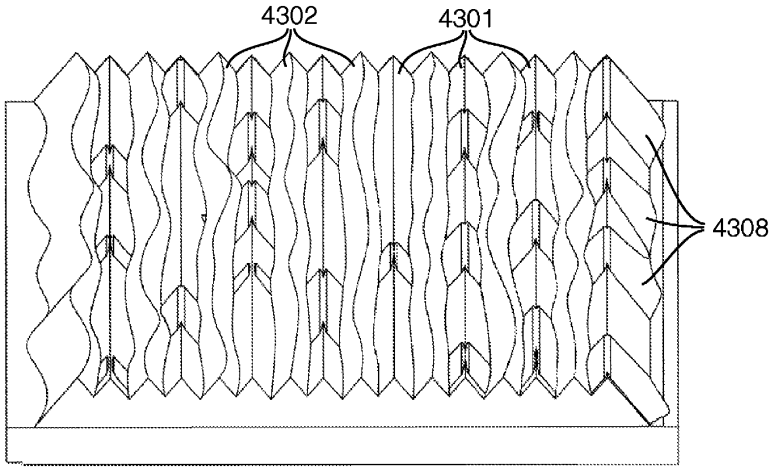
도면41b



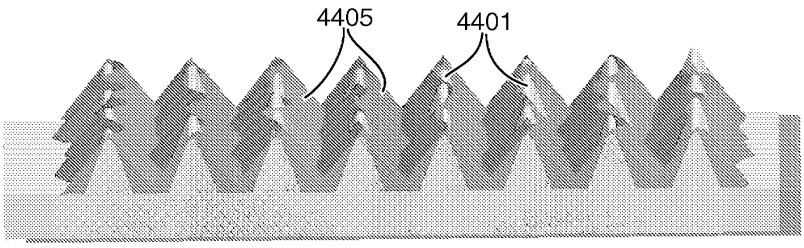
도면42



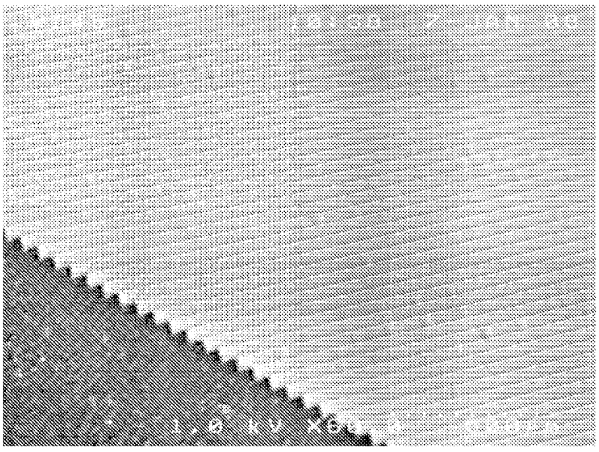
도면43



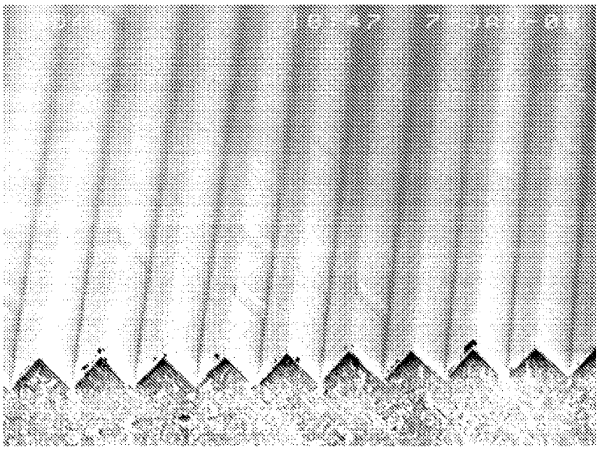
도면44



도면45a



도면45b



도면45c

