



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년07월18일
(11) 등록번호 10-1287740
(24) 등록일자 2013년07월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B29D 7/01 (2006.01) B29C 55/04 (2006.01)
B29C 55/00 (2006.01) G02B 1/08 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-7025808
(22) 출원일자(국제) 2006년04월05일
심사청구일자 2011년04월05일
(85) 번역문제출일자 2007년11월07일
(65) 공개번호 10-2007-0118697
(43) 공개일자 2007년12월17일
(86) 국제출원번호 PCT/US2006/012510
(87) 국제공개번호 WO 2006/110402
국제공개일자 2006년10월19일
(30) 우선권주장
60/669,865 2005년04월08일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2000162419 A*
US20050019530 A1
W01997032224 A1
EP0225630 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박
스 33427 쓰리엠 센터
(72) 발명자
메릴, 윌리엄, 더블유.
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427쓰리엠 센터
허브링크, 티모시, 제이.
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427쓰리엠 센터
(74) 대리인
김영, 양영준

전체 청구항 수 : 총 4 항

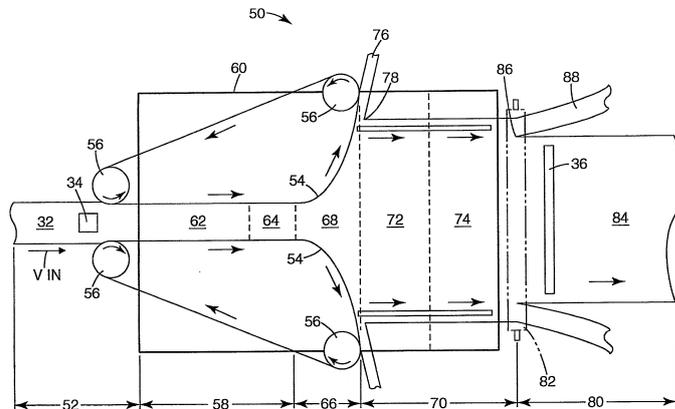
심사관 : 김성식

(54) 발명의 명칭 광학 필름의 열 경화법

(57) 요약

광학 필름(32)의 제조 방법은 필름(32)를 제공하는 단계, 필름(32)를 실질적으로 일축으로 배향시키는 단계, 및 배향된 필름(32)를 열 경화시키는 단계를 포함한다. 필름(32)는 복굴절을 나타낼 수 있는 중합체 물질을 포함한다.

대표도 - 도10



특허청구의 범위

청구항 1

복굴절을 나타낼 수 있는 중합체 물질을 포함하는 필름(32)을 제공하는 단계;
 필름(32)을 실질적으로 일축으로 배향시키는 단계; 및
 배향된 필름(32)을 열 경화시키는 단계
 를 포함하고,
 배향된 필름(32)은 0.2 이상 1 이하의 일축 특징도 U를 나타내는, 광학 필름(32)의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 필름(32)을 실질적으로 일축으로 배향시키는 단계는 필름(32)을 스트레치 방향으로 제1 연신비로 스트레칭시키는 것을 포함하고, 열 경화 단계는 필름(32)을 스트레치 방향으로 제2 연신비로 스트레칭시키는 것을 포함하고, 제2 연신비는 제1 연신비보다 크거나, 제1 연신비보다 작거나, 또는 제1 연신비와 동일한 것 중 하나인, 방법.

청구항 3

필름(32)의 대향하는 연부 부분들을 붙잡으면서 필름(32)을 기계 방향을 따라 이송시키는 단계;
 대향하는 연부 부분들을 실질적으로 포물선상인 발산성의 경로들을 따라 이동시킴으로써 필름(32)을 스트레칭시켜 스트레칭된 필름(32)을 형성하는 단계; 및
 스트레칭된 필름(32)을 열 경화시키는 단계
 를 포함하는, 필름(32)의 가공처리 방법.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항의 방법으로 제조된 필름.

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

명세서

[0001] <관련 출원의 상호인용>

[0002] 본 출원은 2005년 4월 8일에 출원된 발명의 명칭이 "Heat Setting Optical Films"인 미국 임시 출원 번호 제 60/669,865호로부터의 우선권을 주장하는 정식 출원이다.

기술분야

[0003] 본 발명은 광학 필름의 열 경화 방법, 뿐만 아니라 이들 방법에 의해 제조된 필름에 관한 것이다.

배경기술

[0004] 전형적으로, 선형 편광기로서 기능하는 광학 필름은 필름의 평면에 수직으로 입사되는 빛에 대하여 평면내 차단 상태("x" 방향) 및 평면내 통과 상태("y" 방향)를 포함한다. 따라서, x 방향과 일렬을 이루는 선형 편광 상태를 갖고 수직으로 입사되는 빛이 최대한으로 차단되고(즉, 최소한으로 투과됨) 및 y 방향과 일렬을 이루는 선형 편광 상태를 갖고 수직으로 입사되는 빛이 최소한으로 차단된다(즉, 최대한으로 투과된다). 수직이 아니게 입사되는 빛은 필름에 대한 그의 정렬의 함수로서 중간 수준의 투과율을 갖는다. 필름의 평면에 수직인 축은 "z" 방향으로 언급된다.

[0005] <요약>

[0006] 본 발명은 필름을 제공하고, 필름을 실질적으로 일축으로 배향하고, 및 배향된 필름을 열 경화하는 것을 포함하는 광학 필름의 제조 방법을 설명한다. 필름은 복굴절을 나타낼 수 있는 중합체 물질을 포함한다.

[0007] 본 발명의 하나 이상의 실시태양들에 대한 세부사항들이 수반되는 도면 및 하기 상세한 설명에 기재된다. 본 발명의 다른 특징, 목적, 및 이점들은 상세한 설명과 도면으로부터, 및 특허청구의 범위로부터 드러날 것이다.

발명의 상세한 설명

[0039] 편광기 또는 편광 필름 분야에 사용된 많은 광학 필름들은 "y"와 "z" 주요 방향들 사이의 비대칭성, 예를 들면 굴절율 차이의 문제로 굴치를 앓고 있다. 예를 들면, 축 색상 차이(off-axis color), 즉 수직이 아닌 입사각의 함수로서의 통과 상태의 색상 변동이 각각 y와 z 굴절율들, n_y 와 n_z 사이의 불일치에 의해 생기거나 또는 증폭될 수 있다(여기서, n_x 는 x 방향을 따라 편광된 빛에 대한 굴절율이다).

[0040] 2,6 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN)으로 이루어진 필름 또는 필름의 한 층에 대한, 전형적인 굴절율 집합(n_x , n_y , n_z)들의 간격이 도 1에 예시되어 있다. 130 °C의 예시적인 스트레치 온도에서의 연신비의 함수로서의 굴절율 집합의 전개가 속까지 색칠된 표지를 갖는 데이터로 예시화되어 있다. 필름을 초기에 배향되지 않은 구조 샘플들로부터 실험실 규모의 스트레칭 기구에서 스트레칭시켰다. 샘플들을 다른 평면내 방향에서는 연부를 따라 선택된 그림평 지점들에서 필름을 구속하면서 한 평면내 방향으로, 공칭 연신비가 시간에 따라 직선상으로 증가된 스트레치 프로파일을 사용하여 20%/초의 공칭 초기 속도로 스트레칭시켰다. 굴절율이 측정된 위치들을 가로질러 샘플 상에 표시된 기준선 표지를 사용하여 실제 최종 연신비를 측정하였다. 예시의 목적으로, He-Ne 레이저에 의해 제공된 적색 광원인 메트리콘 프리즘 커플러(Metricon Prism Coupler)(뉴저지주 피카타웨이의 메

트리콘(Metricon)으로부터 입수가능)를 사용하여 632.8 nm에서 굴절율을 측정하였다.

- [0041] 도 2는 필름 이동 방향(14)으로 횡으로 필름(12)를 스트레칭하는 종래의 폭출기 스트레칭 공정(10)을 예시한다. 필름(12)는 연속적으로 공급되거나 또는 필름(12)의 비연속 부분으로서 도입될 수 있다. 필름 이동 방향은 기계 방향(MD)로 언급되고, 스트레치 방향은 횡방향 또는 폭출기 방향(TD)로 언급된다. 필름(12)를 양 연부(16) 모두에서 전형적으로는 폭출기 클립들의 배열(도 2에 나타나있지 않음)인 몇몇 그립핑 장치로 그립핑하였다. 폭출기 클립들은 직선상으로 발산되는 폭출기 트랙 또는 레일을 따라 진행되는 폭출기 체인에 연결될 수 있다. 이러한 배열은 필름을 필름이 이동하는 기계 방향(14)로 앞으로 추진시켜 필름(12)를 횡방향으로 스트레칭시킨다. 따라서, 필름내 초기 배향되지 않은 부분(18)이 한 예에서 최종 배향된 부분(20)으로 스트레칭될 수 있다. 도 3에 나타난 바와 같이, 도 2에 나타난 배향되지 않은 부분(18)은 치수 T(두께), W(폭) 및 L(길이)를 가질 수 있다. 필름을 λ 배 스트레칭한 후, 그 부분의 필름의 치수는 부분(20) 상에 나타난 것들로 변화되었다.
- [0042] 도 1의 데이터는 x 및 y 방향 모두를 따라 불연속 연부 그립을 갖는 배치식 스트레칭 기구로부터 얻었지만, 이들 데이터는 도 2의 종래의 폭출기 공정으로, 즉 필름이 제1 평면내 주요 방향(x)으로 스트레칭되지만 제2의 평면내 방향(y)은 일정한 또는 거의 일정한 연신비로 유지되는, 예를 들면 y 방향 연신비가 거의 1인 한방향 스트레칭으로 스트레칭된 대표적인 필름을 예시화한다. 한 실시태양에서, 연속 필름이 일정한 속도로 횡방향 스트레칭 기구로 공급되고 동일한 일정한 속도로 기구를 빠져나갔다.
- [0043] 도 1은 y 및 z 방향에서 물질에 대한 비대칭적인 스트레치 처리로 인하여 나타나는 굴절율의 비대칭성, 예를 들면 n_y 및 n_z 에서의 차이를 입증한다. 이 예시된 경우에서, 연신비는 y에서 거의 일정하게 유지되지만, z에서의 연신비는 x에서의 연신비가 증가함에 따라(예를 들면, 결정화로 인한 치밀화 때문에 약하게 조정될 때 근 체적 보존에 의해 요구되는 바와 같이) 감소된다.
- [0044] 스트레칭 공정 후에 필름을 열 경화할 때, 비대칭성이 추가로 증가된다. 이러한 상황은 도 1의 속이 비어있는 표시들에 의해 예시화된다. 이 경우, 필름을 175 °C에서 2분 동안 열 경화시켰다.
- [0045] 도 1은 주어진 스트레치 온도 및 속도에 대하여(또는 동등하게, 주어진 수준의 초기 굴절율 발생에 대하여) 임계 연신비 수준 이상으로 스트레칭된 샘플의 경우, 이들 열 경화 조건 하에서 n_x 및 n_y 값들은 증가하는 경향이 있는 반면, n_z 값은 떨어지는 것을 보여준다.
- [0046] 도 4는 열 경화가 n_y 및 n_z 굴절율들 사이의 차이를 어떻게 증가시키는지 추가로 예시한다. 사각형 표시는 열 경화없이 스트레칭 후의 굴절율 차이를 나타내는 반면, 삼각형 표시는 스트레칭 및 열 경화 후의 굴절율 차이를 나타낸다. 비대칭성에 있어서의 차감계산 증가는 거의 일정하여, 다이아몬드형 표시에 의해 묘사된 바와 같이, x 연신비가 증가함에 따라 기울기가 작게 감소한다. 그러므로, 종래의 폭출기에서 스트레칭된 것들(도 2-3도)과 같이, 스트레칭 직후의 y/z "비대칭" 필름, 예를 들면 n_y 와 n_z 에서 상당한 차이를 갖는 필름을 스트레칭 단계 후에 열 경화시켰을 때, 굴절율에서의 비대칭성이 증가한다. y & z 방향에서의 이러한 굴절율의 차이는 일부 용도에서 바람직하지 못한 색상 효과로 이어질 수 있다.
- [0047] 도 1 및 4에 나타난 일반적인 동향은 각종 폴리에스테르에 적용가능하다. 특히 관심을 갖는 것은 PEN, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET) 및 중간 조성을 갖는 공중합체이다. 도 5는 공중합체 중에 PEN-유사 및 PET-유사 성분들의 85/15 몰% 혼합물인, 소위 "85/15 coPEN"의 경우를 예시한다. 용어 "PEN-유사" 성분은 PEN의 블록 공중합체를 포함한다. 용어 "PET-유사" 성분은 PET의 블록 공중합체를 포함한다. 스트레치 방법은 스트레치 온도를 120 °C로 설정한 것을 제외하고는 도 1의 PEN의 경우와 거의 동일하다.
- [0048] 도 5에 나타난 바와 같이, 일부 실시태양에서는, 열 경화로 인하여 열 경화가 없는 경우와 상이한 연신비에서 주어진 굴절율을 달성할 수 있게 된다. 예를 들면, 약 1.8의 n_x 를 요망하는 경우, 4.5 연신비를 사용하거나 또는 더 낮은 2.5 연신비를 사용한 다음 필름을 열 경화시킬 수 있으며, 두 공정 모두 약 1.8과 같은 n_x 를 초래한다. 다른 예로서, 약 1.54의 n_a 를 요망하는 경우, 4.25 연신비를 사용하거나 또는 더 낮은 2.5 연신비를 사용한 다음 필름을 열 경화시킬 수 있으며, 두 공정 모두 약 1.54와 같은 n_z 를 초래한다.
- [0049] 도 5의 조건 하에서, 상당한 변형-유도 결정화 유효 점은 약 2.2의 x 연신비이다. 도 6은 이러한 전환의 예리함을 예시하는데, 물질을 약 2.1의 x 연신비로 스트레칭시키면 열 경화 후에 등방성으로의 완화를 나타낸다. 약 2.1의 x 연신비 이하에서는, 열 경화 후 $n_x = n_y = n_z$ 이다. 약 2.2의 연신비 이상에서는, 굴절율 전개가 열 경화 후 $n_x > n_y > n_z$ 의 결과를 가져온다. 이 점은 선택된 물질 및 가공 조건과 같은 인자들에 따라, 상이한 예에서는 이동하게 된다.
- [0050] 포물선 폭출기의 사용(아래에서, 도 10을 인용하여 논의됨)은 일부 실시태양에서 비교적 높은 연신비에서 일축

스트레칭으로 이어질 수 있다. 다른 기계 및 공정의 사용이 더 낮은 연신비에서 일축 스트레칭을 가져올 수 있지만, 얻어지는 필름이 원하는 수준의 굴절률 전개를 갖지 못할 수 있다. 열 경화는 도 5 및 6을 참고하여 논의된 바와 같이, 바람직한 수준의 굴절률 전개를 달성하는데 사용될 수 있다. 일부 경우, 특정 필름, 예를 들면 미세구조를 포함하는 필름은 보다 높은 연신비가 미세구조를 손상시킬 수 있기 때문에 보다 낮은 연신비가 사용된다. 이들 및 다른 경우에는, 열 경화가 스트레칭된 필름에서 굴절률 전개를 촉진시키는데 사용될 수도 있다.

- [0051] 본원에서 참고문헌으로 인용되는 공동 소유 미국 특허 제6,939,499호; 제916,440호; 제6,949,212호; 및 제6,936,209호는 다층 광학 필름과 같은 광학 필름을 가공하기 위한 연속식 방법들을 설명하고 있다. 이러한 방법들에서, 광학 필름은 필름의 두께(z 또는 수직 방향(ND))에서 및 제2 평면내 축(y 또는 기계 방향(MD))에서 필름의 수축을 허용하면서 필름의 제1 평면내 축(x 방향)을 따라 스트레칭시켜 배향된다. 스트레칭은 필름의 연부 부분들을 단단히 쥐고, 필름의 두께 방향(z)에서 및 필름의 제2 평면내 축(y)에서 실질적으로 유사한 비례적인 치수 변화가 생기도록 발산되는 소정의 경로를 따라 필름의 연부 부분들을 이동시킴으로써 달성된다.
- [0052] 예시적인 실시태양에서는, 스트레칭 직후에 ny 및 nz 에서 상당한 차이를 갖는 종래의 일방향 스트레칭된 물질의 열 경화 거동과는 대조적으로, ny 및 nz 의 차이를 최소화하기 위하여 y 및 z 방향에서 수축을 허용한 실질적으로 일축으로 스트레칭된 필름의 열 경화는 완전히 상이한 효과를 갖는다. 실질적으로 일축 스트레칭 공정 후의 열 경화는 이들 필름의 임의의 작은 기존의 굴절률 비대칭성을 유지하거나 또는 감소시킨다. 따라서, y 및 z 방향에서의 굴절률이 보다 동등해질 경우, 바람직하지 못한 색상 효과와 관련된 문제점들이 더 적게 발생된다.
- [0053] 하기 설명되는 열 경화 절차는 예를 들면 다층 광학 필름(MOF)와 같은 광학 필름의 실질적인 일축 스트레칭을 제공하는 임의의 공정 후에 적용될 수 있다. 본 명세서에서 설명된 열 경화 절차는 1개 이상의 폴리에스테르 층들을 포함하는 실질적으로 일축으로 스트레칭된 필름에 특히 유용하다.
- [0054] 도 7은 편광기와 같은 광학체의 한 성분으로 사용하기 적합한, 예를 들면 다층 필름과 같은 광학 필름을 실질적으로 일축으로 스트레칭하기 위한 배치식 기술(22)를 예시한다. 필름(24)를 화살표(26)의 방향으로 스트레칭시키고 중앙부(28)을 내킹하여 스트레칭 공정 후에 필름(24')의 2개의 연부들(30)이 더 이상 평행하지 않도록 하였다. 필름(24')의 중앙부(28)은 칼리퍼 변동과 같은 전단 탈선을 적은 양으로 경험하도록 전단 경계 조건으로부터 충분히 멀리 떨어져있기 때문에 가장 유용한 광학적 성질들을 제공한다.
- [0055] 도 7에 설명된 배치식 방법이 일부 경우 적합한 필름 성질을 제공할 수도 있지만, 모두 본원에서 참고문헌으로 인용되는 공동 소유 미국 특허 제6,939,499호; 제6,916,440호; 제6,949,212호; 및 제936,209호에서 설명되는 실질적 일축 스트레칭 방법들이 일부 실시태양에서 특히 적합하다.
- [0056] 일반적으로, 복굴절성 중합체의 일축 배향은 3개의 직교하는 방향들 중 2개(예를 들면, 도 8에 예시된 바와 같이 필름의 폭(W) 및 두께(T) 방향)가 실질적으로 동일한 광학 필름(필름의 한 층)을 제공한다. 제3 방향(예를 들면, 필름의 길이(L) 방향)의 굴절률은 나머지 2개 방향들에서의 굴절률과 상이하다. 전형적으로, 완벽한 일축 배향이 필요하지 않고 광학 필름의 최종 사용 분야를 비롯한 다양한 인자들에 따라 최적 조건에서 어느 정도 벗어나는 것도 허용될 수 있다. 게다가, 본 발명은 3개의 "직교하는 방향"을 언급하고 있지만, 대응하는 방향들이 필름 내의 불균일성으로 인하여 정확하게 직교하지 않을 수도 있음을 알아야 한다.
- [0057] 일반적으로, 실질적인 일축 스트레칭 공정은 기계 방향(MD), 횡 방향(TD), 및 수직 방향(ND)에 해당하는 3개의 상호 직교하는 축들을 참고로 하여 설명될 수 있는 필름을 스트레칭하는 것을 포함한다. 이들 축은 도 8에 예시된 바와 같이, 필름의 폭, 길이 및 두께에 해당한다. 실질적인 일축 스트레칭 공정은 필름(32)를 초기 모습(34)로부터 최종 모습(36)으로 스트레칭시킨다. 기계 방향(MD)은 스트레칭 기구, 예를 들면 도 10에 예시되는 바와 같은 장치를 통해 필름이 이를 따라 이동하는 일반적인 방향이다. 횡 방향(TD)은 필름의 평면 내의 제2 축으로 기계 방향에 대해 직각이다. 수직 방향(ND)은 MD와 TD 모두에 대해 직각이고 일반적으로 중합체 필름의 두께 치수에 해당한다.
- [0058] 도 9는 본 발명에서 설명되는 바와 같은 대표적인 실질적인 일축 스트레칭 공정(38)의 블록도이다. 단계(40)에서, 필름을 스트레칭 장치에 공급 또는 제공한다. 이 공정은 임의로 사전상태조정 단계(42)를 포함한다. 단계(44)에서 필름을 스트레칭시킨다. 단계(46)에서 필름을 후 상태조정시킨다. 단계(48)에서는 필름을 스트레칭 장치로부터 제거한다.
- [0059] 도 10은 실질적인 일축 스트레칭 공정의 한 실시태양 및 실질적인 일축 스트레칭을 달성하기 위한 장치(50)를 예시한다. 이 공정은 본 발명에서 설명된 열 경화 절차와 함께 사용될 수 있다. 도 9에 의해 예시된 공정은

스트레칭 장치(최소한으로 도 9의 단계(44)를 수행함)와는 별도로 1개 이상의 장치들을 사용하여 달성될 수 있음을 인식할 수 있을 것이다. 이들 하나 이상의 추가적인 장치들은 하나 이상의 기능들(예를 들면, 도 9에 예시된 단계(40, 42, 46 및 48)로 대표되는 기능들)를 수행할 수 있다.

[0060] 도 10에 예시된 실시태양에서, 장치(50)은 필름(32)가 스트레칭 장치(50)으로 도입되는 구역(52)을 포함한다. 필름(32)은 임의의 바람직한 방법에 의해 제공될 수 있다. 예를 들면, 필름(32)이 롤 또는 다른 형태로 제조된 다음 스트레칭 장치(50)으로 제공될 수 있다. 다른 예로서, 스트레칭 장치(50)은 압출기(예를 들면, 필름(32)가 압출에 의해 생성되어 압출 후에 스트레칭에 대해 준비되는 경우) 또는 코터(예를 들면, 필름(32)가 코팅에 의해 생성되거나 또는 하나 이상의 코팅된 층들을 수용한 후에 스트레칭에 대해 준비되는 경우) 또는 적층기(예를 들면, 필름(32)가 적층에 의해 생성되거나 또는 하나 이상의 적층된 층들을 수용한 후에 스트레칭에 대해 준비되는 경우)로부터 필름(32)을 수용하도록 구성될 수 있다.

[0061] 일반적으로, 필름(32)은 구역(52)에서 필름의 대향하는 연부들을 붙잡아서 이송 경로를 형성하는 대향하는 트랙들(54)을 따라 필름을 이송하는 하나 이상의 그립핑 부재로 제공된다. 그립핑 부재(예를 들면, 도 12 참조)는 전형적으로 필름(32)의 연부에서 또는 그 부근에서 필름(32)을 붙잡는다. 그립핑 부재에 의해 붙잡히는 필름(32)의 부분들은 종종 스트레칭 후에 사용하기 부적합하여, 그립핑 부재들의 위치는 전형적으로 그 공정에 의해 발생하는 폐기물의 양을 조절하면서 스트레칭시킬 수 있게 필름(32) 상의 충분한 그립을 제공하도록 선택된다.

[0062] 그립핑 부재, 예를 들면 클립들은 예를 들면 체인을 트랙(54)을 따라 회전시키는 롤러(56)에 의해 트랙(54)를 따라 놓여질 수 있으며 그립핑 부재들은 체인에 커플링되어 있다. 롤러(56)은 스트레칭 장치(50)을 통해 이송될 때 필름(32)의 속력과 방향을 제어하는 구동 메카니즘에 연결된다. 롤러(56)은 또한 벨트-타입 그립핑 부재의 속력을 제어하고 회전시키는데 사용될 수 있다. 벨트 및 롤러(56)은 임의로 벨트와 롤러(56) 사이의 미끄러짐을 감소 또는 예방하기 위하여 서로 맞물리는 톱니를 포함한다.

[0063] 장치(50)은 임의로 한 실시태양에서는 스트레칭에 대한 준비로 필름(32)을 가열시키기 위한 오븐(60) 또는 다른 장치 또는 배열에 의해 둘러싸인 사전상태조정 구역(58)을 포함한다. 사전상태조정 구역(58)은 예열 대역(62), 열간유지(heat soak) 대역(64) 또는 이 둘을 모두 포함할 수 있다. 적어도 일부 실시태양에서는, 도 13의 경계 레도에 의해 예시되는 바와 같이, 그립핑 부재와 필름 사이의 접촉을 고정시키기 위하여 일어나는 소량의 필름 스트레칭이 있을 수 있다. 적어도 일부 경우에는, 실제로 어떠한 스트레칭도 없을 수 있지만, 대향하는 트랙들 사이의 간격의 증가가 적어도 부분적으로는 필름(32)이 가열될 때의 필름(32)의 열 팽창의 원인이 될 수 있다.

[0064] 필름(32)을 1차 스트레칭 구역(66)에서 스트레칭시킨다. 전형적으로, 1차 스트레칭 구역(66) 안에서, 스트레칭을 행하는 필름 대역(68)을 가열시키거나 또는 필름(68)의 중합체(들)의 유리 전이 온도 이상의 가열된 환경 중에 유지시킨다. 폴리에스테르의 경우, 온도 범위는 전형적으로 약 80 °C 내지 약 160 °C 사이이다. 적합한 가열 소자의 예는 대류성 및 방사성 가열 소자를 포함하지만, 다른 가열 소자들도 또한 사용될 수 있다. 일부 실시태양에서, 필름(32)을 가열하는데 사용된 가열 소자들은 가변적인 양의 열을 제공하도록 개별적으로 또는 그룹으로 제어될 수 있다. 이러한 제어는 가열 소자의 온도에서의 또는 가열 소자로부터 필름(68)로 향하는 공기의 방향 또는 속도에서의 변동성을 허용하는 것들을 비롯한 각종 다양한 공정들에 의해 유지될 수 있다. 가열 소자의 제어는 경우에 따라, 필름(68) 전반에 걸친 스트레칭의 균일성을 개선하거나 또는 다른 방식으로 변경시키기 위하여 필름(68)의 구역들을 가변적으로 가열시키는데 사용될 수 있다. 예를 들면, 균일한 가열 하에서는 다른 영역들 만큼 스트레칭하지 않는 필름(68)의 영역들이 더 많이 가열되어 더 쉽게 스트레칭할 수 있도록 할 수 있다.

[0065] 1차 스트레칭 구역(66) 내에서, 그립핑 부재들은 중합체 필름(68)을 원하는 양만큼 스트레칭시키기 위하여 일반적으로 발산성 트랙(54)을 따른다. 1차 스트레칭 구역(66)에서 및 장치(50)의 다른 구역에서 트랙(54)이 다양한 구조 및 물질을 사용하여 형성될 수 있다. 1차 스트레칭 구역(66) 밖에서는, 트랙(54)이 대표적으로는 실질적으로 직선이다. 대향하는 선형 트랙들(54)은 평행일 수 있거나 또는 수렴성 또는 발산성이라도 배열될 수 있다. 1차 스트레칭 구역(66) 내에서, 트랙(54)은 일반적으로 발산성이고 일반적으로 곡선이다. 일부 예시적인 실시태양에서는, 선형 트랙 단편들을 사용하여 일반적으로 곡선 형태의 트랙들에 가깝게 될 수 있다.

[0066] 한 예로서, 장치(50)은 대표적으로 후 상태조정 구역(70)을 포함한다. 예를 들면, 필름(32)을 대역(72)에서 열 경화시키고 대역(74)에서 급냉시킬 수 있다. 필름(32)을 급냉시키고 이 때 모든 성분들이 그들의 유리 전이 온도 이하의 온도 수준에 도달된다. 일부 다른 실시태양에서는, 급냉을 스트레칭 장치(50) 밖에서 수행한다.

- [0067] 도 10에 예시된 실시태양에서, 인취장치 시스템을 사용하여 1차 스트레칭 구역(66)으로부터 필름(32)를 제거한다. 예시된 실시태양에서, 인취장치 시스템은 필름(32)가 그 위에서 1차 스트레칭 구역(66)을 통과하여 이송되는 트랙(54)와는 무관하다(즉, 직접적으로 연결되지 않는다).
- [0068] 본 명세서의 목적상, 용어 열 경화는 예를 들면 결정 성장, 치수 안정성 및(또는) 광학 성능과 같은 필름 성질을 향상시키기 위하여 배향 후에 필름(32)를 가열하는 가열 프로토콜을 말한다. 열 경화는 온도와 시간 모두의 함수이고 예를 들면 상업적으로 유용한 선 속력 및 필름의 열 전달 성질, 뿐만 아니라 최종 제품의 광학 투명성과 같은 인자들이 고려되어야 한다. 예시적인 실시태양에서, 열 경화 공정은 필름(32)를 그의 적어도 한 중합체 성분의 유리 전이 온도(Tg) 이상으로 및 바람직하게는 그의 모든 중합체 성분들의 Tg 이상으로 가열시키는 것을 포함한다. 예시적인 중합체 물질은 PEN, PET, coPENs, 폴리프로필렌 및 신디오택틱 폴리스티렌을 포함한다. 열 경화 공정의 한 실시태양에서, 필름(32)를 필름(32)의 스트레치 온도 이상으로 가열하지만 이것이 필수적이지는 않다. 다른 실시태양에서는, 이러한 열 경화 공정에서, 필름(32)를 Tg와 필름(32)의 용융점 사이의 온도로 가열한다.
- [0069] 일반적으로, 시스템의 운동학적 및 열동력학적 균형으로부터 야기되는 결정화 속도에 대한 최적 온도가 있다. 이 온도는 열 경화 시간의 최소화를 1차적으로 고려할 때 유용하다. 다양한 제품과 공정 고려사항들 사이의 최상의 균형을 발견하기 위하여 조건들을 미세조정하는데 대표적인 출발점은 Tg와 필름(32)의 용점 사이의 대략 중간지점이다. 예를 들면 PET 및 PEN에 대한 유리 전이 온도는 건조한 조건 하에서 각각 대략 80 °C 및 120 °C이다. PET 및 PEN의 중간 조성을 갖는 공중합체(소위 "coPENs")의 유리 전이 온도는 단일중합체들의 값들 사이의 중간이다. 용점은 그들의 크기 및 구속으로 인한 물리적 결정의 불완전성 범위로 인해 일정 범위의 온도에 걸쳐진다. PET 및 PEN의 용융점에 대한 대략적인 추정치는 PET의 경우 약 260 °C 및 PEN의 경우 약 270 °C이다. 소위 coPENs의 용융점은 대표적으로 단일중합체들의 값들 미만이고 예를 들면 시차 주사 열량계(DSC)에 의해 대략적으로 측정될 수 있다.
- [0070] 따라서, PET 및 PEN에서의 열 경화를 위한 출발점 범위는 예를 들면 약 170 내지 195 °C 범위이다. 실제 공정 정정치는 주어진 공정 내에서의 열 전달 및 체류 시간에 의존한다. 체류 시간은 약 1초 내지 약 10분 범위일 수 있고, 공정 조건에 의존할 뿐만 아니라 또한 원하는 최종 효과, 예를 들면 결정화도의 양, 내이층성의 증가 및 다른 성질들이 주어졌을 때 흐림도의 최적화에도 의존한다. 체류 시간의 최소화는 종종 장비 크기의 최소화와 같은 것을 고려할 때 유용하다. 온도가 높을수록 특정 결정화도를 획득하는데 필요한 시간이 감소될 수 있다. 그러나, 보다 높은 온도는 또한 불안정한 결정질 구조의 용융을 야기할 수 있으며, 이것은 이어서 보다 큰 구조로 재형성될 수 있다. 이것은 일부 용도에 원하지 않는 흐림도를 생성시킬 수 있다.
- [0071] 한 실시태양에서, 1차 스트레칭 구역(66)을 통과할 때 그림핑 부재에 의해 붙잡히는 필름 부분들이 제거된다. 실질적으로 모든 스트레치 히스토리(history)에 걸쳐 실질적인 일축 스트레치를 유지하기 위하여(도 10에 나타낸 바와 같이), 횡방향 스트레치의 종반에, 신속하게 발산되는 연부 부분(76)이 바람직하게는 슬리팅 점(78)에서 스트레칭된 필름(68)로부터 끊어진다. 절단은 (78)에서 이루어질 수 있으며 유출 또는 사용불가능한 부분(76)은 버려질 수 있다.
- [0072] 한 실시태양에서, 공정은 또한 제거가능한 구역(80)을 포함한다. 임의로 롤러(82)를 사용하여 필름을 진행시키지만, 이것은 생략될 수 있다. 한 실시태양에서는, 롤러(82)가 최종 필름(84)와 접촉할 수 있어 최종 필름(84)를 손상시킬 가능성을 수반하고 있기 때문에 롤러가 사용되지 않는다. 한 실시태양에서는, 다른 절단(86)을 만들어 미사용 부분(88)을 버린다.
- [0073] 제거가능한 구역(80)은 또한 바우잉(bowing)과 같은 바람직하지 못한 필름 성질들을 감소시키고(시키거나) 제거하기 위하여 필름 온도가 제어되는 임의적인 격리 대역(도 10에 나타나있지 않음)을 포함할 수 있다. 이러한 격리 대역에서, 필름을 롤로 권취할 수 있지만, 권취가 필수적이지는 않다. 임의적인 격리 대역으로부터 제거 후에, 필름을 임의로 코팅, 또는 적층시키거나 또는 표면 텍스처 또는 표면 구조를 부여하는 가공을 행할 수 있다.
- [0074] 한 실시태양에서, 직접 완제품으로부터 변환이 인취 후에 일어난다. 다른 실시태양에서는, 인취장치 시스템을 나가는 필름(84)을 전형적으로는 나중의 사용을 위해 롤로 권취한다. 한 예로서, 필름(84)를 권취하여 임의적인 제2 가열 유닛(도 10에 나타나있지 않음)으로 전달할 수 있다. 제2 가열 유닛에서, 필름(84)를 붙잡아서 주름형성을 막기 위하여 필요한 인장 하에 둘 수 있다. 이 공정은 전형적으로 스트레칭 대역(66)에 인가된 원 스트레치 온도 이하의 온도에서 일어난다. 제2 가열 유닛은 간단하게는 필름(84)가 그의 성질을 향상시키기 위하여 로 또는 시트 형태로 놓여질 수 있는 오븐일 수 있다. 예를 들면, 제2 열간유지 절차를 필름(84)가 적어도

한 필름 성분의 Tg 이하, 바람직하게는 모든 필름 성분들의 Tg 이하의 온도로 가열되는 제2 가열 대역에 적용할 수 있다. 역시, 제2 열간유지는 전형적으로는 스트레칭 대역(66)에서 필름(84)에 인가된 초기 스트레치 온도 이하에서 수행될 수 있다. 제2 열간유지는 바람직한 필름 성질, 예를 들면 주름방지성 또는 내크립성(creep resistance)이 달성될 때까지, 예를 들면 수 시간 또는 수 일과 같은 연장된 기간 동안 계속될 수 있다. 예를 들면, PET에 대한 열간유지는 전형적으로 약 50-75 °C에서 수 시간 내지 수 일 동안 수행되는 반면, PEN에 대한 열간유지는 전형적으로 약 60-115 °C에서 수 시간 내지 수 일 동안 수행된다. 열간유지는 또한 부분적으로는 어느 정도의 후가공 작업 하에 달성될 수도 있다. 예를 들면, 필름(84)를 코팅시키고 어느 정도의 열간유지 효과를 갖는 오븐 중에서 건조 또는 경화시킬 수 있다.

[0075] 제2 가열 대역 후에, 필름(84)는 임의로 제2 급냉 및(또는) 경화 대역(도 10에 나타나있지 않음)으로 전달될 수 있다. 제2 급냉 및(또는) 경화 대역에서, 필름(84)를 주름형성 및 뒤틀림을 제어하도록 인장 하에 두거나 및(또는) 수렴성 레일을 따라 끝을 안쪽으로 향하게 할 수 있다(toe-in). 임의적인 제2 급냉 및(또는) 경화 대역 후, 필름을 다시 롤링할 수 있다.

[0076] 도 11-12는 그립핑 부재 및 트랙의 한 실시태양을 예시한다. 적합한 그립핑 부재(90)의 한 예는 대향하는 표면들 사이에서 필름(32)를 순차적으로 붙잡는 다음 트랙(54) 주위에서 이동하는 일련의 클립들을 포함한다. 그립핑 부재는 트랙(54)를 따른 홈 또는 채널 내에서 네스팅 또는 진행될 수 있다. 다른 예는 대향하는 벨트 또는 나사들 또는 일련의 벨트 또는 나사들 사이에서 필름(32)를 보유하고 필름(32)를 트랙(54)를 따라 보내는 벨트 시스템이다. 벨트 및 나사는 경우에 따라, 유연하고 연속적인 또는 반연속식 필름 이송 메카니즘을 제공할 수 있다. 각종의 다양한 대향하는 다수개의 벨트 방법들이 예를 들면 미국 특허 제5,517,737호 및 유럽 특허 출원 공개 제0236171 A1호(이들 각각의 전체 내용은 본원에서 참고문헌으로 인용됨)에 설명되어 있다. 바람직한 수준의 그립핑을 얻기 위하여 벨트의 인장을 임의로 조절가능하다.

[0077] 벨트 또는 클립은 임의의 물질로 만들어질 수 있다. 예를 들면, 벨트는 복합 구성을 갖는 것일 수 있다. 적합한 벨트의 한 예는 금속, 예를 들면 강으로 만들어진 높은 인장을 지지하기 위한 내부 층 및 엘라스토머로 된 양호한 그립핑을 제공하기 위한 외부 층을 포함한다. 다른 벨트들도 또한 사용될 수 있다. 일부 실시태양에서, 벨트는 양호한 그립핑을 제공하기 위하여 불연속 활주면을 포함한다.

[0078] 스트레처를 통해 필름을 그립핑 및 이송하는 다른 방법들이 알려져 있고 사용될 수 있다. 일부 실시태양에서, 스트레칭 장치의 상이한 부분들이 상이한 타입의 그립핑 부재들(90)을 사용할 수 있다.

[0079] 도 11 및 12에 예시된 실시태양의 그립핑 부재(90)은 일련의 폭출기 클립이다. 이들 클립은 단편화를 통해 전 반적인 유연성을 제공할 수 있다. 별개의 클립들일 대표적으로는 뽁뽁하게 충전되어 가요성 구조물, 예를 들면 체인에 부착된다. 가요성 구조물은 트랙(54)를 따라 또는 트랙(54)를 따른 채널 내에서 진행된다. 전략적으로 위치한 캠 또는 캡 표면들이 바람직한 지점에서 폭출기 클립을 여닫는다. 클립 및 체인 조립체는 임의로 휠 또는 베어링 등 위에서 진행된다. 한 예로, 그립핑 부재(90)은 2 쌍의 내부 및 외부 레일들 사이에서 롤링하는 상부 및 하부 베어링 상에 장착된 폭출기 클립이다. 이들 레일은 적어도 부분적으로는 트랙(54)를 형성한다.

[0080] 그립핑 부재(90)의 연부가 스트레칭하게 되는 필름(32) 부분에 대한 경계 연부를 형성한다. 트랙(54)를 따른 그립핑 부재(90)의 이동은 적어도 부분적으로는 필름(32)의 이동 및 스트레칭을 책임지는 경계 궤도를 제공한다. 다른 효과들(예를 들면, 다운웹(downweb) 인장 및 인취 기구)이 다른 부분의 이동 및 스트레칭을 책임진다. 경계 궤도는 전형적으로 이를 따라 그립핑 부재(90)이 이동하는 트랙(54) 또는 레일과 보다 쉽게 구별된다. 예를 들면, 그립핑 부재(90), 예를 들면 폭출기 클립의 중앙의 유효 연부를 트랙(54) 또는 레일의 표면과 동일한 경로를 쫓도록 정렬시킬 수 있다. 이어서 이러한 표면을 경계 궤도와 일치시킨다. 실제로, 그립핑 부재(90)의 유효 연부는 그립핑 부재(90) 하에서 이로부터 흘러나오거나 또는 미끄러진 약간의 필름에 의해 다소 분명치않게 될 수 있지만, 이들 벗어남은 작게 만들 수 있다.

[0081] 또한, 폭출기 클립과 같은 그립핑 부재(90)의 경우, 연부 면의 길이가 실제 경계 궤도에 영향을 미칠 수 있다. 보다 작은 클립은 일반적으로 보다 양호한 경계 궤도에의 접근 및 보다 작은 스트레칭 요동을 제공하게 된다. 적어도 일부 실시태양에서, 클립 면 연부의 길이는 대향하는 경계 궤도 또는 트랙들 사이의 전체 초기 길이의 대략 반 이하이다. 특히 적합한 실시태양에서, 클립 면 연부의 길이는 대향하는 경계 궤도 또는 트랙들 사이의 전체 초기 길이의 약 ¼ 이하이다.

[0082] 2개의 대향하는 트랙(54)는 임의로 2개의 별대의 또는 분리가능한 플랫폼 상에 배치되거나 또는 다르게는 대향하는 트랙들(54) 사이의 거리가 조절가능하도록 구성된다. 이것은 상이한 크기의 필름(32)를 장치(50)에 의

해 스트레칭하고자 하는 경우, 또는 하기 논의되는 바와 같이, 1차 스트레칭 구역(66)에서 스트레칭 구성을 변화시키고자 하는 경우 특히 유용할 수 있다. 대향하는 트랙들(54) 사이의 분리 또는 변동은 손으로, 기계적으로(예를 들면, 컴퓨터 또는 트랙들(54) 사이의 이격 거리를 변경시킬 수 있는 구동기를 제어하는 다른 기구를 사용하여) 또는 둘 모두로 수행될 수 있다.

[0083] 필름(32)가 대향하는 트랙(54) 상에 장착된 2 세트의 대향하는 그립핑 부재(90)에 의해 보유되기 때문에, 2개의 경계 궤도가 있다. 적어도 일부 실시태양에서, 이들 궤도는 스트레칭 필름(32)의 MD 중심선에 대하여 거울상이다. 다른 실시태양에서, 대향하는 트랙들(54)는 거울상이 아니다. 이러한 비-거울상 배열은 필름(32) 전체에 걸쳐 하나 이상의 광학적 또는 물리적 특성들에 있어서 변동(예를 들면, 주 축의 회전 또는 구배)을 제공하는데 유용할 수 있다.

[0084] 도 13은 공급 구역(52) 뒤에 사전상태조정 구역(58) 및 1차 스트레칭 구역(66)이 이어지는 한 실시태양을 예시한다. 사전상태조정 구역(58)(또는 임의로 공급 구역(52)) 내에, 트랙(54)가 필름(32) 상에 그립핑 부재(90)(예를 들면, 폭출기 클립)을 설정하기 위해 약간 발산되는 그립핑 부재 설정 대역(92)가 제공된다. 한 실시태양에서, 이러한 초기 TD 스트레치는 최종 TD 스트레치의 약 5% 이하, 일반적으로는 최종 TD 스트레치의 약 2% 미만이고, 종종 최종 TD 스트레치의 약 1% 미만이다. 일부 실시태양에서, 이러한 초기 스트레치가 일어나는 대역(92) 후에 트랙(54)가 실질적으로 평행하고 필름(32)가 가열되거나 또는 승온으로 유지되는 대역(94)이 이어진다.

[0085] 스트레칭 장치(50)의 모든 구역들에서, 트랙(54)는 임의로 함께 커플링된 일련의 직선 또는 곡선 단편들을 사용하여 형성될 수 있다. 트랙(54)는 개별 구역들 중 2개 이상(또는 심지어는 모두)이 분리될 수 있도록 하는(예를 들면, 유지 또는 구성을 위해) 단편들을 사용하여 만들어질 수 있다. 다른 또는 특정 구역 또는 구역들의 군으로서, 트랙(54)가 단일의 연속적인 구성물로 형성될 수 있다. 트랙(54)는 스트레처(50)의 하나 이상의 인접하는 구역들(52, 58, 66, 70, 80)에 걸쳐지는 연속 구성물을 포함할 수 있다. 트랙(54)는 연속 구성물과 개별 단편들의 임의의 조합을 가질 수 있다.

[0086] 일부 실시태양에서, 1차 스트레칭 구역(66) 내의 트랙(54)는 이전 구역들의 트랙(54)에 커플링되지만 이로부터 분리가능하다. 일부 실시태양에서, 이어지는 후 상태조정 또는 제거 구역(70, 80)의 트랙들은 전형적으로 예를 들면 도 22-27에 예시된 바와 같이, 1차 스트레칭 구역(66)의 트랙(54)로부터 떨어져 있다.

[0087] 비록 1차 스트레칭 구역(66) 내의 트랙들이 도 10에서는 곡선이지만, 선형 트랙 단편들도 또한 일부 실시태양에 사용될 수 있다. 한 실시태양에서, 이들 단편들은 원하는 곡선 트랙 모습에 직선상으로 근접하도록 서로에 대하여(예를 들면, 축에 대하여 개별 선형 단편들을 회전시키는 것에 의해) 정렬된다. 일반적으로, 선형 단편들이 보다 짧을수록 보다 양호한 곡선 접근이 이루어질 수 있다. 일부 실시태양에서는, 하나 이상의, 및 바람직하게는 모든 선형 단편들의 위치가 조절가능(축에 대하여 회전가능)하여 트랙(54)의 형태가 경우에 따라 조절될 수 있다. 조절은 손에 의할 수 있거나 또는 조절은 예를 들면 컴퓨터 또는 구동기에 커플링된 다른 기구의 제어 하에서 기계적으로 수행될 수 있다. 직선 단편들 대신에 또는 이들 외에 곡선 단편들이 사용될 수 있음을 이해할 것이다.

[0088] 구역들(52, 58, 66, 70, 80) 각각을 통해 연속 트랙(54)가 또한 사용될 수 있다. 특히, 연속 곡선 트랙(54)가 1차 스트레칭 구역(66)을 관통하여 사용될 수 있다. 연속 곡선 트랙(54)는 전형적으로는 이를 따라 그립핑 부재(90)이 움직이는 트랙(54)를 형성하는 하나 이상의 연속 레일을 포함한다. 한 실시태양에서, 곡선 트랙(54)는 2개의 레일들 사이에서 롤링하는 상부 및 하부 베어링 상에 장착된 폭출기 클립과 함께 2 쌍의 내부 및 외부 레일들을 포함한다.

[0089] 일부 실시태양에서, 연속 트랙(54)는 조절가능하다. 조절가능한 연속 트랙(54)를 제조하는 한 방법은 하나 이상의 트랙 형태 제어 유닛을 사용하는 것을 포함한다. 이들 트랙 형태 제어 유닛은 연속 레일과 같은 연속 트랙(54)의 일부분에 커플링되고 트랙(54)를 굴곡시키는데 필요한 힘을 트랙(54)에 인가하도록 구성된다. 도 14는 트랙(54)에 커플링된 트랙 형태 제어 유닛(96)을 갖는 상기 배열의 한 실시태양을 개략적으로 예시한다. 일반적으로, 트랙 형태 제어 유닛(96)은 트랙 형태 제어 유닛(96)이 인가하는 일정 범위의 힘을 갖지만, 일부 실시태양들은 전원을 켜거나 또는 끄는 것으로 유닛(96)을 제어하도록 제한될 수 있다.

[0090] 트랙 형태 제어 유닛(96)은 전형적으로 필름(32)의 중앙을 향해 힘을 가하거나 또는 필름(32)의 중심으로부터 멀어지게 힘을 가할 수 있거나 또는 바람직하게는 둘 모두일 수 있다. 트랙 형태 제어 유닛(96)은 조절가능한 연속 트랙(54) 상의 특정 점에 커플링될 수 있거나 또는 트랙 형태 제어 유닛(96)은 트랙(54)가 트랙(54)와 제

어 유닛(96) 사이에서 여전히 커플링을 유지하면서 제어 유닛(96)을 따라 횡방향으로 슬라이딩될 수 있도록 구성될 수 있다. 이러한 배열은 제어 유닛(96)이 작동될 때 트랙(54)가 보다 자유로이 조절될 수 있도록 만들기 때문에 보다 큰 범위의 이동을 용이하게 할 수 있다. 일반적으로, 트랙 형태 제어 유닛(96)은 트랙(54)가 트랙(54)의 평형 형태로부터 벗어나는 일정 범위의 형태, 예를 들면 도 14의 형태(54 및 54')를 통해 이동할 수 있게 한다. 트랙의 평형 및 조절된 형태는 직선 또는 곡선일 수 있다. 전형적으로 트랙 형태 제어 유닛(96) 및 트랙(54)는 선(또는 다른 기하학적 형태)의 운동(98)을 따라 이동할 수 있다. 하나 초과인 트랙 형태 제어 유닛(96)이 사용될 때, 트랙 형태 제어 유닛(96)은 동일하거나 또는 유사한 운동 선들 및 운동 범위(98)를 가질 수 있거나 또는 개별적인 트랙 형태 제어 유닛(96)에 대한 운동 범위들(98)이 상이할 수 있다.

[0091] 일부 실시태양에서, 트랙의 하나 이상의 점들(100)이 고정된다. 고정된 점들(100)은 출발점 또는 부근(도 14에 예시된 바와 같이) 또는 1차 스트레칭 구역(66)의 중반을 포함하여 트랙(54)를 따른 임의의 지점일 수 있다. 고정된 점들(100)은 또한 도 18에 예시된 바와 같이 트랙(54)를 따른 다른 점들에 위치할 수도 있다.

[0092] 적합한 트랙 형태 제어 유닛(96) 및 트랙(54)의 한 예가 도 14에 예시되어 있다. 본 실시태양에서 트랙(54)는 4개의 레일들(102) 사이에서 롤링하는 베어링(나타나있지 않음) 상에 장착된 폭출기 클립(나타나있지 않음)을 갖는 4개의 레일(102)를 포함한다. 트랙 형태 제어 유닛(96)은 구동기(나타나있지 않음)에 커플링된 기저부(104), 상부 및 하부 내부 접촉 부재(106) 및 상부 및 하부 외부 접촉 부재(108)를 포함한다. 내부 및 외부 접촉 부재들(106, 108)은 기저부(104)에 커플링되어 기저부(104)의 이동으로 접촉 부재(106, 108)이 힘을 각각 레일(102)의 내부 및 외부 표면에 인가하도록 한다.

[0093] 예시적인 실시태양에서, 내부 접촉 부재(106)은 위에서 또는 아래에서 봤을 때, 도 16 및 17에 예시된 바와 같이, 접촉 부재(106, 108)과 레일(102) 사이의 겨우 작은 접촉 면적만을 제공하는 형태를 갖는다(도 16은 레일(102) 및 내부 접촉 부재(106)을 나타낸다). 이러한 형태의 예는 원형 및 타원형, 뿐만 아니라 내부 접촉 부재(106) 및 레일(102) 사이의 접촉이 이들 형태의 정점에서 이루어지는 다이아몬드형, 육각형 또는 다른 유사한 형태를 포함한다. 외부 접촉 부재(108)은 위에서 또는 아래에서 봤을 때, 외부 접촉 부재(108)의 부분이 도 17에 예시된 바와 같이, 레일(102)와의 접촉을 만드는 점으로 되도록 유사하게 만들어질 수 있다(도 17은 레일(102) 및 레일(102)와 접촉하게 되는 외부 접촉 부재(108) 부분을 나타낸다). 이러한 형태의 사용은 트랙 형태 제어 유닛(96)이 경우에 따라, 트랙 형태를 변형시키는 힘을 발휘할 수 있도록 하면서 트랙(54)가 제어 유닛(96)에 고정되기 보다는 제어 유닛(96)을 통해 측방향으로 슬라이딩할 수 있도록 한다. 이러한 구성형태는 또한 트랙(54)가 제어 유닛(96) 내에서 그의 순간 기울기를 조절할 수 있도록 할 수 있다. 이들 이유들 중 하나 또는 둘 모두 때문에, 트랙(54)는 보다 큰 범위의 형태 조절을 가질 수 있다. 다른 실시태양에서는, 보다 적은 또는 보다 많은 접촉 부재들(106, 108)이 있을 수 있거나 또는 단지 내부 또는 단지 외부 접촉 부재들(106, 108)만이 있을 수 있다.

[0094] 도 18에 추가로 예시되는 바와 같이, 트랙(54)는 상이한 스트레칭 특징을 갖는 또는 상이한 수학적 등식으로 설명될 수 있는 1차 스트레칭 구역(66) 내에 대역들(110, 112, 114)을 제공하도록 구성될 수 있다. 일부 실시태양에서, 트랙(54)는 이들 상이한 대역들(110, 112, 114)을 형성하는 형태를 갖는다. 다른 실시태양에서, 트랙(54)는 예를 들면 상기 논의된 트랙 형태 제어 유닛(96)을 사용하여 단순한 일차적인 배열을 넘어서 각종 다양한 형태들(116, 118)을 제공하도록 조절될 수 있다. 이것은 1차 스트레칭 구역(66)의 상이한 부분들이 원하는 기능을 달성할 수 있도록 하기 때문에 유리할 수 있다. 예를 들면, 초기 스트레칭 대역은 특정 형태(예를 들면, 아래에서 설명되는 바와 같이 $U > 1$ 및 $F > 1$ 을 갖는 일축초과 형태)를 가질 수 있고, 그 후에 상이한 형태(예를 들면 일축 형태)를 갖는 하나 이상의 후자 대역들이 이어진다. 임의로, 한 형태로부터 다른 형태로 전이되는 중간 대역들이 제공될 수 있다. 일부 실시태양에서, 개별 대역들(110, 112, 114)은 고정된 트랙(54)의 점들(100)에 의해 분리되거나 또는 형성될 수 있다.

[0095] 일부 실시태양에서, 트랙(54)는 트랙(54)의 굴곡 및 성형을 용이하게 하도록 트랙(54)의 길이를 따라 불균일한 횡단면 형태를 갖는다. 예를 들면, 트랙(54)에 사용된 하나 이상의 레일들(102)는 상이한 횡단면 형태를 가질 수 있다. 한 예로서, 상기 설명된 4-레일 구성에서, 각 레일들(102) 또는 레일(102)의 부분집합들은 트랙(54)의 길이를 따라 변화되는 횡단면을 갖는다. 횡단면은 예를 들면 트랙(54)(또는 트랙(54)의 한 성분, 예를 들면 하나 이상의 연속 레일(102))의 높이 또는 두께를 변경시킴으로써, 또는 둘 모두에 의해 변화될 수 있다. 한 예로서, 한 실시태양에서는 트랙(54)의 두께 또는 트랙(54)의 하나 이상의 레일들(102)가 기계 방향에서 트랙(54)의 길이를 따라 감소되거나 또는 증가된다. 이들 변동은 특정 트랙 형태 또는 트랙 형태 조절가능성에서의 변동을 지지하는데 사용될 수 있다. 예를 들면, 상기한 바와 같이, 트랙(54)는 몇 개의 상이한 대역들(110, 112, 114)을 가질 수 있으며, 각 대역(110, 112, 114)는 상이한 트랙 형태(54)를 갖는다. 트랙(54) 또는 트랙

(54)의 한 성분의 횡단면 변동은 각 대역(110, 112, 114) 내에서 특정 레일(102) 형태를 달성하거나 또는 용이하게 하도록 변화될 수 있고 대역들(110, 112, 114) 사이에서 변화될 수 있다. 한 예로서, 비교적 두꺼운 횡단면 형태를 갖는 대역(112)가 2개의 대역(110, 114) 사이에 전이 공간을 제공하거나 또는 격리시키도록 2개의 다른 대역들(110, 114) 사이에 배치될 수 있다.

[0096] 트랙(54) 또는 레일(102) 횡단면에서의 변동의 한 예로서, 트랙(54) 또는 레일(102)와 같은 트랙의 일부분의 두께 프로파일의 디자인에서 트랙(54)를 따른 위치를 나타내는데 호길이, s 가 사용될 수 있다. 스트레치의 시작시의 호길이, s 는 0으로 정의되고 스트레치의 다른 단부에서는 L 로 정의되며, 스트레치의 시작 및 종반에서의 대응하는 두께는 각각 $h(0)$ 및 $h(L)$ 로 표시된다. 본 특정 실시태양에서 트랙(54) 또는 트랙 성분(예를 들면, 레일(102))는 위치 L' 에서의 두께 $h(L')$ 이 위치 L'' 에서의 두께 $h(L'')$ 보다 크도록 비임의 일부분 상에서 $s=0$ 및 $s=L$ 사이에서 L' 로부터 L'' 로 테이퍼(taper)를 갖는다. 이러한 방식으로, L' 또는 L'' 은 보다 높은 호길이 좌표에 있을 수 있다(즉, $L' > L''$ 또는 $L' < L''$). 유용한 두께 프로파일의 한 예는 하기 등식에 의해 제공된, 레일(102) 상에서의 L' 로부터 L'' 로의 호길이의 함수로서, 두께, $h(s)$ 에 대한 함수에 의해 주어진 테이퍼이다:

[0097]
$$h(s) = (h(L') - h(L''))(1 - (s - L') / (L'' - L'))^\alpha + h(L'')$$

[0098] 상기 식 중, α 는 L' 로부터 L'' 로의 두께 감소를 초래하는 테이퍼의 양의 속도이다.

[0099] L' 이 L'' 보다 작을 때 이것은 호길이에 따른 두께의 감소를 초래한다. L' 이 L'' 보다 클 때, 이것은 호길이에 따른 두께의 증가를 가져다 준다. 트랙(54)는 임의로 각각 그 자신의 국소 L' , L'' 및 테이퍼 속도를 갖는 구획들로 배분될 수 있다. 트랙(54) 또는 레일과 같은 트랙 성분의 최대 두께는 트랙(54) 상의 그 지점에서 요망되는 유연성 양에 의존한다. 트랙 또는 레일에 적용될 때 비임 이론을 사용하면, 테이퍼를 갖는 직선 비임의 경우, $1/3$ 의 α 에 대한 값은 한 단부에서의 하중에 반응하여 포물선으로 굴곡되는 비임을 제공함을 나타낼 수 있다. 비임이 곡선 평형 모습으로 시작될 때, 또는 몇몇 제어 점들이 부하될 때, 다른 테이퍼들이 보다 바람직할 수 있다. 다양한 다른 형태들에 걸친 변형을 위해, 주어진 트랙(54) 또는 트랙 성분, 이들 구획들 중 어느 하나 상에서의 수치적으로 계산된 형태의 테이퍼 내에서 증가하고 감소하는 두께를 갖는 것이 유용할 수 있다. 트랙(54) 또는 트랙 성분을 따른 임의의 지점에서의 최소 두께는 스트레칭 힘을 지지하는데 필요한 트랙(54)의 강도의 양에 의존한다. 최대 두께는 필요한 수준의 유연성의 함수일 수 있다. 예를 들면, 트랙(54) 또는 트랙 성분의 영구적인 항복 및 반복가능한 조절능의 손실을 피하기 위하여, 트랙(54) 또는 트랙 성분의 탄성 범위 내에서 트랙 조절 수준을 유지하는 것이 전형적으로 유리하다.

[0100] 대향하는 트랙(54)에 의해 형성된 경로는 MD, TD, 및 ND 방향에서의 필름(32)의 스트레칭에 영향을 미친다. 스트레칭 변형은 연신비의 집합: 기계 방향 연신비(MDDR), 횡방향 연신비(TDDR), 및 수직 방향 연신비(NDDR)으로 기재될 수 있다. 필름(32)에 대하여 결정하였을 때, 특정 연신비는 일반적으로 원하는 방향(예를 들면, TD, MD, 또는 ND)에서의 필름(32)의 현재의 크기(예를 들면, 길이, 폭 또는 두께) 및 그 동일한 방향에서의 필름(32)의 초기 크기(예를 들면, 길이, 폭 또는 두께)의 비로 정의된다. 비록 이들 연신비가 스트레칭되었을 때 중합체 필름(32)의 관찰에 의해 결정될 수 있지만, 달리 나타내지 않는 한, MDDR, TDDR, 및 NDDR에 대한 언급은 중합체 필름(32)를 스트레칭하는데 사용된 트랙(54)에 의해 결정된 연신비를 말한다.

[0101] 스트레칭 공정에서의 임의의 주어진 지점에서, TDDR은 경계 궤도의 현재 이격 거리, L , 및 스트레치 시작시의 경계 궤도의 초기 이격 거리, L_0 의 비에 해당한다. 달리 말하면, $TDDR = L/L_0$. 일부 경우(예를 들면, 도 2 및 9에서와 같이), TDDR은 기호 λ 로 나타내어진다. 스트레칭 공정에서의 임의의 주어진 지점에서, MDDR은 발산각 θ 의 코사인이고, 양의 값은 MD와 경계 궤도, 예를 들면 트랙(54) 또는 레일(102)의 순간 탄젠트 사이의 각을 포함하였다. 이것은 $\cot(\theta)$ 가 그 지점에서 트랙(54)의 순간 기울기(즉, 제1 유도값)과 같다는 것을 따른다. TDDR 및 MDDR의 측정시, $NDDR = 1/[(TDDR)(MDDR)]$ 이고, 단 중합체 필름의 밀도는 스트레칭 공정 동안에 일정하다. 그러나, 필름의 밀도가 ρ_f 의 배수만큼 변할 경우(여기서, $\rho_f = \rho_0/\rho$ 이고, ρ 는 스트레칭 공정 내 현 지점에서의 밀도이고, ρ_0 는 스트레치 시작시의 초기 밀도임), 예상되는 바와 같이 $NDDR = \rho_f/[(TDDR)(MDDR)]$ 이다. 물질의 밀도의 변화는 예를 들면, 스트레칭 또는 다른 가공 조건에 의해 야기된 결정화 또는 부분 결정화와 같은 상 변화로 인한 것을 비롯하여 각종의 다양한 이유 때문에 일어날 수 있다.

[0102] 완벽한 일축 스트레칭 조건은, 횡 방향에서의 치수의 증가와 함께, 도 8에 예시되는 바와 같이(물질의 밀도가 일정하다고 가정), 각각 λ , $(\lambda)^{-1/2}$, 및 $(\lambda)^{-1/2}$ 의 TDDR, MDDR, 및 NDDR을 초래한다. 달리 말하면, 스트레칭 동안의 균일한 밀도를 가정하였을 때, 일축으로 배향된 필름은 스트레치 전반에 걸쳐 $MDDR = (TDDR)^{-1/2}$ 인 것이

다. 일축 특징도 U의 유용한 척도는 다음과 같이 정의될 있다:

[0103]

$$U = \frac{\frac{1}{\text{MDDR}} - 1}{\text{TDDR}^{1/2} - 1}$$

[0104]

완벽한 일축 스트레치의 경우, U는 스트레치 전반에 걸쳐 1이다. U가 1 미만일 때, 스트레칭 조건은 "일축이하(subuniaxial)"로 간주된다. U가 1보다 클 때, 스트레칭 조건은 "일축초과(super-uniaxial)"으로 간주된다. 종래의 폭출기에서, 중합체 필름(12)는 도 2에 예시된 바와 같이, 연부(16)를 따라 직선으로 스트레칭되어 필름의 구역(18)을 스트레칭된 구역(20)으로 스트레칭시킨다. 이러한 예에서, 발산각은 상대적으로 작고(예를 들면, 약 3° 이하), MDDR은 대략 1이고 U는 대략 0이다. 필름(12)가 이축으로 스트레칭되어 MDDR이 1보다 클 경우, U는 음으로 된다. 몇몇 실시태양에서, U는 1보다 큰 값을 가질 수 있다. 1보다 큰 U의 상태는 다양한 수준의 과-완화(over-relaxing)을 나타낸다. 이들 과-완화 상태가 경계 연부로부터 MD 압축을 생성시킨다. MD 압축 수준이 기하형태 및 물질 강성에 충분할 경우, 필름은 굽어지거나 또는 주름잡히게 된다.

[0105]

예상된 바와 같이, U는 하기 식에 따라 밀도 변화에 대하여 보정하여 U_f 를 제공할 수 있다:

$$U_f = \frac{\frac{1}{\text{MDDR}} - 1}{\left(\frac{\text{TDDR}}{\rho_f}\right)^{1/2} - 1}$$

[0106]

[0107]

바람직하게는, 필름을 도 10에 나타난 바와 같이 평면내에서(즉, 경계 궤도 및 트랙이 동일평면임) 스트레칭하지만, 비-동일평면 스트레칭 궤도들도 또한 허용가능하다. 평면내 경계 궤도의 디자인은 평면내 구속이 변수의 수를 감소시키기 때문에 단순화된다. 완벽한 일축 배향에 대한 결과는 평면내 MD 중심선으로부터 멀어지게 발산되는 한 쌍의 거울 대칭성 평면내 포물선 궤도들이다. 포물선은 TD를 "x" 방향으로 및 MD를 "y" 방향으로 처음 정의함으로써 그려질 수 있다. 대향하는 경계를 정하는 포물선들을 y 좌표 축으로 취할 수 있다. 좌표 원점은 1차 스트레칭 구역(66)의 시작점으로 선택될 수 있으며, 포물선 궤도 사이의 중앙 트레이스의 초기 중심점과 일치한다. 왼쪽 및 오른쪽 경계를 정하는 포물선을 각각 마이너스 및 플러스 x_0 에서 시작하도록($y=0$) 선택하였다. 본 발명의 이러한 실시태양을 구체화하는, 양의 y 값에 대하여 오른쪽 경계를 정하는 포물선 궤도는 다음과 같다:

[0108]

$$x/x_0 = (1/4)(y/x_0)^2 + 1$$

[0109]

왼쪽 경계를 정하는 포물선 궤도는 상기 등식의 좌변에 -1을 곱하여 얻는다. 하기 논의에서, 오른쪽 경계를 정한 궤도를 결정하기 위한 방법 및 설명이 제공된다. 그런 다음 왼쪽 경계를 정한 궤도는 필름의 중심선에 대하여 오른쪽 경계를 정한 궤도의 거울 상을 취함으로써 얻을 수 있다.

[0110]

일축이하 스트레치의 경우, 실제 일축성 특징의 최종 정도를 사용하여 하기 등식에 의해 y(MD) 및 z(ND) 방향 사이의 굴절을 일치도를 추정할 수 있다:

[0111]

$$\Delta n_{yz} = \Delta n_{yz}(U=0) \times (1 - U)$$

[0112]

상기 식 중, Δn_{yz} 은 값 U에 대한 MD 방향(즉, y-방향) 및 ND 방향(즉, z-방향)에서의 굴절률 차이이고, $\Delta n_{yz}(U=0)$ 은 MDDR을 스트레치 전반에 걸쳐 1로 고정된 것을 제외하고는 동일하게 스트레칭된 필름에서의 굴절률 차이이다. 이러한 관계는 다양한 광학 필름에 사용된 폴리에스테르 계(PEN, PET, 및 PEN 또는 PET의 공중합체 포함)에 대하여 합리적으로 예측할 수 있는 것으로 밝혀졌다. 이들 폴리에스테르 계에서, $\Delta n_{yz}(U=0)$ 은 전형적으로 2개의 평면내 방향 MD(y-축) 및 TD(x-축) 사이의 굴절률 차이를 말하는 차 $\Delta n_{xy}(U=0)$ 의 대략 절반 또는 그 이상이다. $\Delta n_{xy}(U=0)$ 에 대한 대표적인 값들은 633 nm에서 약 0.26까지의 범위이다. $\Delta n_{yz}(U=0)$ 에 대한 대표적인 값들은 633 nm에서 약 0.15까지의 범위이다. 예를 들면, 90/10 coPEN, 즉 약 90% PEN-유사 반복 단위 및 10% PET-유사 반복 단위를 포함하는 코폴리에스테르는 고신장에서 633 nm에서 약 0.14의 대표적인 값을 갖는다. 633 nm에서 0.02, 0.02 및 0.003의 Δn_{yz} 의 대응하는 값들을 갖는 실제 필름 연신비에 의해 측정하였을 때 0.75, 0.88 및 0.97의 U 값을 갖는 이러한 90/10 coPEN을 포함하는 필름을 본원에서 설명된 방법에 따라 제

조하였다.

- [0113] 동일평면 포물선 궤도는 이상적인 조건 하에서 일축 배향을 제공할 수 있다. 그러나, 예를 들면 중합체 필름의 균일하지 않은 두께, 스트레칭 동안 중합체 필름의 균일하지 않은 가열, 및 예를 들면 장치의 다운웍 구역으로부터의 추가적인 인장(예를 들면, 기계 방향 인장)의 인가를 포함하는 다른 요인들이 일축 배향을 달성할 수 있는 능력에 영향을 미칠 수 있다. 또한, 많은 경우에, 완벽한 일축 배향을 달성하는 것이 필수적이지 않다. 대신에, 스트레치 전반에 걸쳐 또는 스트레치의 특정 부분 동안에 유지되는 최소 또는 역가 U 값 또는 평균 U 값이 정의될 수 있다. 예를 들면, 허용가능한 최소/역가 또는 평균 U값은 경우에 따라, 또는 특정 용도에 필요할 때, 0.2, 0.5, 0.7, 0.75, 0.8, 0.85, 0.9, 또는 0.95일 수 있다. 일반적으로, 0을 초과하는 임의의 최소/역가 또는 평균 U값이 적합하다.
- [0114] 허용가능한 거의 일축 용도의 예로서, 액정 디스플레이 분야에 사용된 반사 편광기의 경사각(off-angle) 특성은 TD가 주 스트레치 방향일 때 MD 및 ND 굴절율의 차이에 의해 강하게 영향을 받는다. MD 및 ND 굴절율의 차이가 0.08이면 일부 용도에서 허용가능하다. 0.04의 차이가 나머지에서 허용가능하다. 보다 엄격한 용도에서는, 0.02 이하의 차이가 바람직하다. 예를 들면, 많은 경우에, 0.85의 일축 특징도가 폴리메틸렌 나프탈레이트(PEN) 또는 PEN의 공중합체를 함유하는 폴리에스테르 계에서 단일방향 형으로 스트레칭된 필름에 대하여 633 nm에서 0.02 이하의 MD 및 ND 방향 사이의 굴절율 차이를 제공하기에 충분하다. 폴리메틸렌 테레프탈레이트(PE T)와 같은 일부 폴리에스테르 계의 경우, 0.80 또는 심지어 0.75의 보다 낮은 U 값이 비-실질적으로 일축으로 스트레칭된 필름에서의 보다 낮은 고유 굴절율 차이 때문에 허용될 수 있다.
- [0115] 본 발명의 방법에 의해 제조된 배향된 광학 필름은 반사 편광기, 예를 들면 다층 반사 편광기 및 확산 반사 편광기를 포함한다. 후자에 대한 설명은 본원에서 참고문헌으로 인용되는, 공동 소유 미국 임시 출원 일련번호 제60/668,944호(2005년 4월 6일 출원) 및 미국 출원 일련번호 제_____호(____에 출원)(둘 모두, 발명의 명칭이 "Diffuse Reflective Polarizing Films with Orientable Polymer Blends"임) 및 미국 특허 제5,825,543호, 제6,057,961호, 제6,590,705호, 및 제6,057,961호에서 찾아볼 수 있다. 상기 확산 반사 편광기는 제1 열가소성 중합체로 된 연속상 및 제2 열가소성 중합체로 된 불연속 또는 분산상을 포함한다. 제1 및 제2 중합체 중 하나 또는 둘 모두 복굴절성 물질일 수 있다. 한 실시태양에서, 확산 반사 편광기는 하나 초과인 연속상 및(또는) 하나 초과인 분산상을 포함한다.
- [0116] 다른 실시태양에서, 본 발명의 방법에 의해 제조된 배향된 광학 필름은 보상기 및 지연체를 포함한다. 예시적인 실시태양은 광학 소자의 x-y 평면 내에 그의 주 광학 축을 갖는, 예를 들면 플레이트 또는 필름과 같은 복굴절성 광학 소자인 "a-플레이트"이다. 양성 복굴절성 a-플레이트는 예를 들면 중합체, 예를 들면 폴리비닐 알콜로 된 일축으로 스트레칭된 필름 또는 네마틱 양성 광학 비등방성 액정 중합체(LCP) 물질로 된 일축으로 정렬된 필름을 사용하여 제작될 수 있다. 음성 복굴절성 a-플레이트는 예를 들면 디스코틱(discotic) 화합물을 포함하는 음성 광학 비등방성 네마틱 LCP 물질로 된 일축으로 정렬된 필름을 사용하여 제조될 수 있다.
- [0117] 대략 동등한 점도를 갖는 고 중합체들로 된 2원 블렌드에 대한 체적 비율이 약 40%보다 더 크고 50%에 접근할 때, 각 상이 공간적으로 연속적으로 되기 때문에 분산상 및 연속상들 사이의 구별이 어렵게 된다. 선택 물질에 따라, 제1 상이 제1 상 내에 분산되어 있는 것으로 보이는 또는 그 반대의 경우인 구역들도 또한 있을 수 있다. 각종의 다양한 동시-연속 형태 및 이들의 평가, 분석 및 특성화에 대한 설명을 위해서는, Sperling의 문헌 및 그 안에 인용된 참고문헌들(L. H. Sperling, "Microphase Structure," Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, 2nd Ed., Vol. 9, 760-788, and L. H. Sperling, Chapter 1, "Interpenetrating Polymer Networks: An Overview," Interpenetrating Polymer Networks, edited by D. Klemperer, L. H. Sperling, and L. A. Utracki, Advances in Chemistry Series #239, 3-38, 1994)을 참고할 수 있다.
- [0118] 특징에 있어 거의 또는 실질적으로 일축성인 허용가능한 포물선 궤도의 한 집합은 하기 방법에 의해 결정될 수 있다. 이 설명된 방법은 "오른쪽" 경계 궤도를 직접적으로 구하고, "왼쪽" 경계 궤도는 거울상으로서 얻는다. 우선, 대향하는 경계 궤도들 사이에서 측정된 TDDR과 선택된 범위의 TDDR에 대하여 이들 경계 궤도의 비-음성 발산각의 코사인으로서 정의된 MDDR 사이의 순간 함수 관계를 정의함으로써 조건을 설정한다.
- [0119] 다음으로, 문제의 기하형태를 포물선 궤도에 대한 논의에서 설명된 바와 같이 정의한다. x_1 은 경계 궤도들 사이의 초기 절반 거리로 정의되고, 비 (x/x_1)은 순간 TDDR로 명명된다(여기서, x 는 경계 궤도 상의 한 지점의 현재 x 위치이다). 이어서, TDDR과 MDDR 사이의 순간 함수 관계를 TDDR과 발산각 사이의 관계로 전환시킨다. 특정 U 값을 선택하였을 때, 상기 등식은 MDDR과 TDDR 사이의 특이적 관계를 제공하고, 이것은 이어서 U가 1에 접근

할 때의 제한되는 경우로서 포물선 궤도들 또한 포함하는 보다 넓은 경계 궤도 군을 명시하기 위한 연산에 사용될 수 있다. 이어서, 경계 궤도가 하기 미분 방정식을 충족시키도록 제한된다:

[0120]
$$d(x/x_1) / d(y/x_1) = \tan(\theta)$$

[0121] 상기 식 중, $\tan(\theta)$ 는 발산각 θ 의 탄젠트이고, y 는 주어진 x 좌표에 해당하는 오른쪽 경계 궤도 상의 대향하는 점의 현재 위치의 y 좌표이다. 이어서, 예를 들면 1로부터 최대 원하는 값까지 TDDR의 히스토리를 따라 $1/\tan(\theta)$ 를 적분함으로써, 미분 방정식을 풀어 오른쪽 경계 궤도의 완전한 좌표 집합 $\{(x, y)\}$ 를 분석적으로, 또는 수치적으로 얻을 수 있다.

[0122] 허용가능한 궤도의 다른 예로서, 포물선 궤도가 보다 작거나 또는 보다 큰 초기 유효 웹 TD 길이와 함께 사용되는 평면내 궤도들의 군이 설명될 수 있다. x_1 이 1차 스트레칭 구역(66)에 대한 입구에서 2개의 대향하는 경계 궤도들 사이의 이격 거리의 절반인 경우(즉, 대향하는 경계 궤도들 사이의 초기 절반 거리인 초기 필름 TD 치수 - 그립퍼에 의해 보유된 가장자리), 이러한 군의 궤도들은 하기 등식으로 설명된다:

[0123]
$$\pm(x)/(x_1) = (1/4)(x_1/x_0)(y/x_1)^2 + 1$$

[0124] 상기 식 중, x_1/x_0 은 등급매긴 입구 이격으로 정의된다. x_0 의 양은 상기 등식이 완벽하게 일축 스트레치를 제공한 포물선 트랙을 설명한 경우에 요구된 2개의 대향하는 트랙들 사이의 이격 거리의 절반에 대응한다. 등급매긴 입구 이격, x_1/x_0 은 일축 조건으로부터 궤도의 이탈에 대한 지표이다. 한 실시태양에서, 1차 스트레칭 대역에서 2개의 대향하는 트랙들 사이의 거리는 상기한 바와 같이 조정가능하여, 1과 다른 U 및 F(하기됨)의 값들을 제공하도록 궤도를 조작할 수 있다. 예를 들면 트랙 형태 제어 유닛을 사용하여 궤도의 형태를 조작하거나 또는 원하는 궤도를 갖는 고정된 형태를 선택하는 것을 포함하여, 이들 궤도를 형성하는 다른 방법도 또한 사용될 수 있다.

[0125] 일축초과 스트레치의 경우, 과공급의 개념을 사용하여 주름형성에 대한 심각성을 정량화할 수 있다. 과공급 F는 일축 MDDR($(TDDR)^{-1/2}$ 과 같음)을 실제 MDDR로 나눈 것으로 정의될 수 있다. 실제 MDDR이 일축 MDDR보다 작을 경우, 과공급 F는 1 미만이고, MDDR이 덜 완화되어(under-relaxed) 1 미만의 U를 초래한다. F가 1보다 큰 경우, 스트레치는 일축초과이고 MDDR은 일축 경우에 비하여 초과 완화되었다(over-relaxed). 얇은 순응성 필름의 경우 압축성 뒤틀림 역가가 전형적으로 낮기 때문에 추가적인 느슨함의 적어도 일부는 주름으로 수용될 수 있다. F가 1보다 클 때, 과공급은 적어도 대략적으로는 MD를 따른 주름들 내의 실제 필름 윤곽 길이 대 평면내 윤곽 길이 또는 공간의 비와 일치한다.

[0126] 일정한 밀도의 경우의 TDDR 및 MDDR 사이의 관계 때문에, F는 다음과 같이 나타낼 수 있다:

[0127]
$$F = 1 / (MDDR \times TDDR^{1/2})$$

[0128] 전형적으로, F는 디자인 목적과는 독립적인 밀도로서 간주된다. 공정 중의 어느 시점의 큰 F값은 필름 위로 접혀져서 필름의 다른 부분에 들러붙을 수 있는 큰 주름을 야기할 수 있고, 이에 의해 결함을 불러일으킨다. 적어도 일부 실시태양에서, 과공급 F는 심각한 주름형성 또는 접힘을 피하거나 또는 감소시키기 위하여 스트레칭 동안에 2 이하로 유지된다. 일부 실시태양에서, 과공급은 스트레칭 과정 전반에 걸쳐 1.5 이하이다. 일부 필름의 경우, F의 최대 값은 1.2 또는 스트레칭 전반에 걸쳐 심지어 1.1이 허용된다.

[0129] 적어도 일부 실시태양의 경우, 구체적으로 전체 스트레치에 걸쳐 $U > 1$ 인 실시태양의 경우, 과공급에 대한 정의의 재배열은 현재 TDDR이 주어졌을 때 최소 MDDR 상의 상대적 결함을 제공한다:

[0130]
$$MDDR > 1 / (F_{max} \times TDDR^{1/2})$$

[0131] 상기 식 중, F_{max} 는 1보다 큰 임의의 바람직한 수준으로 선택될 수 있다. 예를 들면, F는 상기한 바와 같이, 2, 1.5, 1.2, 또는 1.1이도록 선택될 수 있다.

[0132] 과공급이 1 미만일 때, 진정한 일축 스트레치에 대해 요망되는 것보다 효과적으로 더 많은 MD를 따른 평면내 공간이 있고, MDDR은 덜 완화되어 MD 인장을 야기한다. 결과는 1 미만의 U값일 수 있다. U, F, MDDR 및 TDDR 사이의 관계를 사용할 때, TDDR에 따라 변화하는 U와 F 사이의 대응하는 상관관계가 있다. 2의 임계 연신비에서, 최소 U 값은 약 0.9의 최대 과공급에 대응한다. 전체 스트레치에 대하여 $U > 1$ 인 경계 궤도를 포함하는 적어도

일부 경계 궤도의 경우, MDDR은 최종 스트레치 부분 동안 특정 수준 이하로, 예를 들면 다음과 같이 유지하도록 선택될 수 있다:

[0133] $MDDR < 1 / (F_{min} \times TDDR^{1/2})$

[0134] 상기 식 중, F_{min} 은 2의 연신비 후 스트레치의 최종 부분에 대하여 0.9 이상이다.

[0135] 한 예로서, 스트레치 전반에 걸쳐 $MDDR < (TDDR)^{-1/2}$ (즉, $U > 1$), F_{max} 는 2, 및 필름을 4의 TDDR로 스트레칭한 궤도가 사용될 수 있다. 궤도들이 동일평면상이라면, 필름을 2.4 이상 및 종종 5.3 이상의 TDDR로 스트레칭한다. F_{max} 가 1.5라면, 필름을 6.8 이상의 TDDR로 스트레칭한다. 궤도들이 동일평면상이라면, 필름을 2.1 이상 및 종종 4.7 이상의 TDDR로 스트레칭한다. F_{max} 가 1.2라면, 필름을 1.8 이상 및 종종 4.0 이상의 TDDR로 동일평면상 궤도들을 사용하여 스트레칭한다. 동일평면이거나 또는 동일평면이 아닌 경계 궤도들의 경우, F에 대한 제한이 없다면 필름을 4보다 큰 및 종종 6.8 이상의 TDDR로 스트레칭한다. 다른 예로서, 스트레치 전반에 걸쳐 $(F_{min})(MDDR) < (TDDR)^{-1/2}$ 이고, F_{max} 가 2이고, F_{min} 이 0.9이고, 및 필름을 4.6 이상 및 종종 6.8 이상인 TDDR로 스트레칭한 동일평면 궤도들이 사용될 수 있다. F_{max} 가 1.5라면, 필름을 4.6 이상 및 종종 6.8 이상의 TDDR로 스트레칭한다. F_{max} 가 1.2라면, 필름을 3.7 이상 및 종종 5.4 이상의 TDDR로 스트레칭한다. F에 대한 제한이 없다면 필름을 8.4 이상의 TDDR로 스트레칭한다. 스트레치 전반에 걸쳐 $(F_{min})(MDDR) < (TDDR)^{-1/2}$ 이고, F_{max} 가 1.5이고, F_{min} 이 0.9이고, 및 필름을 6.8 이상의 TDDR로 스트레칭한 경계 궤도가 또한 사용될 수 있다.

[0136] 다른 유용한 궤도들이 F_{max} 를 사용하여 정의될 수 있다. 유용한 궤도들은 TDDR이 5 이상이고, 2.5의 TDDR을 달성한 후 스트레치의 최종 부분 상에서 U가 0.85 이상이고, 및 스트레칭 동안 F_{max} 가 2인 동일평면 궤도들을 포함한다. 유용한 궤도들은 또한 TDDR이 6 이상이고, 2.5의 TDDR을 달성한 후 스트레치의 최종 부분 상에서 U가 0.7 이상이고, 및 스트레칭 동안 F_{max} 가 2인 동일평면 궤도들을 포함한다.

[0137] 또 다른 유용한 동일평면 궤도는 TDDR이 임계 값 TDDR'보다 큰 스트레치의 최종 부분 동안에 $MDDR < TDDR^{-1/2} < (F_{max})(MDDR)$ 인 것들을 포함한다. 다음은 일부 예시적인 실시태양의 궤도를 위해 달성되어야 하는 최소 연신비를 제공한다. TDDR'이 2 이하일 때, $F_{max} = 2$ 의 경우, 최소 연신은 3.5이고; $F_{max} = 1.5$ 의 경우, 최소 연신은 3.2이고; 및 $F_{max} = 2$ 의 경우, 최소 연신은 2.7이다. TDDR'이 4 이하일 때, $F_{max} = 2$ 의 경우, 최소 연신은 5.8이고; $F_{max} = 1.5$ 의 경우, 최소 연신은 5.3이고; 및 $F_{max} = 1.2$ 의 경우, 최소 연신은 4.8이다. TDDR'이 5 이하일 때, $F_{max} = 2$ 의 경우, 최소 연신은 7이고; $F_{max} = 1.5$ 의 경우, 최소 연신은 6.4이고; 및 $F_{max} = 1.2$ 의 경우, 최소 연신은 5.8이다.

[0138] 일반적으로, 곡선 및 직선 트랙을 사용하여, 과공급이 스트레칭 전반에 걸쳐 그의 결과 얻어지는 성질들과 함께 바람직한 수준의 진정한 일축 특징이 허용되도록 임계 최소 수준 이상으로 유지하면서 접힘 결함을 막도록 임계 최대 수준 이하로 유지되도록 다양한 허용가능한 궤도들이 구성될 수 있다.

[0139] 각종의 다양한 일축미만 및 일축초과 궤도들이 포물선 형태를 사용하여 형성될 수 있다. 도 19는 임계 TDDR 후 최소 U에 대한 상이한 수준의 예를 예시하고 최종 바람직한 TDDR까지 상이한 최대 과공급을 보여준다. 곡선은 트랙의 초기 이격 거리의 절반인 x_1 에 의해 기준화된 x 및 y 좌표에 의해 나타내어진다. 그러므로, 기준화된 x 좌표, 양 (x/x_1) 은 TDDR과 같다. 곡선(120)은 x_1/x_0 의 값이 1.0인 이상적인 경우이다. 곡선(122)는 U가 2.5의 연신비 이상에서 0.70보다 크게 유지되는 x_1/x_0 의 값이 0.653인 포물선형 경우이다. 곡선(124)는 U가 2.5의 연신비 이상에서 0.85 이상으로 유지되는 x_1/x_0 의 값이 0.822인 포물선형 경우이다.

[0140] 곡선 (126, 128 및 130)은 다양한 수준의 과공급을 예시한다. 과공급 TDDR 및 기준화된 입구 폭은 다음 식의 관계를 갖는다:

[0141] $x_1/x_0 = (F^2 (TDDR) - 1) / (TDDR - 1)$

[0142] 본원에 기재된 포물선 궤도에서는 과공급이 TDDR 증가에 따라 증가하는 것을 직접적으로 따른다. 곡선(126)은

과공급이 6.5의 최종 연신비까지 1.2 이하로 유지되는 x_1/x_0 의 값이 1.52인 포물선형 경우이다. 곡선(128)은 과공급이 6.5의 최종 연신비까지 1.5 이하로 유지되는 x_1/x_0 의 값이 2.477인 포물선형 경우이다. 곡선(130)은 과공급이 6.5의 최종 연신비까지 2 이하로 유지되는 x_1/x_0 의 값이 4.545인 포물선형 경우이다. 과공급 수준은 이들 경우에는 최종 연신비의 함수이다. 예를 들면, 4.545보다는 단지 4.333인 x_1/x_0 의 값을 사용하면 과공급을 2 이하로 유지하면서 10의 최종 TDDR로 스트레칭가능하다.

[0143] 포물선 궤도의 경우, 다음과 같은 관계가 기준화된 입구 폭이 고정될 때 임의의 주어진 TDDR에서 MDDR의 직접적인 계산을 가능하게 한다:

[0144]
$$MDDR = (TDDR(x_1/x_0) + (1 - x_1/x_0))^{-1/2}$$

[0145] MDDR과 TDDR 사이의 관계가 y 위치에 대한 명확한 함수가 아님을 관찰할 수 있다. 이것은 수직으로 y/x_1 변위된 포물선 궤도 구간들을 포함하는 복합 혼성 곡선의 구성을 가능하게 한다. 도 20이 한 방법을 예시한다. 스트레치 초기 부분에 대해서는 곡선(132)의 포물선 궤도가 선택되고, 최종 부분에 대해서는 곡선(134)의 포물선 궤도가 선택된다. 초기 곡선(132)은 4.5의 연신비에서 2.0의 최대 과공급을 갖는 일축초과 스트레치를 제공하도록 선택되었다. 곡선(132)은 4.857의 기준화된 입구 폭을 갖는다. 최종 곡선(134)은 4.5의 연신비에서 0.9의 최소 U 를 갖는 일축미만 스트레치이도록 선택되었다. 곡선(134)은 0.868의 기준화된 입구 폭을 갖는다. 실제 트랙 및 레일 형태는 4.5의 TDDR까지 곡선(132)의 형태를 따른 다음, 곡선(134)의 수직으로 변위된 형태인 곡선(136) 상에 계속된다. 달리 말하면, 궤도는 다음 식

[0146]
$$\pm(x)/(x_1) = (1/4)(x_1/x_0)(y/x_1)^2 + 1$$

[0147] 에 해당하는 함수 형태를 갖는 트랙이 있는 초기 스트레칭 대역에 이어, 다음 식

[0148]
$$\pm(x)/(x_2) = (1/4)(x_2/x_0)((y-A)/x_2)^2 + 1$$

[0149] 에 해당하는 함수 형태를 갖는 트랙이 있는 후반 스트레칭 대역을 가질 수 있다. 상기 식에서, x_1 및 x_2 는 상이하고 A 는 궤도의 커플링을 허용하는 수직 변위에 해당한다. 임의의 수의 포물선형 단편들이 이러한 방식으로 합쳐질 수 있다.

[0150] 포물선형 궤도 및 그들의 복합 혼성물을 사용하여 관련 궤도의 구성을 안내할 수 있다. 한 실시태양은 궤도를 생성하는데 직선 단편들의 사용을 포함한다. 이들 직선 접근은 임계 연신비, TDDR*보다 큰 선택된 TDDR'에서 최대 과공급 및 최소 과공급(또는 최소 U)의 포물선 궤도들(또는 복합 혼성물)의 경계 내에서 구성될 수 있다. 예를 들면 1.5, 2 및 2.5의 변형-유도 결정화의 개시와 관계있거나, 또는 1.2 또는 심지어는 1.1의 보다 낮은 값을 갖는 탄성 변형 항복과 관련된 수 있는 TDDR*에 대한 값이 선택될 수 있다. TDDR*의 범위는 일반적으로 1.05 내지 3 사이이다. TDDR* 이하의 트랙 또는 레일 부분들은 최소 과공급 또는 U 에 대하여 어떤 구체적인 구속을 갖지 못할 수 있고, 구속하는 포물선 궤도의 경계 밖에 속할 수 있다.

[0151] 도 21에서, 곡선(138)은 여기서는 6.5의 값으로 예시된 선택된 연신비 TDDR'에서 최소 과공급의 구속하는 포물선 궤도이도록 선택된다. 예시의 목적으로, 최소 과공급 구속 포물선 궤도는 기준화된 입구 폭이 1인 이상적인 곡선으로 선택되었다. 과공급, TDDR 및 기준화된 입구 폭 사이의 관계를 사용하여, 곡선(140)은 6.5의 TDDR 값에서 F 의 최대 값이 2.0인 최대 과공급의 구속하는 포물선 궤도로서 확인되었다. 곡선(140)을 이제 수직으로 변위시켜, 2개의 구속하는 포물선 궤도들이 6.5의 선택된 TDDR'에서 만나도록 곡선(142)를 형성한다. 곡선(140 및 142)는 스트레칭 특징에 관하여 등가임을 알아차려야 한다. 곡선(142)은 y/x_1 의 나중의 공간 값이 2.489일 때까지 스트레치를 단지 지연시킨다. 선형 또는 비-포물선형 곡선 단편들의 접근은 TDDR* 이상에서 이들 구속하는 궤도들 사이에 놓이게 되는 경향이 있다.

[0152] TDDR이 증가함에 따라 증가하는 발산각을 갖는 포물선 궤도와는 달리, 직선 궤도는 고정된 발산각을 갖는다. 따라서 직선 단편을 따라 TDDR이 증가함에 따라 과공급이 감소된다. 선택된 TDDR에서 원하는 최소 과공급과 같은 발산각을 갖는 선을 선택함으로써 간단한 직선 접근이 구성될 수 있다. 선 단편은 과공급이 허용되는 최대치와 같을 때까지 TDDR에서 뒤쪽으로 외삽될 수 있다. 후속되는 선형 단편이 유사한 방식으로 시작된다. 필요한 만큼 또는 원하는 만큼 이 절차를 반복한다. 최대 과공급이 감소함에 따라, 접근에 필요한 단편의 수가 증

가한다.

[0153] TDDR이 TDDR* 아래로 떨어질 때, 최대 과공급에 대한 구속이 유지되는 한, 임의의 수의 방법들을 사용하여 트랙 또는 레일을 완성할 수 있다. 도 21에서, 곡선(144)는 2의 최대 과공급에 의해 구속된 선형 접근이다. 이러한 큰 최대 과공급 때문에, 이것은 단지 2개의 선형 구간을 포함한다. 최종 선형 단편은 6.5의 선택된 TDDR로부터 1.65의 보다 낮은 TDDR까지 줄곧 뒤쪽으로 연장된다. 이 경우, TDDR*은 2로 간주된다. 2의 TDDR 아래에서 U에 대한 구속없이, 트랙을 마무리하는 한 방법은 y/x_1 0 지점에서 1.65의 TDDR로부터 1의 TDDR까지 제2 선형 단편을 외삽하는 것이다. 이것은 TDDR* 이하에서 구속이 효과적이지 않기 때문에, 제2 단편이 보다 낮은 구속 포물선과 교차하도록 함에 주목해야 한다.

[0154] 도 21에서, 곡선(146)은 1.5의 최대 과공급에 대하여 보다 빠듯한 값을 사용한 결과이다. 여기서 최대 과공급의 구속하는 포물선 궤도는 나타나있지 않다. 3개의 선형 단편들이 필요하다. 제1 단편은 6.5의 TDDR로부터 2.9의 TDDR까지 뒤쪽으로 연장된다. 제2 단편은 발산각이 2.9의 이 TDDR 값에서 최소 과공급의 구속하는 포물선 궤도와 같다고 가정하고 1.3의 TDDR까지 뒤쪽으로 연장된다. 이 제2 단편은 TDDR* 아래에서 끝난다. 최종 단편은 곡선(144)에 사용된 것과 상이한 방법을 사용하여 곡선(146)에 대한 트랙 또는 레일 형태를 완성한다. 여기서는 마지막 단편에 이전 단편에서와 동일한 절차를 사용하여 보다 높은 y/x_1 값을 갖는 스트레칭 개시의 지연을 초래한다. 트랙을 완성하는 제3의 방법은 1의 초기 TDDR에서 과공급을 최대로 설정하는 것이다.

[0155] 본 발명의 요구조건들에 꼭 맞는 일반적인 비직선 및 비-포물선 궤도들이 구속하는 포물선 궤도들을 사용하여 구성될 수 있다. 최대 과공급 구속하는 포물선 궤도는 TDDR의 함수로서 최소 기울기, 즉 최대 발산각을 갖는 곡선이다. 최소 과공급 구속하는 포물선 궤도는 TDDR의 함수로서 최대 기울기, 즉 최소 발산각을 갖는 곡선이다. 일반적으로, 곡선들은 구속하는 경계들 사이에 놓이는 임의의 기울기 함수를 사용하여 선택된 TDDR'로부터 뒤쪽으로 외삽될 수 있다.

[0156] 이들 구속 사이에 놓이는 기울기에 대한 함수를 정의하기 위한 간단한 방법은 포락선 내에서 공지된 곡선들의 간단한 선형 조합을 취하는 것이다. 도 21의 곡선(148)은 이러한 간단한 방법을 예시한다. 이 실시예에서, 곡선(148)은 각각 0.7 및 0.3의 선형 웨이트를 갖는, 최대 과공급 구속하는 포물선 궤도, 곡선(142) 및 이에 대한 선형 접근, 곡선(144)의 선형 조합에 의해 형성된다. 일반적으로 간단한 선형 조합이 아닌 함수들도 또한 사용될 수 있다.

[0157] 본 발명의 다양한 비-포물선 궤도를 설명하기 위하여 상기한 방법을 트랙의 상이한 구간들 상에 적용할 수 있으며, 예를 들면 6.5까지의 TDDR에 대한 도 21의 예는 상이한 요구조건들을 갖는 6.5 이상의 TDDR에 대한 다른 구간들과, 따라서 그 보다 높은 범위의 TDDR에 대하여 상이한 최대 및 최소 구속하는 궤도들과 합쳐질 수 있다. 이 경우, 보다 낮은 스트레치를 갖는 이전의 구간의 TDDR'이 TDDR*의 역할을 한다. 일반적으로, TDDR'은 원하는 스트레칭 범위에 걸쳐 선택될 수 있다. 다양한 스트레칭 현상, 예를 들면 항복, 변형-유도 결정화, 네킹의 개시 또는 다른 스트레치 불균일성, 변형-경화의 개시를 책임지는데 또는 필름 내에 다양한 성질들의 개발을 책임지는데 다양한 구간들이 사용될 수 있다. 대표적인 파단점은 TDDR*에 대한 것들, 폴리에스테르에서의 변형-경화에 대하여 3 내지 7의 범위, 및 4 내지 10 또는 그 이상의 범위에서의 대표적인 최종 연신 값을 포함한다.

[0158] 본 발명에 대한 경계 궤도를 결정하기 위한 절차 및 선택된 TDDR'로부터 보다 낮은 TDDR로 뒤쪽으로 외삽하는 방법이 선택된 TDDR"로부터 보다 높은 TDDR까지 앞쪽으로 외삽하는 유사한 방법에 사용될 수 있다. 역시, 2개의 구속하는 궤도들이 형성되어 가장 낮은 선택된 TDDR"에서 연결된다. TDDR"에 대한 편리한 값은 1의 초기 TDDR이다. 이 방법에서, 최소 과공급 또는 U의 구속하는 궤도는 최대 과공급 곡선 위에 놓인다. 도 20은 혼성 곡선(136)이 최소 과공급 구속 곡선(134)와 최대 과공급 구속 곡선(132) 사이에 놓이는 이 방법의 한 예를 나타낸다.

[0159] 경계 궤도의 또 다른 군이 정의될 수 있으며, 일부 경우 잔류 주름을 억제하는데 유용할 수 있다. 전단 부재하의 일축 조건은 0의 주요 MD 응력을 제공하기 때문에, 유한 변형 분석을 사용하여, 주요 MD 응력이 이들 조건 하에서 실제로 약간 압축으로 될 것으로 기대된다. 유한 변형 분석 및 네오-후키언(Neo-Hookean) 탄성 고체 구성 식을 사용하여, 압축 응력을 예방하기 위한 적합한 기준은 임의로 하기 식에 의해 제공될 수 있음을 발견하였다:

$$((TDDR)(MDDR))^4 + ((TDDR)(MDDR))^2 - (TDDR)^2 - (MDDR)^2 - \sin^2(\theta)((TDDR)(MDDR))^2 = 0$$

- [0160]
- [0161] 상기 식 중 MDDR은 발산각의 코사인이다. 본 발명의 이러한 임의적인 방법이 이어서 경계 궤도의 이러한 균을 명시한다.
- [0162] 상기 나타낸 바와 같이, 필름을 평면밖 경계 궤도, 즉 단일 유클리드 평면 내에 놓이지 않는 경계 궤도를 사용하여 평면 밖으로 스트레칭될 수 있다. 본 발명의 이러한 바람직한 실시태양의 관련 요구조건들을 충족하는 셀 수 없는, 그러나 그럼에도 불구하고 특정의 경계 궤도가 있어서, 평면밖 경계 궤도를 사용하여 실질적으로 일축 스트레치 히스토리가 유지될 수 있다. 경계는 대칭적이어서 중심 면, 예를 들면 경계 궤도 사이의 초기 중심점, 초기 필름 이동 방향 및 스트레칭되지 않은 필름 표면에 수직인 초기를 포함하는 평면을 통해 거울 상을 형성할 수 있다. 이러한 실시태양에서, 필름은 유사한 초기 위치들로부터 동일한 속력으로 이들 경계 궤도를 따라 이동할 때 2개의 대향하는 경계 궤도들 사이에서 가장 짧은 거리를 갖는 직선 단편들의 집합에 의해 형성된, 즉 서로에 대해 및 초기 중심점에 대해 공동직선상인 원통형 공간 매니폴드를 따라 경계 궤도들 사이에서 스트레칭될 수 있다.
- [0163] 중심 면 상의 이러한 이상적인 매니폴드의 트레이스는 따라서 이상적인 스트레치를 위하여 필름 중심의 경로를 찾아낸다. 경계 궤도로부터 이러한 중심 면 상의 중심 트레이스까지의 이러한 매니폴드를 따른 거리 대 경계 궤도의 시작으로부터 초기 중심점까지의 원래 길이의 비는 경계 궤도에 걸쳐지는 필름을 가로지른 순간 공칭 TDDR, 즉 경계 궤도들 상의 현재 대향하는 지점들 사이의 거리의 절반 및 경계 궤도들 상의 초기 대향하는 지점들 사이의 거리의 절반의 비이다. 2개의 대향하는 지점들이 일정하고 동일한 속도로 대향하는 경계 궤도를 따라 이동하기 때문에, 대응하는 중심 트레이스 상의 중심점은 중심 트레이스의 호, 즉 곡선 MD를 따라 측정하였을 때 속도를 변화시킨다. 특히, 중심 트레이스는 중심 트레이스의 단위 탄젠트 상에 경계 궤도의 단위 탄젠트의 사영(projection)에 비례하여 변한다.
- [0164] 상기 설명된 궤도 군들은 예시적인 것으로 제한적인 것으로 간주되어서는 안된다. 많은 궤도 군들이 본 발명의 범위 내에 속하는 것으로 간주된다. 상기 나타낸 바와 같이, 1차 스트레칭 구역은 상이한 스트레칭 조건들을 갖는 하나 이상의 상이한 대역들을 함유할 수 있다. 예를 들면, 제1 군의 궤도들로부터의 한 궤도가 초기 스트레치 대역에 선택될 수 있고, 동일한 제1 군의 궤도들로부터의 다른 궤도 또는 상이한 군의 궤도들로부터의 다른 궤도가 후속되는 스트레칭 대역들 각각에 선택될 수 있다.
- [0165] 비록 본 발명의 예시적인 실시태양들이 0보다 큰 U의 최소 값을 포함하는 모든 경계 궤도들을 포함할 수 있지만, 본 발명의 대표적인 실시태양은 약 0.2, 약 0.5, 약 0.7, 보다 바람직하게는 대략 0.75, 더욱 더 바람직하게는 약 0.8 및 심지어 더욱 바람직하게는 약 0.85의 U의 최소값을 포함하는 모두 거의 또는 실질적으로 일축성인 경계 궤도를 포함한다. 최소 U 구속이 바람직하게는 약 2.5, 더욱 더 바람직하게는 약 2.0 및 보다 바람직하게는 약 1.5의 임계 TDDR에 의해 정의되는 스트레치의 최종 부분 상에 적용될 수 있다. 일부 실시태양에서, 임계 TDDR은 약 4 또는 5일 수 있다. 임계 TDDR 이상에서, 특정 물질, 예를 들면 배향가능한 및 복굴절성인 폴리에스테르를 포함하는 특정 모놀리식 및 다층 필름은 변형-유도 결정화와 같은 구조의 발달 때문에 그들의 탄성 또는 갑작스런 회복능을 잃기 시작할 수 있다. 임계 TDDR은 변형-유도 결정화의 개시에 대한 임계 TDDR과 같이 다양한 물질 및 공정(예를 들면, 온도 및 변형율) 특이적 사건과 일치할 수 있다. 이러한 임계 TDDR 위의 U의 최소 값은 최종 필름 내에 설정된 비-일축 특징의 양과 관계있을 수 있다.
- [0166] U가 스트레칭 기간 중반에 일축미만일 때 각종의 다양한 경계 궤도들이 이용가능하다. 특히, 유용한 경계 궤도는 TDDR이 5 이상이고, 2.5의 TDDR을 달성한 후의 스트레치 최종 부분 상에서는 U가 0.7 이상이고 스트레치 중반에는 U가 1 미만인 동일평면 궤도를 포함한다. 다른 유용한 궤도는 TDDR이 7 이상이고, 2.5의 TDDR을 달성한 후의 스트레치 최종 부분 상에서는 U가 0.7 이상이고 스트레치 중반에는 U가 1 미만인 동일평면 및 비-동일평면 궤도를 포함한다. 유용한 궤도는 또한 TDDR이 6.5 이상이고, 2.5의 TDDR을 달성한 후의 스트레치 최종 부분 상에서는 U가 0.8 이상이고 스트레치 중반에는 U가 1 미만인 동일평면 및 비-동일평면 궤도를 포함한다. 유용한 궤도는 TDDR이 6 이상이고, 2.5의 TDDR을 달성한 후의 스트레치 최종 부분 상에서는 U가 0.9 이상이고 스트레치 중반에는 U가 1 미만인 동일평면 및 비-동일평면 궤도를 포함한다.
- [0167] 유용한 궤도는 또한 TDDR이 7 이상이고, 2.5의 TDDR을 달성한 후의 스트레치 최종 부분 상에서는 U가 0.85 이상인 동일평면 및 비-동일평면 궤도를 포함한다.
- [0168] 일부 실시태양에서, 작은 수준의 MD 인장을 스트레칭 공정에 도입하여 주름형성을 억제한다. 비록 필수적이지

는 않지만 일반적으로, 이러한 MD 인장의 양은 U가 감소함에 따라 증가한다. 일부 실시태양에서, 스트레치가 진행됨에 따라 인장을 증가시키는 것이 유용하다. 예를 들면, 스트레치 초반에 보다 작은 값의 U는 보다 많은 비-일축 특징을 최종 필름 내로 설정하려는 경향을 가질 수 있다. 따라서 다양한 궤도 군들의 속성들을 복합 궤도로 합치는 것이 유리할 수 있다. 예를 들면, 일축 포물선 궤도가 스트레치의 초반 부분에 바람직할 수 있는 반면에, 스트레치의 후반 부분은 상이한 궤도 상에서 모일 수 있다. 다른 배열에서, U는 TDDR과 비-증가하는 함수로서 취할 수 있다. 또 다른 배열에서, 과공급 F는 예를 들면, 1.5, 2 또는 2.5의 임계 연신비 후에 TDDR과 비-증가하는 함수일 수 있다.

[0169] 일축 포물선 궤도는 필름의 균일한 공간적인 스트레칭을 가정한다. 필름의 양호한 공간 균일성은 초기의 스트레칭되지 않은 필름 또는 웹의 크로스웹 및 다운웹 칼리퍼(두께) 분포를 조심스럽게 제어함과 함께 스트레치의 시작시 및 스트레치 동안 온도 분포를 조심스럽게 제어함으로써, 많은 중합체 계를 사용하여 달성될 수 있다. 예를 들면, 초기에 필름을 가로지른 균일한 온도 분포 및 스트레치 동안 초기에 균일한 칼리퍼를 갖는 필름 상에서의 균일한 온도 분포면 대부분의 경우에 충분하다. 많은 중합체 계는 비균일성에 특히 민감하고, 칼리퍼 및 온도 균일성이 부적당할 경우, 불균일한 방식으로 스트레칭하게 된다.

[0170] 불균일 필름 스트레칭은 예를 들면 불균일 필름 두께 또는 다른 성질, 불균일 가열 등을 비롯한 각종의 다양한 이유로 일어날 수 있다. 이들 경우 중 다수에서, 그립핑 부재 부근의 필름 부분들은 중심 부근의 부분들에 비하여 더 빠르다. 이것은 최종 균일한 MDDR을 달성할 수 있는 능력을 제한할 수 있는 필름내 MD 인장을 생성시킨다. 이러한 문제점에 대한 한 보상은 보다 낮은 MDDR을 제공하기 위하여 포물선 또는 다른 일축 궤도를 변형하는 것이다. 달리 말하면, 스트레치의 모든 또는 일부분에 대해 $MDDR < (TDDR)^{-1/2}$ 이다.

[0171] 한 실시태양에서, 모든 스트레치에 대하여, 보다 큰 발산각에 해당하는, $MDDR < (TDDR)^{-1/2}$ 인 변형된 포물선 또는 다른 일축 궤도가 선택된다. 적어도 일부 실시태양에서, 이러한 조건은 1보다 작은 U 값이 용도에 허용가능하기 때문에 완화될 수 있다. 이러한 경우, $(0.9)MDDR < (TDDR)^{-1/2}$ 인 변형된 포물선 또는 다른 일축 궤도가 선택된다.

[0172] 다른 실시태양에서, TDDR이 적어도 0.5 또는 1 만큼 증가되는 초기 스트레칭 대역에 대하여 $MDDR < (TDDR)^{-1/2}$ 인 변형된 포물선 또는 다른 일축 궤도가 선택된다. 이어서 나머지 스트레치에 대하여 상이한 궤도가 유지된다. 예를 들면, 후반 스트레칭 대역(스트레칭 구역(34) 내)은 MDDR이 $(TDDR)^{-1/2}$ 과 동일하거나 또는 대략적으로 동일한($\pm 5\%$ 이내 및 바람직하게는 $\pm 3\%$ 이내), 포물선 또는 다른 일축 궤도를 갖게 된다. 한 예로서, 초기 스트레칭 대역은 최대 원하는 값까지의 TDDR 수준을 달성할 수 있다. 한 실시태양에서, 이러한 원하는 값은 대표적으로는 약 4 또는 5 이하이다. 후반 스트레칭 대역은 이어서 TDDR을 초기 스트레칭 대역의 바람직한 값으로부터(또는 사이에 긴 스트레칭 대역이 있을 경우 보다 높은 값으로부터) TDDR을 증가시킬 수 있다. 일반적으로, 후반 스트레칭 대역은 TDDR 값을 0.5 또는 1 이상 만큼 증가시키도록 선택된다.

[0173] 역시, 적어도 일부 경우, 1 미만의 U값이 그 용도에 허용가능하기 때문에 MDDR과 TDDR 관계는 완화될 수 있다. 이러한 경우, $(0.9)MDDR < (TDDR)^{-1/2}$ 인 초기 스트레칭 대역의 변형된 포물선 또는 다른 일축 궤도가 선택된다.

[0174] 본 발명의 열 경화 절차는 스트레칭 공정의 다양한 부분 동안에 수행될 수 있다. 한 실시태양에서, 즉 가열된 인취장치 대역에서, 필름(32)는 스트레칭 후에 열 경화될 수 있고 인취장치 시스템으로 넘길 수 있다. 다른 실시태양에서, 예를 들면 필름(32)를 재가열하는 별도의 오븐 기구에서, 필름(32)는 초기 급냉 및 필름(32)의 경화에 이어지는 온-라인 대역에서 열 경화될 수 있다. 또다른 실시태양에서, 예를 들면 스트레칭 장치(50)에 온-라인으로 연결되지 않은 별도의 오븐 기구에서, 필름(32)는 초기 공정 후 물로 권취된 후에 열 경화될 수 있다.

[0175] 열 경화 동안, 필름을 스트레칭하는데 사용된 연신비가 실질적으로 일축 배향을 유도하는데 사용된 연신비에 비하여 증가, 유지 또는 감소될 수 있다. 달리 말하면, 필름(32)는 추가로 스트레칭될 수 있거나 또는 예를 들면, 이들 단계들 중 임의의 곳에서 연부 그립핑 메카니즘에 의해 제공되는 바와 같이 끝을 안으로 향하게 하여(연신비의 감소) 스트레칭이 완화될 수 있다. 예를 들면, 인취장치는 끝을 안으로 향하게 할 수 있거나 또는 필름(32)가 클립 시스템에 그립핑되어 이에 의해 가변적인 폭 프로파일을 갖는 별도의 오븐 기구를 통과하게 이송될 수 있고, 예를 들면 끝을 안으로 향하게 하거나 또는 스트레치의 증가 후에 또한 아마도 후속되는 끝을 안으로 향하게 하는 것이 이어진다. 열 경화 절차는 예를 들면 대향하는 그립의 이격 프로파일에 의해 제어되거나 또는 수렴성 및 발산성 레일들로 된 시스템을 따라 연속적으로 또는 불연속적으로 그립핑되는 바와 같이 인

장이 증가, 감소 또는 증가하고 감소하는 연부 그립핑 프로파일을 사용하여, 인장 하에 및 필름을 연속적으로 그립핑한 채로 수행될 수 있다. 필름은 또한 연부에서 구속되지 않을 수 있다.

[0176] 열 경화는 또한 다른 필름 후-가공처리와 병용될 수도 있다. 예를 들면, 필름을 코팅하고 어느 정도의 열 경화 효과를 갖는 오븐 중에서 건조 또는 경화할 수 있다.

[0177] 도 22에 예시된 것과 같은 일부 실시태양에서, 인취장치 시스템(150)은 예를 들면 대향하는 세트의 벨트 또는 폭출기 클립과 같은 그립핑 부재와 함께 트랙(150, 152)과 같은 임의의 필름 이송 구조물을 사용할 수 있다. 각을 이루는(적합한 인취장치 시스템(150)의 다른 실시태양에서 사용될 수 있는 평행한 트랙들(156, 158)과 비교하여) 트랙(152, 154)를 사용하여 TD 수축 제어가 달성될 수 있다. 예를 들면, 인취장치 시스템(150)의 트랙(152, 154)는 냉각과 함께 피름(32)의 TD 수축이 가능하도록 느리게 수렴성 경로(한 실시태양에서, 약 5° 이하의 각 θ 를 만들어)를 따라 적어도 후 상태조정 구역(70)의 일부분을 통과하도록 위치할 수 있다. 이러한 구성 형태에서 트랙(152, 154)는 TD 수축이 제어될 수 있도록 하여 수축에서의 균일성을 증가시킨다. 다른 실시태양에서, 2개의 대향하는 트랙(152, 154)가 전형적으로 약 3° 이하의 각으로 발산성일 수 있지만, 일부 실시태양에서는 보다 넓은 각들이 사용될 수 있다. 이것은 예를 들면 필름(32) 전반에 걸쳐 주요 축들의 굴절율의 변동과 같은 성질 불균일성을 감소시키기 위하여 1차 스트레칭 구역(66)에서 필름(32)의 MD 인장을 증가시키는데 유용할 수 있다.

[0178] 일부 실시태양에서, 인취장치 시스템(150)의 위치는 도 23에 예시되는 바와 같이, 스트레칭 장치(50)을 따라 인취장치 시스템(150)이 필름(32)을 붙잡는 위치를 변화시키도록 조절가능할 수 있다. 이러한 조절가능성은 필름(32)이 겪는 스트레칭의 양을 제어할 수 있는 한 방법을 제공한다. 스트레치 초반에 인취장치 시스템의 트랙(156', 158')에 의해 수용되는(도 23에서 점선으로 나타낸) 필름(32)은 일반적으로 스트레치 후반에 위치하는 인취장치 시스템(150)의 트랙(156, 158)에 의해 수용되는(도 23에서 실선으로 나타낸) 필름보다 더 작은 TDDR을 갖게 된다. 인취장치 시스템(150)은 또한 임의로 인취장치 시스템(150)의 대향하는 트랙들(152, 154, 156, 158) 사이의 거리의 조절이 가능하게 할 수 있다. 또한, 인취장치 시스템(150)은 또한 임의로 인취장치 시스템(150)의 길이의 조절이 가능하도록 구성될 수 있다.

[0179] 도 25에 예시된 가능한 인취장치 시스템(150)의 다른 예는 이격된 트랙들(152, 154, 156, 158)을 갖는 2개 이상의 상이한 구역들을 포함한다. 이들 구역들은 도 24에 예시된 바와 같이, 2개의 별도의 세트((152, 154) 및 (156, 158))의 대향하는 트랙들을 사용하여 형성될 수 있다. 도 24에 예시된 한 실시태양에서, 제1 구역은 TD 수축 제어를 제공하기 위해 수렴각으로 배치된 트랙(152, 154)을 포함할 수 있고, 제2 구역에서의 트랙(156, 158)은 평행할 수 있다. 다른 실시태양에서, 2개의 상이한 구역들의 대향하는 트랙들은 상기 설명된 바와 같이 TD 수축 제어를 제공하도록 2개의 상이한 수렴각으로 설정될 수 있거나 또는 제1 구역은 평행한 트랙들을 가질 수 있고, 제2 구역은 TD 수축 제어를 제공하도록 수렴각으로 배치된 트랙들을 갖는다. 다르게는, 또는 추가적으로, 2개의 상이한 트랙들은 주름을 제거하기 위하여 인장을 가하는 인취장치 구역으로부터 1차 스트레칭 구역(66)을 분리하기 위하여 2개의 상이한 인취장치 속력을 설정될 수 있다.

[0180] 도 24에 예시된 인취장치 시스템(150)의 한 실시태양에서, 트랙(156', 158')은 필름(32)을 수용하기 전에 대향하는 트랙(152, 154) 내에 네스팅된다. 필름(32)이 처음 대향하는 트랙(152, 154)에 의해 수용될 때, 트랙(156', 158')은 도 24에 예시된 위치(156, 158)로 이동한다. 다른 실시태양에서는, 대향하는 트랙들(152, 154, 156, 158)이 임의의 필름(32)이 없을 시에 도 24에 예시된 바와 같이 위치한다(즉, 네스팅되지 않는다). 인취장치 시스템의 다른 예가 도 25에 예시된다. 이 실시예에서는, 필름(32)이 1차 스트레칭 구역(66)의 트랙(54)을 통해 이송될 때 인취장치 시스템의 트랙(152, 154)이 필름(32)의 중심선에 대하여 각을 이룬다.

[0181] 2개의 대향하는 이송 메카니즘(152, 154)의 각은 동일, 예를 들면 각 β 일 수 있거나, 또는 각이 상이할 수 있으며 한 트랙(152)의 경우 $\beta + \epsilon$ 로 및 다른 트랙(154)의 경우 $\beta - \epsilon$ 로 기재될 수 있다. 전형적으로, β 는 약 1° 이상이고 약 5°, 10° 또는 20° 또는 그 이상의 각일 수 있다. 각 ϵ 는 예를 들면 TD 수축 제어를 제공하기 위하여 상기한 수렴 또는 발산 각에 해당한다. 일부 실시태양에서는, 1차 스트레칭 구역(66)의 트랙(54)이 또한 각 ϕ 로 배치될 수 있고, 트랙(152, 154)는 도 25에 예시된 바와 같이 $\phi + \beta + \epsilon$ 및 $\phi + \beta - \epsilon$ 의 각을 갖는다. 각을 이룬 인취장치 시스템(150), 1차 스트레칭 구역(66) 또는 이 둘 모두는 굴절율 축 또는 인텔 축과 같은 필름(32)의 한 성질의 주요 축 또는 축들이 필름(32)에 대하여 각을 이루고 있는 필름(32)을 제공하는데 유용할 수 있다. 일부 실시태양에서, 인취장치 시스템(150)이 1차 스트레칭 대역(66)에 대하여 만드는 각은 컴퓨터-제어되는 구동기 또는 다른 제어 메카니즘 또는 둘 모두를 사용하여 기계적으로 또는 손으로 조절가능하다.

[0182] 각을 이룬 인취장치 시스템(150)을 사용하는 일부 실시태양에서, 2개의 대향하는 트랙(152, 154)는 도 25에 예

시된 바와 같이, 동일하거나 또는 실질적으로 유사한 TDDR(여기서 점선(160)이 동일한 TDDR을 갖는 필름(32)를 나타냄)을 갖는 필름(32)를 수용하도록 위치한다. 다른 실시태양에서, 2개의 대향하는 트랙(152, 154)는 도 26에 예시된 바와 같이, TDDR이 2개의 대향하는 트랙들(152, 154)에 대하여 상이하도록(도 26의 점선(160)은 동일한 TDDR을 갖는 필름(32)를 나타냄) 필름(32)를 수용하게 위치한다. 이러한 후자의 구성형태는 필름(32)의 TD치수 상에서 변하는 성질을 갖는 필름(32)를 제공할 수 있다.

[0183] 다시 도 10을 살펴보면, 연속 그립핑 메카니즘으로부터 가장자리의 해방이 연속적으로 수행될 수 있지만, 그러나 별도의 그립핑 메카니즘, 예를 들면 폭출기 클립으로부터의 해방은 바람직하게는 임의의 주어진 클립 하의 모든 물질들이 한번에 해방되도록 수행되어야 한다. 별도의 해방 메카니즘들이 상류 웹 스트레칭에 의해 느낄 수 있는 응력의 보다 큰 동요를 야기할 수 있다. 인취장치 기구를 격리시키는 작업을 돕기 위하여, 한 실시태양에서는 예를 들면 가열된 스트레칭된 필름의 중앙부로부터 가장자리(76)의 "고온" 슬릿팅과 같이, 기구 내에서 연속적인 가장자리 분리 메카니즘을 사용하는 것이 바람직하다.

[0184] 한 실시태양에서, 슬릿팅 위치(78)은 바람직하게는, 예를 들면 그 지점으로부터의 상류 응력 동요를 최소화 또는 감소시키기 위하여, 인취장치 시스템의 그립핑 부재에 의한 제1 유효 접촉의 격리 인취 점인 "그립라인(gripline)"에 충분히 가깝게 위치한다. 필름이 인취장치 시스템에 의해 그립핑되기 전에 필름이 슬릿팅되는 경우, 예를 들면 TD를 따른 필름의 "갑작스런 회복(snapback)"에 의해 불안정한 인취가 야기될 수 있다. 따라서 필름은 바람직하게는 그립라인에서 또는 하류에서 슬릿팅된다. 슬릿팅은 파열 공정이고, 이 때문에, 전형적으로는 공간 위칭 있어서 작지만 자연스런 변동을 갖는다. 따라서, 슬릿팅에서 있어서의 임의의 일시적인 변동이 그립라인의 상류에서 발생하는 것을 막기 위하여 그립라인의 약간 하류를 슬릿팅하는 것이 바람직할 수 있다. 필름이 그립라인으로부터 실질적으로 하류에서 슬릿팅되는 경우, 인취 및 경계 궤도 사이의 필름은 계속해서 TD를 따라 스트레칭하게 된다. 단지 필름의 이 부분만이 이제 스트레칭되기 때문에, 이것은 이제 경계 궤도에 비하여 증폭된 연신비로 스트레칭되어, 상류에 전파될 수 있는 추가의 응력 동요를 생성시켜, 예를 들면 바람직하지 못한 수준의 기계 방향 인장이 상류로 전파된다.

[0185] 슬릿팅은 바람직하게는 인취장치 시스템의 위치의 조절 또는 가변적인 최종 횡방향 연신 방향 비를 받아들이는데 필요한 인취장치 위치의 변화에 따라 변할 수 있도록 이동가능하고 재위치설정가능하다. 이러한 유형의 슬릿팅 시스템의 한 이점은 간단히 인취장치 슬릿팅 지점(78)을 이동시킴으로써 스트레치 프로파일을 유지하면서 연신비가 조절될 수 있다는 것이다.

[0186] 가열 면도기, 고온 와이어, 레이저, 강한 적외선(IR)이 집중된 비임 또는 열기의 집중 췌(jet)를 비롯하여 각종의 다양한 슬릿팅 기술이 사용될 수 있다. 가열된 공기 췌의 경우, 공기는 예를 들면 열 연화, 용융 또는 췌 하에서의 제어된 파열에 의한 필름 내 구멍으로 송풍되는 췌에서보다 충분히 더 고온일 수 있다. 다르게는, 가열된 췌는 여전히 발산성인 경계 궤도에 의해 부여되는 추가의 스트레칭을 충분히 국소화하여 계속되는 필름 연장의 작용을 통해 이 가열된 라인을 따라 하류에서 궁극적인 파열을 야기하도록 필름의 집중된 구간을 단지 연화시킬 수 있다. 집중된 췌 접근법은 일부 경우, 특히 표유(stray) 온도 흐름이 스트레칭 공정의 균일성을 동요시키지 않도록 제어된 방식으로, 예를 들면 진공 배기에 의해 배기 가스가 능동적으로 제거될 때 바람직할 수 있다. 예를 들면, 췌 노즐 주위에 동심원형 배기 고리가 사용될 수 있다. 다르게는, 예를 들면 필름의 다른 면 상에서, 췌 바로 아래에서의 배출이 사용될 수 있다. 배기는 스트레칭 대역으로 들어오는 상류 표유 흐름을 추가로 감소시키기 위하여 하류에서 추가로 차감 또는 보충될 수 있다.

[0187] 인취장치 시스템의 한 실시태양의 다른 속성은 유출 속력과 상용가능한 방식으로 필름이 제거될 수 있도록 속력 및(또는) MD 인장 제어하는 방법이다. 한 실시태양에서, 이러한 인취장치 시스템을 사용하여 필름의 잔류 주름을 편다. 한 예에서, 주름은 스트레칭된 필름의 최종 방출 부분의 유출 속력 이상으로 인취 속력을 일시적으로 증가시켜 시작 동안에 처음 퍼진다. 다른 예에서, 주름은 스트레치의 최종 부분에서 일축초과 스트레치가 일어나는 경우에서와 같이, 연속 작업 동안에 유출 필름 MD 속력 이상의 일정한 속력에 의해 퍼진다. 또 다른 예로, 인취 속력은 그립라인에서 경계 궤도를 따라 필름의 MD 속도 이상으로 설정된다. 이것은 또한 필름의 성질을 변경시키는데 사용될 수 있다. 이러한 과속력의 인취가 또한 U의 최종 값을 감소시킬 수도 있고; 일부 경우, 이것은 필름의 최종 사용 용도 면에서 고려되어야 한다.

[0188] 상기 설명된 MD 및 TD 수축 제어의 원리를 또한 도 2에 예시된 종래의 폭출기 구성형태를 비롯한 다른 스트레칭 장치에 적용할 수 있다. 도 27은 1차 스트레칭 구역(66)(예를 들면 도 2에 예시된 선형 발산성 트랙)으로부터의 트랙(54)가 후 상태조정 구역(70)의 일부분 내로 또는 이를 관통하여 이어지는 실시태양을 예시한다(도 10 참조). 이어서 필름은 임의로 경우에 따라, 격리된 인취 시스템(156, 158)에 의해 포착된다. 트랙(54)의 연속

을 사용하여 필름을 냉각시키고 필름의 수축을 가능하게 할 수 있다.

[0189] 일부 실시태양에서, 연속되는 트랙(162)가 서서히 수렴되는 경로(한 실시태양에서, 약 5° 이하의 각 θ 를 이룸)를 따라 후 상태조정 구역(70)의 적어도 일부분을 통과하여 냉각으로 필름의 TD 수축을 가능하게 한다. 이러한 배위의 트랙들은 수축에서의 균일성을 증가시키기 위하여 TD 수축의 제어를 가능하게 한다. 일부 실시태양에서, 트랙(164)는 보다 공격적으로 수렴되는 경로(일부 실시태양에서, 15° 이상, 및 전형적으로는 20° 내지 30° 범위의 각 ϕ 를 이룸)를 따라 후 상태조정 구역(70)의 적어도 일부분을 통과하여 냉각으로 필름의 MD 수축 제어를 제공한다. 도 27에 예시된 일부 실시태양에서, 후 상태조정 구역(70)은 서서히 수렴되는 트랙(162) 및 보다 공격적으로 수렴되는 트랙(164)를 모두 포함한다. 다른 실시태양에서는, 단지 한 세트의 트랙(162 또는 164)만이 사용된다.

[0190] 실질적으로 일축 스트레치 공정에 따라 제조된 필름의 일축 특징의 유용한 한 척도는 예를 들면 본원에서 참고 문헌으로 인용된 미국 특허 제6,939,499호에 기재된 "일축 특징도(extent of uniaxial character)"이다. 얻어지는 필름의 대략적인 일축 특징은 이 공정 측정에 의해 발견할 수 있다. 한 측정에서, 일축 특징도는 스트레칭 동안 기구의 그립핑 연부에서 경계 궤도에 의해 설정될 때, 인취장치 시스템의 조건에 의해 추가로 변형될 때, 공정 연신비로부터 유도된다. 일축 특징도의 다른 측정에서, 예를 들면 공지된 크기를 갖는 격자 패턴을 갖는 초기 유입 주조 웹 또는 필름의 물리적 표시 및 최종 필름 형성 후의 재측정에 의해 필름의 실제 연신비, 예를 들면 인자 ρ_f 가 직접 측정될 수 있다.

[0191] 본 발명의 열 경화는 허용가능한 굴절을 집합에 대하여 보다 큰 제어 범위를 가능하게 한다. 특히, n_x 및 n_u (하기 논의됨) 사이의 차로 측정하였을 때, 고정된 수준의 광학능에서 보다 높은 값이 얻어질 수 있거나, 또는 보다 낮은 광학능에서 훨씬 더 높은 n_u 값이 얻어질 수 있다.

[0192] 열 처리는 처음에 스트레치로부터 야기되는 주요한 굴절을 집합에 대하여 추가적인 제어 방식을 가능하게 하고, 예를 들면 개선된 치수 안정성, 예를 들면 수축 제어, 향상된 내크립성, 개선된 내압흔성, 뿐만 아니라 향상된 내인렬성 및 다른 물리적 특성과 같은 추가적인 이점들을 부여할 수 있다.

[0193] 특정 물질 계를 포함하는 일부 필름에서, 열 처리는 결과 얻어지는 최종 필름에서의 일축 특징도를 유지 또는 심지어 개선한다. 광학 필름의 경우, 이것은 비-수직 입사광을 사용하는 분야에서 성능을 유지 또는 심지어 개선할 수 있다. 예를 들면, 소위 수직에서 벗어난 각 색상 성능이 명도 증강을 위해 사용된 다층 광학 필름(MOF)에서 유지 또는 개선될 수 있다. 편광 비임 슬릿팅에 사용된 MOF 필름도 또한 향상될 수 있다. 이 방법은 또한 예를 들면 편광 비임 슬릿팅 분야에서, 필름의 표면 상에 형성된 미세구조의 배향 및 성능을 향상시키는데 사용될 수 있다.

[0194] 높은 일축 배향도를 갖는(예를 들면, 진정한 일축 스트레칭 공정에 의해 달성됨) 다층 반사 편광 필름의 경우, 고정된 물질 구성으로, 즉 고정된 낮은 굴절을 물질로 보다 높은 수준의 콘트라스트가 달성될 수 있다. 이것은 일반적으로 이들 필름을 사용하는 분야, 예를 들면 편광 비임 슬릿팅 분야에서, 예를 들면 미국 특허 제 6,609,795호 및 미국 특허 출원 공개 제2004/0227994호에 설명된 바와 같이, 필름들을 별도로 또는 2개 이상의 상기 필름들로 된 적층물에서 함께 사용하여 적용될 수 있다.

[0195] 열 경화 단계의 사용으로, 고 굴절을 스킨 층을 사용하여 내압흔성이 달성될 수 있다. 많은 시스템에서, 내압흔성은 배향된 스킨 층에서의 증가된 결정화도를 통해 증가된다. 배향된 스킨 층은 MOF의 광학 적층물 내 복굴절성 층과 유사한 물질을 포함할 수 있거나, 또는 동시압출 및 필름 성형 공정으로 배향하도록 적합하게 선택된 상이한 물질을 포함할 수 있다.

[0196] 열 경화는 또한 예를 들면 열 경화 동안 또는 후의 속박 조건에 따라, 종종 스트레치 후에 필름 내에 남아있는 "잔류 응력"의 존재를 제거할 수 있다. 예를 들면 끝을 안으로 향하게 함으로써 달성된 속박의 감소가 응력 감소에 기여할 수 있다. 이것은 보다 낮은 수준의 수축, 보다 낮은 수준의 열 팽창, 및 개선된 내뒤틀림성을 비롯한 개선된 치수 안정성을 초래할 수 있다.

[0197] 열 경화시 다른 가능한 기계적 개선은 증가된 내인렬성 또는 더욱 증가된 층간 내이층성일 수 있다. 일부 시스템에서, 용융점 근처에서의 고온 열 경화가 층간 접착성을 개선시킨다. 예를 들면, 스트레칭 공정 동안에 교란될 수 있는 층들 사이의 계면 침투를 개선할 수 있다.

[0198] 추가로, 본 발명의 방법을 변형-유도 결정화 폴리에스테르 층을 포함하는 필름 구성물에 적용할 때, 필름의 내압흔성이 개선된다. 가벼운 수준의 열 처리가 결과를 상당히 변화시키지 않지만, 그러나 보다 무거운 수준의

열 처리는 본질적으로 압흔발생이 없는 필름을 생성시킨다.

- [0199] 한 실시태양에서, 열 경화된 필름 층들 중 하나 이상이 무정형으로 남아있어 개선된 웹 취급 및 기계적 특성을 가져온다. 예시적인 실시태양에서, 무정형 층들은 폴리카보네이트 또는 폴리카보네이트와 코폴리에스테르의 블렌드를 포함한다.
- [0200] 특정 폴리에스테르 시스템에서, 열 경화는 다르게 전형적으로 스트레칭 단독에 의해 달성되는 것보다 훨씬 더 낮은 연신비에서 보다 높은 광학능 또는 복굴절성을 제공한다. 예를 들면, 폴리에스테르, 예를 들면 PET 및 PEN 및 PET와 PEN을 모두 포함하는 조성물을 전형적으로 4, 5, 6 또는 더 높은 연신비로 스트레칭시킨다. 이들 물질들은 변형-유도 결정화 점 바로 위로 스트레칭된 다음 열 경화되어 보다 높은 연신비에서의 것들과 필적할 수 있는 굴절율 값들을 달성할 수 있다. 추가의 예로서, 미세구조화 표면을 갖는 필름을 횡 방향으로, 예를 들면 신장된 방향에 수직으로, 의도하는 최종 구조의 형태를 과도하게 파괴하지 않을 수 있는 실질적으로 감소된 연신비로 스트레칭할 수 있다(예를 들면, 본원에서 참고문헌으로 인용하고 있는, 2004년 12월 23일에 출원된, 계류중인 공동 양도된 미국 임시 출원 일련 번호 제60/638,732호; 미국 특허 출원 일련 번호 제11/184,027호 참조). 상당한 변형-유도 결정화 개시점이 구조 전체에 걸쳐 뛰어나기만 하다면, 횡 방향을 따른 미세텍스처부착된 구조물 전반에 걸쳐 높은 수준의 굴절율이 달성될 수 있다. 이것은 구조물이 스트레치 방향에 대하여 수직인 높이 변화하는 또는 "프로파일" 방향을 가질 때 높은 복굴절성을 갖는 "섬유 대칭적"인 굴절율 집합을 갖는 구조물을 제조하는데 특히 유용하다.
- [0201] 진정한 또는 거의 일축 배향된 필름의 경우, n_y 및 n_z 은 예를 들면, 굴절율 단위의 몇 백분의 1 이내로 거의 동일하다. 도 28에 예시된 데이터 정리로 허용가능한 굴절율 집합을 갖는 공간에 대한 흥미롭고 정보가 되는 내용을 얻을 수 있다.
- [0202] 도 28에 플롯팅된 데이터를 얻기 위하여, 먼저 공정 조건과 무관하게 실제로 얻어진 n_y 및 n_z 굴절율의 평균을 계산한다. 여기서는 "일축 굴절율"에 대한 n_u 로 정의된 평균값은 "가상의" 진정한 일축 조건에서 예상되는 n_y/n_z 의 척도이다. 복굴절성 및 등방성 중합체 물질들로 된 교대되는 층들을 포함하는 다층 광학 필름(MOF) 편광기에서, n_u 는 일부 경우, 제3의 저 굴절율 물질 층의 등방성 굴절율과 일치하도록 복굴절성 물질의 표적 통과 상태의 굴절율 값이다.
- [0203] 두번째로, n_x 와 n_u 사이의 차를 구한다. 이 차이는 파단 상태 굴절율 차이로서 가상 상태의 MOF 편광기의 반사능 또는 광학능의 척도이다.
- [0204] 세번째로, 차단 상태 굴절율 차 대 가상 진정한 일축 통과 상태 굴절율 n_u 를 플롯팅한다.
- [0205] 도 28은 상기한 바와 같은 진정한 일축성 및 종래의 폭출기 장치(도 2-3)에서 수행된 바와 같은 간단한 일-방향성 모두에 대한 다양한 스트레치 조건에 대해 얻은 플롯을 보여준다. 데이터는 단일중합체 PEN으로부터 각종 "coPEN"을 지나 단일중합체 PET에 이르는 범위에 걸친 폴리에스테르에 대한, 스트레치 온도, 속도 및 연신비에 의해 유도된 광범위의 유효 분자 배향을 나타낸다. coPEN은 PEM-유사 잔기의 몰% 대 PET-유사 잔기의 몰%의 비의 면에서 표현되는데; 예를 들면 85/15 공중합체, 소위 "85/15 coPEN"은 85 몰% PEN-유사 잔기 및 15 몰% PET-유사 잔기를 갖는 공중합체이다.
- [0206] 데이터에 대한 안내로서, 맞추지 않은 동등하게 이격된 평행한 선들이 조성물 범위 전체에 걸쳐 10 중량% 간격으로 배열된다. 따라서, 제일 윗쪽 선은 100% PEN에 대한 동향을 따른다. 다음 선은 90% PEN 및 10% PET를 나타내고; 다음 선은 80% PEN 및 20% PET를 나타내는 등과 같은 식이다. 제일 아랫쪽 선은 100% PET에 대한 동향을 따른다.
- [0207] 데이터는 두드러지게 조성물 범위 전체에 걸쳐 이들 선에 매우 가깝게 떨어진다. 실질적인 일축 배향 후의 열 경화 효과를 PET 및 PEN 에 및 PET와 PEN을 모두 포함하는 중간 조성물에 대하여 나타낸다. 예를 들면, PET에 대해 살펴보면, 열 경화가 선을 따라 위로 굴절율을 효과적으로 이동시킨다는 것을 알 수 있다. 따라서, 100% PET를 열 경화한 후, 이것은 임의로 보다 10% PEN 및 90% PET로 된 coPEN과 같이 거동한다. 예를 들면, PEN에 대해 살펴보면, 열 경화가 굴절율을 효과적으로 이동시킨다는 것을 알 수 있다. 따라서, 열 경화는 일반적으로 주어진 물질에 대해, 특히 주어진 일치하는 굴절율(x-축 상)에서, 보다 높은 광학능(y-축 상)을 초래한다.
- [0208] 게다가, 주어진 수준의 광학능(y-축 상)의 경우, 열 경화는 미처리된 물질과 비교하였을 때, 일치하는 굴절율(x-축 상)을 약 0.01 또는 그 이상 만큼 증가시킨다. 주어진 고 굴절율, 복굴절성 물질, 예를 들면 PET에 대한 n_u 에 있어서의 보다 큰 제어는 물질, 특히 MOF와 같은 광학 필름 내의 제2의 일부 경우 저 굴절율 물질을 선택하는데 있어서 추가적인 유연성을 가능하게 한다. 전형적으로, 이러한 제2 물질은 편광 필름에서 배향된 폴리

에스테르의 n_y 굴절율과 일치하도록 선택된다. 종종 이 제2 물질은 그의 일치하는 굴절율 때문에 선택될 뿐만 아니라 그의 유동 상용성 및 기계적 속성 때문에 선택된 코폴리에스테르이다. 일반적으로, 보다 높은 굴절율 표적은 이러한 물질의 보다 높은 유리 전이를 가능하게 한다. 따라서, 추가적인 이점은 보다 높은 유리 전이 온도를 갖는 저 굴절율 물질을 사용한 MOF 구성물에서 얻어지는 추가적인 치수 안정성이다. 게다가, 보다 높은 굴절율을 갖는 물질의 사용은 보다 얇고 및(또는) 보다 적은 수의 층들을 갖는 MOF의 구성을 가능하게 한다.

[0209] 두드러지게, 비대칭적인 경우와는 달리, 실질적으로 일축으로 스트레칭된 필름의 본 발명의 열 경화는 필름의 일축 특징도를 유지하거나 또는 실제로 증가시키는 것으로 나타났다.

[0210] 일축 특징의 다른 척도는 상대 복굴절성으로, 이것은 2개의 유사한 굴절율들, 예를 들면 n_y 및 n_z 사이의 차이와 상당히 상이한 굴절율, 예를 들면 주 스트레치 방향을 따른 n_x , 및 2개의 유사한 굴절율들의 평균, 예를 들면 n_u 사이의 차이들을 비교한다. 보다 정확하게는, 상대 복굴절성은 다음 식으로 주어진다:

[0211] 상대복굴절성 = $|n_y - n_z| / |n_x - n_u|$

[0212] 상기 식에서도, 역시 n_u 는 2개의 유사한 굴절율, n_y 및 n_z 의 평균이고 차이의 절대 값을 취한다. 상대 복굴절성은 필름의 일축 특징이 증가함에 따라 감소된다.

[0213] 일부 예시적인 실시태양에서, 본 발명의 열 경화는 특히 열 경화 전의 상대 복굴절성이 0,1 이하인 특정 폴리에스테르 시스템에서, 상대 복굴절성을 유지하거나 또는 실제로 감소시키는 것으로 나타났다. 다른 예시적인 실시태양에서는, 상대 복굴절성의 작은 증가가 얻어진다. 많은 실시태양에서, 심지어 0.1 또는 그 이상상의 (절대) 평면내 복굴절성이 달성된 때에도, 최종 상대 복굴절성은 0.1 이하일 수 있다. 다른 실시태양에서는, 최종 상대 복굴절성은 0.25, 0.2 또는 그 미만이다.

[0214] 본 실시예의 열 경화 동안 스트레치 방향(한 예에서는 TD)의 인장 성질은 굴절율 집합의 제어에 중요한 인자이다. 일반적으로, 열 경화 공정을 통과하는 동안의 보다 높은 수준의 TD 인장은 n_y/n_z 보다 더 많이 n_x 를 증가시키는 경향이 있는 반면, 보다 낮은 수준 또는 0의 TD 인장은 n_y/n_z 를 증가시키면서 n_x 는 약간 증가시키거나 또는 심지어는 그 값을 감소시키는 경향이 있다. 따라서, 저 인장이 n_y/n_z 값을 증가시키는데 유용한 반면, 고 인장은 고정된 n_u 수준에서 광학능을 증가시키는데 유용하다. 따라서 본원에 기재된 공정들이 물질 구성을 고정하였을 때 콘트라스트 개선 방법을 제공한다.

실시예

[0215] 실시예에 대한 일반적인 주:

[0216] 거의 진정한 일축 필름을 제조하기 위하여 2가지 방법들을 사용한 2종의 폴리에스테르-기재 구성물이 예시화된다. 제1 세트의 실시예는 본원에서 도 7을 참고로 하여 설명된 바와 같은 배치식 폭출 공정을 통해 제조된 PET 외부 스킨 층을 갖는 다층 광학 필름(MOF)를 포함한다. 제2 세트의 실시예는 미국 특허 제6,939,499호; 제6,916,440호; 제6,949,212호; 및 제6,936,209호에 설명된 것과 같은 포물선상 폭출 공정을 통해 제조된 PEN 외부 스킨을 갖는 MOF를 포함한다.

[0217] 필름이 연부 그립퍼로 x 및(또는) y 방향에서 구속될 수 있는 배치 스트레칭 기구에서 열 경화를 수행하였다. 이들 구속된 방향에서의 응력을 또한 열 경화 과정 동안에 측정하였다. 달리 언급되지 않는 한, 필름을 175 °C에서 3분 동안 열 경화시켰다.

[0218] 실시예에서, x 방향은 소위 횡방향(TD)과 관련되고, y 방향은 기계 방향(MD)과 관련된다.

[0219] 굴절율을 뉴저지주 피카타웨이의 메트리콘으로부터 입수가능한 메트리콘 프리즘 커플러를 사용하여 측정하였다. 일반적으로 이 기구로 2가지 모드가 측정될 수 있다. TE 모드를 사용하여 평면내 굴절율을 측정한다. TM 모드를 사용하여 두께-관통(예를 들면, "z") 굴절율을 측정한다. 그러므로, 평면내 상태의 다양한 배향에 대해서는 TM 모드로 측정할 수 있다. 예를 들면, 필름이 TD 방향에서 평면내 굴절율을 측정하도록(TD/z로 표시됨) 배향될 때 TM 모드를 사용할 수 있다. 다른 예로서, MD 평면내 굴절율을 측정하도록(MD/z로 표시됨) 필름을 회전하였을 때 TM 모드가 사용될 수 있다. 일반적으로, 두께-관통 굴절율은 평면내 배향과는 무관하게 대략 동일해야 한다. 그러나, 필름 배향의 함수로서 신호의 예리함으로 인하여 불일기가 일어날 수 있다.

[0220] PET 실시예:

[0221] PET 스킨 층들을 갖는 MOF 필름을 도 7에 설명된 배치식 폭출 공정을 사용하여 고도로 연장시켰다(실시예 1-7).

스트레칭 단계 후의 PET 스킨에서의 굴절을 전개를 매트릭스 프리즘 커플러를 사용하여 "상부" 및 "하부" 면들의 평균을 사용하여 측정하였다. 외부 PET 층이 지극히 얇기 때문에, 반사된 세기 대 입사각 플롯에서 예리한 무릎보다는 오히려 과도 커플링 모드를 관찰하였다. 정확도를 개선하기 위하여, 굴절을 제1 관찰 모드의 리딩 연부의 위치로서 균일하게 측정하였다. 이것은 특정 환경 하에서 과도 모드 핏팅과 합리적으로 일치하지만, 다른 환경에서는 nx를 조금 줄여서 말하게 될 수 있다. ny 및 nz 모드는 대표적으로는 덜 예리한 관독치를 갖는다. 역시 세기 강하의 리딩 연부를 사용하였다.

[0222] 이러한 방법을 사용할 때, 초기 굴절율은 nx, ny 및 nz에 대하여 632.8 nm에서 각각 평균 1.699, 1.541 및 1.539였다. 이들 3개의 굴절을 값을 사용한 초기 상대 복굴절성은 따라서 0.013이다.

[0223] 전반적인 결과를 아래 표 1에 제공한다.

표 1

PET 실시예	632.8 nm의 굴절률		TD	TD ave	MD	MD ave	TD/z	MD/z	MD/z	ND ave	MD-z	TD-MD	
	TD top	TD bot											TD top
실시예 1: 약간 연신 TD 셀 가판	1.6939	1.7035	1.6987	1.5407	1.5402	1.5405	1.5391	1.5392	1.5387	1.5385	1.5389	0.0016	0.1583
시각, 열 경화 후													
후 스프레치 온 열 경화	1.7042	1.7106	1.7074	1.542	1.545	1.5435	1.5382	1.5385	1.5402	1.5389	0.0046	0.1639	
좌 측 - 시각			0.0087			0.0051					0.0000	0.0031	0.0056
실시예 2: 약간 연신 TD 셀 가판	1.6936	1.7027	1.6982	1.5403	1.5403	1.5403	1.5391	1.5391	1.5378	1.5371	1.5383	1.5387	0.0016
시각, 열 경화 후													
후 스프레치 온 열 경화	1.7012	1.7063	1.7038	1.5403	1.5403	1.5403	1.5374	1.5378	1.5371	1.5383	1.5377	0.0026	0.1635
좌 측 - 시각			0.0056			0.0000					-0.0010	0.0010	0.0056
실시예 3: 구속 TD/MID	1.6982	1.7043	1.7003	1.5409	1.5416	1.5413	1.5391	1.5385	1.5363	1.5365	1.5376	0.0036	0.1590
시각, 열 경화 후													
좌 측 - 시각	1.6995	1.7095	1.7045	1.5429	1.5421	1.5425	1.5418	1.5418	1.5421	1.5405	1.5416	0.0010	0.1620
실시예 4: 광경면 출발 MD 가판			0.0042			0.0012					0.0039	-0.0027	0.0030
시각, 열 경화 후	1.6918	1.7029	1.6974	1.5412	1.5414	1.5413	1.5394	1.5396	1.5385	1.54	1.5394	0.0019	0.1561
좌 측 - 시각	1.7037	1.7124	1.7081	1.5438	1.5423	1.5431	1.5414	1.5421	1.5416	1.5432	1.5421	0.0010	0.1650
실시예 5: 약간 연신 출발 MD 가판			0.0107			0.0017					0.0027	-0.0010	0.0090
TD 인장 dev. MD 가판													
시각, 열 경화 전	1.6933	1.7027	1.6980	1.5412	1.5403	1.5408	1.5389	1.5409	1.5382	1.5403	1.5396	0.0012	0.1573
시각, 열 경화 후	1.6999	1.7080	1.7040	1.5441	1.5436	1.5439	1.544	1.5434	1.5418	1.5423	1.5429	0.0010	0.1601
좌 측 - 시각			0.0059			0.0031					0.0033	-0.0002	0.0029
실시예 6: TD 인장 없음 MD 가판	1.6925	1.703	1.6978	1.5418	1.5418	1.5418	1.54	1.5392	1.5391	1.5391	1.5394	0.0025	0.1560
시각, 열 경화 전													
시각, 열 경화 후	1.6921	1.7003	1.6982	1.5476	1.5465	1.5465	1.5421	1.5443	1.5446	1.5454	1.5441	0.0024	0.1497
좌 측 - 시각			-0.0016			0.0047					0.0048	-0.0001	-0.0063
실시예 7: 구속 MD 가판	1.6928	1.703	1.6979	1.5472	1.5494	1.5483	1.5456	1.5458	1.5508	1.5501	1.5481	0.0002	0.1496
시각, 열 경화 후			0.0002			0.0065					0.0087	-0.0022	-0.0063
좌 측 - 시각													
시각, 열 경화 전	1.6957	1.7033	1.6995	1.5412	1.5398	1.5405	1.5392	1.5396	1.5398	1.5398	1.5396	0.0009	0.1590
시각, 열 경화 후	1.6952	1.7029	1.6991	1.5449	1.5449	1.5449	1.5427	1.5447	1.5437	1.5461	1.5443	0.0006	0.1542
좌 측 - 시각			-0.0004			0.0004					0.0047	-0.0003	-0.0084

[0224] 처음 2개의 PET 실시예에는 추가적인 5% 연신비에서 끝나는 작은 계속되는 스트레치와 함께 열 경화를 사용하는 것에 대해 보여준다. 이들 실시예에서, 필름을 양 x(TD) 및 y(MD) 방향에 엄격하게 장착하였다. 연부 그립핑 시스템의 불연속 성질 때문에, MD 구속은 일정한 처음 변형보다 작았다. 필름은 증가된 nx 및 거의 일정한 ny 및 nz를 보여준다. 비대칭성의 매우 작은 증가를 알 수 있다. MD 구속의 제거는 이러한 비대칭성을 감소시킬 수 있다.

[0225] 세번째 PET 실시예에서는, 필름을 x 및 y에서 팽팽하게 장착시켰지만 열 경화 동안에 스트레칭은 일어나지 않았다. 역시, x 굴절율(TD 굴절율)은 증가된 반면, ny는 거의 일정하게 유지되었다. 놀랍게도, 열 경화시 nz가 증가되었지만, 이 효과 중 일부는 열 경화 후 예리해진 무릎으로서 측정된 결과일 수 있다. 따라서, 비대칭성은 이 경우 감소될 수 있거나 또는 적어도 유지될 수 있다.

[0226] 네번째 PET 실시예에서는, 필름을 단지 x 방향에서만 팽팽하게 장착시켰다. 여기서 nx의 가장 큰 증가가 관찰

되었다. n_y 및 n_z 는 각각 약간 증가되었다.

- [0228] 다섯번째 PET 실시예에서는, 필름을 약간 느슨하게 장착시켜 시작하였다. 이러한 느슨함에 의해 2.5 인치 TD 거리가 평면으로부터 약 0.25 인치 벗어났다. 이 경우, n_x 증가는 네번째 PET 실시예의 값의 단지 1/2로 약간이었지만, n_y 증가는 거의 2배였다. n_z 는 단지 조금 증가되었다. 필름은 열 경화의 종반에 팽팽해 보였다.
- [0229] 여섯번째 및 일곱번째 PET 실시예에서, 필름에 다섯번째 PET 실시예의 초기 느슨함의 2배를 제공하였다. 이들 반복시험 경우에, 필름은 열 경화 후에 약간의 잔류 느슨함을 보유하였다. 이들 경우에서 n_x 는 본질적으로 일정하게 유지되었지만, n_y 및 n_z 는 거의 동일한 양으로 증가되었다. 여섯번째의 경우, 필름을 제1 열 경화 후에 측정하고, 제2 단계에 재장착하여 다시 175 °C에서 3분 동안 두었다. n_x 및 n_y 에서 추가의 증가가 관찰되었고, 역시 n_x 는 거의 일정하였다.
- [0230] 본원에서 참고문헌으로 인용되는 미국 특허 제6,788,463호에 설명된 바와 같은 로렌츠-로렌츠(Lorenz-Lorentz) 관계의 비등방성 유사물에 따라 굴절율의 증가에 의해 암시되는 바와 같이 추정된 밀도의 증가를 사용하여 결정화도 수준에 미치는 열 경화의 효과를 추정하였다(표 2 및 4의 로렌츠형 참조). 무정형 밀도를 1.335 g/cc로 및 완전한 결정질 밀도를 1.457 g/cc로 얻었다. 체적 편광능을 0.73757 cc/g로 얻었다. 표 2에 나타낸 바와 같이, 분석은 결정화도(예를 들면, 32% 결정화도와 동일한 0.32 분율의 결정 비율)가 이들 샘플들에서 30%를 갖 넘긴 것으로부터 이중 처리된 여섯번째 PET 실시예에서 40%로 증가하였음을 나타낸다. 예시적인 실시태양에서, PET는 열 경화 후 33%보다 큰 결정화도를 갖고(예를 들면, 실시예 2); 다른 예시적인 실시태양에서, PET는 36%보다 큰 결정화도를 갖고(예를 들면, 실시예 3 및 제1 열 경화 후의 실시예 6); 다른 예시적인 실시태양에서, PET는 37%보다 큰 결정화도를 갖고(예를 들면, 실시예 1 및 제1 열 경화 후 실시예 7); 다른 예시적인 실시태양에서, PET는 열 경화 후 38%보다 큰 결정화도를 갖고(예를 들면, 실시예 5); 다른 예시적인 실시태양에서, PET는 39%보다 큰 결정화도를 갖고(예를 들면, 실시예 4); 다른 예시적인 실시태양에서, PET는 40%보다 큰 결정화도를 갖는다(예를 들면, 제2 열 경화 후의 실시예 6).
- [0231] 시간 및 온도에 있어서 보다 높은 극한 조건이 결정화도 수준 및 굴절율 변화를 추가로 증가시킬 것으로 예상된다.

표 2

PET 실시예	TD ave	MD ave	ND ave	상대 불균형	로렌츠형	면도 est	결정 est
실시예 1: 약간 연신 TD 열 가함							
시각, 열경화 전	1.6987	1.5405	1.5389	0.0099	1.013126	1.3736004	0.316
5분 스트레치 후 열경화	1.7074	1.5435	1.5389	0.0280	1.018289	1.3805995	0.374
차 계1 - 시각	0.0087	0.0031	0.0000				0.057
실시예 2: 약간 연신 TD 열 가함							
시각, 열경화 전	1.6982	1.5403	1.5387	0.0102	1.012722	1.3730524	0.312
5분 스트레치 후 열경화	1.7038	1.5403	1.5377	0.0161	1.014613	1.3756157	0.333
차 계1 - 시각	0.0056	0.0000	-0.0010				0.021
실시예 3: 구속 TD/MD							
시각, 열경화 전	1.7003	1.5413	1.5376	0.0227	1.013557	1.3741843	0.321
제1 열경화 후	1.7045	1.5425	1.5416	0.0058	1.017881	1.380046	0.369
차 계1 - 시각	0.0042	0.0012	0.0039				0.048
실시예 4: 평행한 출발 MD 자유							
시각, 열경화 전	1.6974	1.5413	1.5394	0.0123	1.013202	1.3737032	0.317
제1 열경화 후	1.7081	1.5431	1.5421	0.0059	1.019906	1.3827922	0.392
차 계1 - 시각	0.0107	0.0017	0.0027				0.075
실시예 5: 약간 느슨함 출발							
TD 인장 dev. MD 자유							
시각, 열경화 전	1.6980	1.5408	1.5396	0.0074	1.013311	1.3738507	0.318
제1 열경화 후	1.7040	1.5439	1.5429	0.0061	1.018937	1.3814789	0.381
차 계1 - 시각	0.0059	0.0031	0.0033				0.063
실시예 6: TD 인장 없음 MD 자유							
시각, 열경화 전	1.6978	1.5418	1.5394	0.0156	1.013603	1.3742459	0.322
제1 열경화 후	1.6962	1.5465	1.5441	0.0159	1.017499	1.3795283	0.365
차 계1 - 시각	-0.0016	0.0047	0.0048				0.043
제2 열경화 후	1.6979	1.5483	1.5481	0.0015	1.021004	1.3842807	0.404
차 계2 - 시각	0.0002	0.0065	0.0087				0.082
실시예 7: 인장 없음 MD 자유							
시각, 열경화 전	1.6995	1.5405	1.5396	0.0056	1.013843	1.3745717	0.324
제1 열경화 후	1.6991	1.5449	1.5443	0.0039	1.018043	1.380286	0.371
차 계1 - 시각	-0.0004	0.0044	0.0047				0.371

[0232]

[0233] PEN 실시예:

[0234] PEN 스킨 층들을 갖는 다층 광학 필름(MOF)을 포물선상 폭출 공정을 사용하여 고도로 연장시켰다. 초기 상태의 재생성을 향상시키기 위하여 연속 최종 필름의 단일 MD 라인으로부터 필름을 사용하였다. 스트레칭 단계 후의 PEN 스킨 층에서의 굴절을 전개를 메트리콘 프리즘 커플러를 사용하여 "상부" 및 "하부" 면들의 평균을 사용하여 측정하였다. PET 실시예에서와 같이, 파동 모드 및 세기 무늬의 리딩 연부를 사용하는 굴절을 측정 방법을 역시 사용하였다.

[0235] 2개의 PEN 스킨 반복실험용 실시예를 만들었다(실시예 8-9). 필름을 약간 느슨하게 장착시켜 시작하였다. 이러한 느슨함에 의해 2.5 인치 TD 거리가 평면으로부터 약 0.25 인치 벗어났다. 열 경화 조건을 175 °C에서 3분 동안 가하였다. 필름은 처리 후에 잔류 느슨함을 보유하였다. 열 경화 시의 굴절을 변화를 표 3에 제공하였다.

[0236] 아래 표 3에 나타난 바와 같이, 리딩 연부 방법("무늬에 의함")을 메트리콘에 수반된 소프트웨어에 제공된 "오프셋(offset)" 모드 방법과 매우 밀접하게 비교하였다(리딩 연부 방법은 메트리콘에 수반된 무늬 추정 소프트웨어를 사용할 때에 비하여 오히려 작업자 추정된 것이었다). 이들 방법을 사용할 때, 초기 굴절율은 nx, ny 및 nz에 대하여 632.8 nm에서 각각 평균 1.868, 1.569 및 1.553이었다. 이들 3개의 굴절율 값을 사용한 초기 상대 복굴절성은 따라서 0.053이다.

표 3

PEN-실시예	TD top	TD bot	TD ave	MD top	MD bot	MD ave	TD/z top	MD/z top	TD/z bot	MD/z bot	ND ave	MD-Z	TD-MD
표 3	632.8 mm의 굴절율						평면내 배향/측정된 TM 모드					일축 편계	
실시예 8:													
무분으로 측정, 시작, 열 경화 전	1.8690	1.8662	1.8676	1.5681	1.5699	1.5690	1.5526	1.5542	1.5514		1.5527	0.0163	0.2986
어두움으로 측정, 시작, 열 경화 전	1.8671	1.8677	1.8674	1.5677	1.5691	1.5684	1.5530	1.5523	1.5511	1.5526	1.5523	0.0162	0.2990
측정 방법들 간의 평균			1.8675			1.5687					1.5525		0.2988
제1 열 경화 후	1.8593	1.8602	1.8598	1.5702	1.5709	1.5706	1.5577	1.5582	1.5580	1.5577	1.5579	0.0126	0.2892
제1 - 시작			-0.0078			0.0015					0.0052	-0.0036	-0.0096
실시예 9:													
무분으로 측정	1.8671	1.8672	1.8672	1.5699	1.5704	1.5702	1.5506	1.5512	1.5496	1.5523	1.5509	0.0192	0.2970
제1 열 경화 후	1.8588	1.8587	1.8588	1.5740	1.5706	1.5723	1.5609		1.5598	1.5613	1.5607	0.0116	0.2865
제1 - 시작			-0.0084			0.0022	very poor				0.0097	-0.0076	-0.0106
제2 열 경화 후			1.8577			1.5825	knese here		1.5738	1.5754	1.5746	0.0079	0.2752
제2 - 시작			-0.0095			0.0124					0.0237	-0.0113	-0.0218

[0237]

[0238]

PET 저 인장/무 인장 경우에서 알 수 있는 바와 같이, ny 및 nz는 증가되었다. 그러나, 이들 조건 하에서, nx는 실제로 상당히 떨어졌다. 그러므로, 후속되는 필름 수축이 적을 것으로 예상할 수 있다. 이들 경우들에 있어서 한 차이점은 현재의 PEN 경우가 PET 경우에 있는 것처럼 스트레치 후에 큰 끝을 안으로 한 조건을 갖지 않는다는 점이다. 따라서, 이러한 굴절율 강하의 일부는 열 경화 동안의 점탄성 완화 및 잔류 응력 제거와 관계 있다. 열 경화 후 PEN 스킨 필름은 미처리된 초기 필름보다 상당히 적은 고온 수축(예를 들면, PEN의 유리 전이 온도에서, 열 경화 온도까지)을 가질 것으로 예상된다. 두번째 반복시험에서, 필름을 제1 열 경화 후에 측정하고 제2 단계에 재장착시켜 이번에는 190 °C에서 3분 동안으로 하였다. 여섯번째 및 일곱번째 PET 스킨 경우의 동향과 일치하게, ny 및 nz에서의 상당한 증가가 관찰되었고, nx에서는 단지 약간의 강하가 있었다.

[0239]

미처리된 PEN-스킨 필름, 제1 열 경화 후의 필름 및 보다 심한 제2 열 경화 후의 필름을 모두 기계적 압흔/날인 저항성에 대하여 시험하였다. 내압흔성에 대해 시험하기 위하여, 감압 접착제를 필름의 표면 상에 적용시키고 이어서 그 표면을 유리 슬라이드 상에 적용하였다. 미네소타주 세인트 폴의 쓰리엠 캄파니(3M Company)로부터 입수가 가능한 BEF™ 광택 증강 필름 한 조각을 확실하게 밀접하게 접촉하도록 하기 위하여 상부에 150 g의 웨이트와 함께 그의 미세텍스처부착 표면이 노출된 필름 표면과 맞대도록 위치시켰다. 얻어지는 압력은 200 g/sq. 인치로 추정되었다. 이어서 필름을 85 °C에서 24 시간 동안 시험하였다. 초기 필름 및 가벼운 제1 열 경화를 갖

는 필름은 적당하게 내압흔성이었지만, 상당한 압흔이 발생하였다. 제2의 보다 심한 열 경화를 갖는 필름은 거의 압흔을 나타내지 않았다.

[0240] 역시, 미국 특허 제6,788,463호에 설명된 바와 같은 로렌즈-로렌즈 관계의 비등방성 유사물에 따라 굴절율의 증가에 의해 암시되는 바와 같이 추정된 밀도의 증가를 사용하여 결정화도 수준에 미치는 열 경화의 효과를 추정하였다. PEN에 대한 무정형 밀도를 1.329 g/cc로 및 완전한 결정질 밀도를 1.407 g/cc로 얻었다. 체적 편광능을 0.81501 cc/g로 얻었다. 표 4에 나타난 바와 같이, 분석은 결정화도가 제1 열 경화 단계에서는 거의 증가되지 않았음을 보여주어, 점탄성 완화를 갖는 것으로서의 굴절율 변화 메커니즘에 대한 추가의 증거를 제공하였다.

[0241] 이것은 또한 결정화도 수준이 내압흔성에 있어서 중요한 인자임을 나타낸다. 보다 극심한 열 경화 후에, 필름은 약 48%로 추정된 훨씬 높은 수준의 결정화도를 획득하였다. 이러한 보다 결정질인 최종 필름은 여기에 제공된 실시예들 중에서 가장 높은 수준의 내압흔성을 나타내었다.

[0242] 예시적인 실시태양에서, PEN은 열 경화 후 28%보다 큰 결정화도를 갖고(예를 들면, 실시예 8); 다른 예시적인 실시태양에서, PEN은 30%보다 큰 결정화도를 갖고(예를 들면, 제1 열 경화 후의 실시예 9); 다른 예시적인 실시태양에서, PEN은 48%보다 큰 결정화도를 갖는다(예를 들면, 제2 열 경화 후의 실시예 9).

[0243] 실시예에 의해 보여지는 바와 같이, 제2 또는 후속되는 열 경화 단계를 사용하여 원하는 필름 성질을 얻을 수 있다.

표 4

PEN 실시예	TD ave	MD ave	ND ave	상대 불균질	로렌즈형	밀도 est	결정 est.
실시예 8:							
무질서로 측정, 시차, 열 경화 전	1.8676	1.5690	1.5627	0.0530	1.100845	1.3507131	0.278
어긋남으로 측정, 시차, 열 경화 전	1.8674	1.5684	1.5523	0.0526	1.100255	1.3499895	0.269
측정 방법들 간의 평균	1.8675	1.5687	1.5525	0.0528			0.274
제1 열 경화 후	1.8598	1.5706	1.5579	0.0428	1.101116	1.3510461	0.282
차 제1 - 시차	-0.0078	0.0015	0.0052				0.009
실시예 9:							
무질서로 측정	1.8672	1.5702	1.5509	0.0627	1.100354	1.3501114	0.271
제1 열 경화 후	1.8568	1.5723	1.5607	0.0398	1.102886	1.3532172	0.310
차 제1 - 시차	-0.0084	0.0022	0.0097				0.040
제2 열 경화 후	1.8577	1.5825	1.5746	0.0283	1.11388	1.3667074	0.483
차 제2 - 시차	-0.0095	0.0124	0.0237				0.213

[0244]

- [0245] **CoPEN 실시예:**
- [0246] 코폴리에스테르 실시예 10:
- [0247] 조성이 PEN과 PET의 중간인 코폴리에스테르를, 85 mol% PEN(어림 고유 점도(IV) 0.5) 및 15 mol% PET(어림 IV 0.8)의 펠릿 혼합물을 압출기에 충전시켜 제조하였다. 이들은 압출 동안에 현장에서 에스테르교환반응하였고, 주조되어 소위 85/15 coPEN을 포함하는 투명한 미배향 주조 웹을 형성하였다. 이 물질을 포함하는 필름을 다층 광학 필름, 예를 들면 반사 편광기 필름에서 복굴절성 층으로 사용할 수 있다.
- [0248] 6 cm 길이 x 2.5 cm 폭의 스트립을 주조 웹으로부터 절단하여 실험실 스트레칭 장치 상에서 연신시켰다. 스트립을 130 °C에서 1 분 동안 예열하고, 20%/초의 공칭 연신 속도로 그의 폭에 대한 구속 없이 그의 길이를 따라, 스트레칭 전 필름 상에 표시한 기준 표시로 측정하였을 때 5.5의 최종 연신비로까지 연신시켰다.
- [0249] 스트레칭 후, 필름을 실온으로 급냉시키고 굴절율을 메트리콘 프리즘 커플러를 사용하여 632.8 nm에서 측정하였더니, 길이, 폭 및 두께 방향을 따라 각각 1.8436, 1.5668 및 1.5595로 측정되었다. 따라서, 스트레칭 후에 0.061의 상대 복굴절성을 얻었다.
- [0250] 이어서 배향된 필름을 약간의 초기 인장을 가하여 길이를 따라 폭에 구속을 가하지 않고 장착하여 170 °C에서 2 분 동안 가열하였다. 필름을 다시 급냉시키고, 굴절율을 메트리콘 프리즘 커플러를 사용하여 632.8 nm에서 측정하였더니, 길이, 폭 및 두께 방향을 따라 각각 1.8404, 1.5718 및 1.5492로 측정되었다. 따라서, 스트레칭 후에 0.081의 상대 복굴절성을 얻었다.
- [0251] 코폴리에스테르 실시예 11:
- [0252] 실시예 10과 유사한 방식으로 85/15 coPEN을 제조하고 연신시켰다. 이 물질을 포함하는 필름을 다층 광학 필름, 예를 들면 반사 편광기 필름에서 복굴절성 층으로 사용할 수 있다.
- [0253] 이어서 배향된 필름을 약간의 초기 인장을 가하여 길이를 따라 폭에 구속을 가하지 않고 장착하여 190 °C에서 30초 동안 가열하였다. 필름을 190 °C에서 90초 동안 더 추가로 가열하는 동안, 연신비는 스트레칭 후 그의 초기의 5.5x로부터 열 경화 후 4.7x로 감소되었다. 필름을 다시 급냉시키고, 굴절율을 메트리콘 프리즘 커플러를 사용하여 632.8 nm에서 측정하였더니, 길이, 폭 및 두께 방향을 따라 각각 1.8185, 1.5827 및 1.5576으로 측정되었다. 따라서, 스트레칭 후에 0.101의 상대 복굴절성을 얻었다.
- [0254] **폴리카보네이트/코폴리에스테르 블렌드 등방성 층들을 갖는 일축으로 배향된 다층 광학 필름의 열 경화**
- [0255] **비교예 1**
- [0256] 다층 광학 필름 - PEN/CoPEN5545HD/CoPEN7525HD 반사 편광기
- [0257] 폴리에틸렌 나프탈레이트로부터 생성된 제1 광학 층 및 코폴리에틸렌나프탈레이트(CoPEN5545HD)로부터 생성된 제2 광학 층 및 보다 높은 Tg 코폴리에틸렌나프탈레이트(CoPEN7525HD)로부터 생성된 스킨층 또는 비-광학 층으로 다층 반사 편광기 필름을 구성하였다.
- [0258] 상기한 PEN 및 CoPEN5545HD를 다층 용융물 매니폴드를 통해 동시압출하여 275개의 교대되는 제1 및 제2 광학 층들을 갖는 다층 광학 필름을 생성시켰다. 이 275 층 다층 적중물을 3 부분으로 나누어 쌓아서 835 층들을 형성하였다. PEN층들이 제1 광학 층들이었고, CoPEN5545HD 층들이 제2 광학 층들이었다. 제1 및 제2 광학 층들 외에, 역시 CoPEN5545HD로 이루어진 한 세트의 비-광학 층들을 광학 층 적중물의 어느 한 면 상에서 PBL(보호 경계 층)으로 동시압출시켰다. CoPEN7525HD를 포함하는 2 세트의 스킨 층들을 또한 추가적인 용융물 포트를 통해 PBL 비-광학 층들의 외부 면 상에 동시압출시켰다. 다층 필름 구성물의 층 순서는 다음과 같았다: CoPEN7525HD 스킨 층, a CoPen5545HD PBL, 825개의 교대되는 광학 층들 PEN/CoPEN5545HD의 층들, 제2 CoPen5545HD PBL, 및 제2 스킨 층 CoPEN7525HD.
- [0259] 다층 압출된 필름을 15 미터/분(45 피트/분)으로 칠 롤 상에 주조하여 오븐 중에서 150 °C에서 30초 동안 가열한 다음, 5.5:1 연신비로 일축으로 배향시켰다. 배향 후, 연신된 다층 필름을 200 °C에서 15초 동안 열 경화 오븐을 통과시켰다. 파단없이 웹 취급, 롤로의 권취 또는 필름 부품으로의 다이-컷팅을 하기에 너무 기계적으로 무른, 대략 150 마이크로(6 밀) 두께를 갖는 반사 편광기 필름이 제조되었다.
- [0260] **비교예 2**
- [0261] 다층 광학 필름 - CoPEN9010/CoPEN-tbia/CoPEN-tbia 반사 편광기

- [0262] 코폴리에틸렌나프탈레이트(CoPEN9010)로부터 생성된 제1 광학 층 및 코폴리에틸렌나프탈레이트(CoPEN-tbia)로부터 생성된 제2 광학 층 및 코폴리에틸렌나프탈레이트(CoPEN-tbia)로부터 생성된 스킨층 또는 비-광학 층으로 다층 반사 편광기 필름을 구성하였다.
- [0263] 상기한 CoPEN9010 및 CoPEN-tbia를 다층 용융물 매니폴드를 통해 동시압출하여 275개의 교대되는 제1 및 제2 광학 층들을 갖는 다층 광학 필름을 생성시켰다. CoPEN9010 층들이 제1 광학 층들이었고 CoPEN-tbia 층들이 제2 광학 층들이었다. 제1 및 제2 광학 층들 외에, 역시 CoPEN-tbia로 이루어진 한 세트의 비-광학 층들을 광학 층 적중물의 어느 한 면 상에서 PBL(보호 경계 층)으로 동시압출시켰다. CoPEN-tbia를 포함하는 2 세트의 스킨 층들을 또한 추가적인 용융물 포트를 통해 PBL 비-광학 층들의 외부 면 상에 동시압출시켰다. 다층 필름 구성물의 층 순서는 다음과 같았다: CoPEN-tbia 스킨 및 PBL 층들, 275개의 교대되는 광학 층들 CoPEN9010/CoPEN-tbia의 층들, 및 CoPEN-tbia로 된 제2 세트의 스킨 및 PBL 층들.
- [0264] 다층 압출된 필름을 15 미터/분(45 피트/분)으로 칠 롤 상에 주조하여 오븐 중에서 150 °C(302 °F)에서 30초 동안 가열한 다음, 6.5:1 연신비로 일축으로 배향시켰다. 배향 후, 연신된 다층 필름을 200 °C에서 15초 동안 열경화 오븐을 통과시켰다. 파단없이 웹 취급, 롤로의 권취 또는 필름 부품으로의 다이-컷팅을 하기에 너무 기계적으로 무른, 대략 37 마이크로(1.5 밀) 두께를 갖는 반사 편광기 필름이 제조되었다.
- [0265] **실시예 3**
- [0266] 다층 광학 필름 - PEN/CoPEN5050HH/SA115 반사 편광기 필름
- [0267] 폴리에틸렌 나프탈레이트로부터 생성된 제1 광학 층 및 코폴리에틸렌나프탈레이트(CoPEN5050HH)로부터 생성된 제2 광학 층 및 이스트먼 케미칼 캄파니(Eastman Chemical Co.)로부터 상품명 "SA115" 하에 상업적으로 입수가 가능한 지환족 폴리에스테르/폴리카보네이트 블렌드로부터 생성된 스킨층 또는 비-광학 층으로 다층 반사 편광기 필름을 구성하였다.
- [0268] 상기한 PEN 및 CoPEN5050HH를 다층 용융물 매니폴드를 통해 동시압출하여 275개의 교대되는 제1 및 제2 광학 층들을 갖는 다층 광학 필름을 생성시켰다. 이 275 층 다층 적중물을 3 부분으로 나누어 쌓아서 835 층들을 형성하였다. PEN층들이 제1 광학 층들이었고, CoPEN5050HH 층들이 제2 광학 층들이었다. 제1 및 제2 광학 층들 외에, 역시 CoPEN5050HH로 이루어진 한 세트의 비-광학 층들을 광학 층 적중물의 어느 한 면 상에서 PBL(보호 경계 층)으로 동시압출시켰다. 2 세트의 SA115 스킨 층들을 또한 추가적인 용융물 포트를 통해 PBL 비-광학 층들의 외부 면 상에 동시압출시켰다. 다층 필름 구성물의 층 순서는 다음과 같았다: SA115 스킨 층, a CoPEN5050HH PBL 층, 825개의 교대되는 광학 층들 PEN/CoPEN5050HH의 층들, 제2 CoPEN5050HH PBL 층, 및 제2 SA115 스킨 층.
- [0269] 다층 압출된 필름을 15 미터/분(45 피트/분)으로 칠 롤 상에 주조하여 오븐 중에서 150 °C(302 °F)에서 30초 동안 가열한 다음, 5.5:1 연신비로 일축으로 배향시켰다. 배향 후, 연신된 다층 필름을 200 °C에서 15초 동안 열경화 오븐을 통과시켰다. 대략 150 마이크로(6 밀) 두께를 갖는 반사 편광기 필름이 제조되었다. 이 필름은 기계적으로 무르지 않았고, 쉽게 필름 롤로 권취될 수 있으며, 파단 없이 필름 필름 부품으로 다이 컷 할 수 있었다.
- [0270] **실시예 4**
- [0271] 다층 광학 필름 - CoPEN9010/SA115/SA115 반사 편광기 필름
- [0272] 폴리에틸렌 나프탈레이트(CoPEN9010)로부터 생성된 제1 광학 층 및 이스트먼 케미칼 캄파니로부터 상품명 "SA115" 하에 상업적으로 입수가 가능한 지환족 폴리에스테르/폴리카보네이트 블렌드로부터 생성된 제2 광학 층과 스킨층으로 다층 반사 편광기 필름을 구성하였다.
- [0273] 이 CoPEN9010을 SA115와 함께 다층 용융물 매니폴드를 통해 동시압출하여 275개의 교대되는 제1 및 제2 광학 층들을 갖는 다층 광학 필름을 생성시켰다. CoPEN9010 층들이 제1 광학 층들이었고, SA115 층들이 제2 광학 층들이었다. 제1 및 제2 광학 층들 외에, 역시 SA115로 이루어진 한 세트의 비-광학 층들을 광학 층 적중물의 어느 한 면 상에서 PBL(보호 경계 층)으로 동시압출시켰다. SA115로 된 2개의 스킨 층들을 또한 추가적인 용융물 포트를 통해 PBL 비-광학 층들의 외부 면 상에 동시압출시켰다. 다층 필름 구성물의 층 순서는 다음과 같았다: SA115 외부 스킨 및 PBL 층, 275개의 교대되는 광학 층들 CoPEN9010 및 SA115의 층들, 및 추가의 세트의 SA115 PBL 및 외부 스킨 층.
- [0274] 다층 압출된 필름을 22 미터/분(66 피트/분)으로 칠 롤 상에 주조하여 오븐 중에서 139 °C(283 °F)에서 30초 동

안 가열한 다음, 6:1 연신비로 거의 진정하게 일축으로 배향시켰다. 배향 후, 연신된 다층 필름을 200 °C에서 15초 동안 열 경화 오븐을 통과시켰다. 기계적으로 무르지 않고, 쉽게 필름 롤로 권취될 수 있으며, 파단 없이 필름 필름 부품으로 다이 컷 할 수 있는 대략 30 마이크론(1.2 밀) 두께를 갖는 반사 편광기 필름이 제조되었다.

[0275] **상기 실시예를 구성하는 중합체의 설명**

[0276] PEN의 제조

[0277] 제1 광학 층을 형성하는데 사용된 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN)를 하기 원료 충전물로 배치식 반응기 중에서 합성하였다: 디메틸 나프탈렌 디카르복실레이트(136 kg), 에틸렌 글리콜(73 kg), 아세트산망간(II)(27 g), 아세트산코발트(II)(27 g) 및 아세트산안티몬(III)(48 g). 2 기압(1520 torr 또는 2×10^5 N/m²)의 압력 하에서, 이 혼합물을 254 °C로 가열하면서 메탄올(에스테르교환반응 부산물)을 제거하였다. 메탄올 35 kg을 제거한 후 트리에틸 포스포노아세테이트(49 g)을 반응기에 충전하고 압력을 점차적으로 1 torr(131 N/m²)로 감소시키면서 290 °C로 가열하였다. 0.48 dL/g(60/40 중량% 페놀/o-디클로로벤젠 중에서 측정)의 고유 점도를 갖는 중합체가 제조될 때까지 응축 반응 부산물인 에틸렌 글리콜을 연속적으로 제거하였다.

[0278] CoPEN9010의 제조

[0279] 제1 광학 층을 형성하는데 사용된 코폴리에틸렌 나프탈레이트(CoPEN9010)을 하기 원료 충전물로 배치식 반응기 중에서 합성하였다: 126 kg 디메틸 나프탈렌 디카르복실레이트, 11 kg 디메틸 테레프탈레이트, 75 kg 에틸렌 글리콜, 27 g 아세트산망간, 27 g 아세트산코발트, 및 48 g 삼아세트산안티몬. 2 기압(1520 torr 또는 2×10^5 N/m²)의 압력 하에서, 이 혼합물을 254 °C로 가열하면서 메탄올을 제거하였다. 메탄올 36 kg을 제거한 후 트리 에틸 포스포노아세테이트 49 g을 반응기에 충전하고 압력을 점차적으로 1 torr로 감소시키면서 290 °C로 가열하였다. 0.50 dL/g(60/40 중량% 페놀/o-디클로로벤젠 중에서 측정)의 고유 점도를 갖는 중합체가 제조될 때까지 응축 반응 부산물인 에틸렌 글리콜을 연속적으로 제거하였다.

[0280] CoPEN5545HD의 제조

[0281] 제2 광학 층을 형성하는데 사용된 코폴리에틸렌-헥사메틸렌 나프탈레이트 중합체(CoPEN5545HD)를 하기 원료 충전물로 배치식 반응기 중에서 합성하였다: 디메틸 2,6-나프탈렌디카르복실레이트(88.5 kg), 디메틸 테레프탈레이트(57.5 kg), 1,6-헥산 디올(4.7 kg), 에틸렌 글리콜(81 kg), 트리메틸올프로판(239 g), 아세트산코발트(II)(15 g), 아세트산아연(22 g), 및 아세트산안티몬(III)(51 g). 2 기압(2×10^5 N/m²)의 압력에서 혼합물을 254 °C의 온도로 가열하여 혼합물이 반응하도록 하면서 메탄올 반응 생성물을 제거하였다. 반응이 완료되고 메탄올(대략 39.6 kg)을 제거한 후, 반응 용기에 트리에틸 포스포노아세테이트(37 g)을 충전하고 압력을 1 torr(263 N/m²)으로 감소하면서 290 °C로 가열하였다. 페놀 및 o-디클로로벤젠의 60/40 중량% 혼합물 중에서 측정하였을 때 0.56 dl/g의 고유 점도를 갖는 중합체가 제조될 때까지 응축 반응 부산물인 에틸렌 글리콜을 연속적으로 제거하였다. 이 방법에 의해 제조된 CoPEN5545HD 중합체는 분 당 20 °C의 온도 상승 속도로 시차 주사 열량계에 의해 측정하였을 때 94 °C의 유리 전이 온도(Tg)를 가졌다. CoPEN5050HHH 중합체는 632 nm에서 1.612의 굴절율을 가졌다.

[0282] CoPEN7525HD의 제조

[0283] 제2 광학 층을 형성하는데 사용된 코폴리에틸렌-헥사메틸렌 나프탈레이트 중합체(CoPEN7525HD)를 하기 원료 충전물로 배치식 반응기 중에서 합성하였다: 디메틸 2,6-나프탈렌디카르복실레이트(114.8 kg), 디메틸 테레프탈레이트(30.4 kg), 1,6-헥산 디올(5.9 kg), 에틸렌 글리콜(75 kg), 트리메틸올 프로판(200g), 아세트산코발트(II)(15 g), 아세트산아연(22 g), 및 아세트산안티몬(III)(51 g). 2 기압(2×10^5 N/m²)의 압력에서 혼합물을 254 °C의 온도로 가열하여 혼합물이 반응하도록 하면서 메탄올 반응 생성물을 제거하였다. 반응이 완료되고 메탄올(대략 39.6 kg)을 제거한 후, 반응 용기에 트리에틸 포스포노아세테이트(37 g)을 충전하고 압력을 1 torr(263 N/m²)으로 감소하면서 290 °C로 가열하였다. 페놀 및 o-디클로로벤젠의 60/40 중량% 혼합물 중에서 측정하였을 때 0.52 dl/g의 고유 점도를 갖는 중합체가 제조될 때까지 응축 반응 부산물인 에틸렌 글리콜을 연속적으로 제거하였다. 이 방법에 의해 제조된 CoPEN7525HD 중합체는 분 당 20 °C의 온도 상승 속도로 시차 주사 열량계에 의해 측정하였을 때 102 °C의 유리 전이 온도(Tg)를 가졌다. CoPEN7525HD 중합체는 632 nm에서 1.624의 굴절율을 가졌다.

[0284] CoPEN5050HHH의 제조

[0285] 제2 광학 층을 형성하는데 사용된 코폴리에틸렌-헥사메틸렌 나프탈레이트 중합체(CoPEN5050HH)를 하기 원료 충전물로 배치식 반응기 중에서 합성하였다: 디메틸 2,6-나프탈렌디카르복실레이트(80.9 kg), 디메틸 테레프탈레이트(64.1 kg), 1,6-헥산 디올(15.45 kg), 에틸렌 글리콜(75.4 kg), 트리메틸올 프로판(2 kg), 아세트산코발트(II)(25 g), 아세트산아연(40 g), 및 아세트산안티몬(III)(60 g). 2 기압(2×10^5 N/m²)의 압력에서 혼합물을 254 °C의 온도로 가열하여 혼합물이 반응하도록 하면서 메탄올 반응 생성물을 제거하였다. 반응이 완료되고 메탄올(대략 42.4 kg)을 제거한 후, 반응 용기에 트리에틸 포스포노아세테이트(55 g)을 충전하고 압력을 1 torr(263 N/m²)으로 감소하면서 290 °C로 가열하였다. 페놀 및 o-디클로로벤젠의 60/40 중량% 혼합물 중에서 측정하였을 때 0.55 dl/g의 고유 점도를 갖는 중합체가 제조될 때까지 응축 반응 부산물인 에틸렌 글리콜을 연속적으로 제거하였다. 이 방법에 의해 제조된 CoPEN5050HH 중합체는 분 당 20 °C의 온도 상승 속도로 시차 주사 열량계에 의해 측정하였을 때 85 °C의 유리 전이 온도(Tg)를 가졌다. CoPEN5050HH 중합체는 632 nm에서 1.601의 굴절율을 가졌다.

[0286] CoPEN-tbia의 제조

[0287] CoPEN-tbia 중합체의 합성을 하기 물질들이 충전된 배치식 반응기 중에서 수행하였다: 디메틸 2,6-나프탈렌디카르복실레이트(47.3 kg), 디메틸 테레프탈레이트(18.6 kg), 1,4-시클로헥산 디메탄올(40.5 kg), 네오헥틸 글리콜(15 kg), 에틸렌 글리콜(41.8 kg), 트리메틸올 프로판(2 kg), 아세트산코발트(II)(36.3 g), 아세트산아연(50 g), 및 아세트산안티몬(III)(65 g). 2 기압(2×10^5 N/m²)의 압력에서 혼합물을 254 °C의 온도로 가열하여 혼합물이 반응하도록 하면서 메탄올 반응 생성물을 제거하였다.

[0288] 반응이 완료되고 모든 메탄올(대략 13.1 kg)을 제거한 후, 반응 용기에 3차-부틸 이소프탈레이트(43,2 kg)을 충전하였다. 대략 7.4 kg의 물이 제거되고 반응이 완료될 때까지 반응을 254 °C에서 계속하였다. 반응 용기에 트리에틸 포스포노아세테이트(70 g)을 충전하고 압력을 1 torr(263 N/m²)으로 감소하면서 290 °C로 가열하였다. 페놀 및 o-디클로로벤젠의 60/40 중량% 혼합물 중에서 측정하였을 때 0.632 dl/g의 고유 점도를 갖는 중합체가 제조될 때까지 응축 반응 부산물인 에틸렌 글리콜을 연속적으로 제거하였다. 이 방법에 의해 제조된 CoPEN-tbia 중합체는 분 당 20 °C의 온도 상승 속도로 시차 주사 열량계에 의해 측정하였을 때 102 °C의 유리 전이 온도(Tg)를 가졌다. CoPEN-tbia 중합체는 1.567의 굴절율을 가졌다.

[0289] 본원에서 언급되거나 또는 인용된 모든 특허, 특허 출원, 임시 출원, 및 공개는 모든 도면 및 표들을 포함하여 그의 전체가, 본 명세서의 명시된 내용과 불일치하지 않는 정도로 참고문헌으로 인용된다.

[0290] 본원에서 기재된 실시예 및 실시태양들은 단지 예시를 위한 것이고, 그에 비추어 다양한 변형 또는 변화가 당업계의 통상의 숙련인에게 제시될 것이며 본 출원의 본질 및 권한 내에 포함되는 것임을 이해해야 한다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 PEN에 대한 주요 굴절율 동향에 대한 플롯이다.

[0009] 도 2는 필름을 스트레칭시키는데 사용된 선행 기술의 폭출기 장치의 개략적 상면도이다.

[0010] 도 3은 스트레칭 공정 전과 후의 도 2에 묘사된 선행 기술 방법에서의 필름의 일부분에 대한 투시도이다.

[0011] 도 4는 PEN에서의 열 경화시의 비대칭적인 굴절율 성장에 대한 플롯이다.

[0012] 도 5는 CoPEN에 대한 주요 굴절율 동향에 대한 플롯이다.

[0013] 도 6은 CoPEN에 대한 주요 굴절율 동향에 대한 플롯이다.

[0014] 도 7은 스트레치 전과 후의 필름을 보여주는 다층 광학 필름을 연신시키기 위한 선행 기술의 배치식 방법을 개략적으로 예시한다.

[0015] 도 8은 본 발명의 한 실시태양에 따른 스트레칭 공정을 개략적으로 예시한다.

[0016] 도 9는 본 발명의 한 실시태양에 따른 공정 단계들을 보여주는 블록도이다.

[0017] 도 10은 스트레칭 장치의 일부분에 대한 개략적 상부도이다.

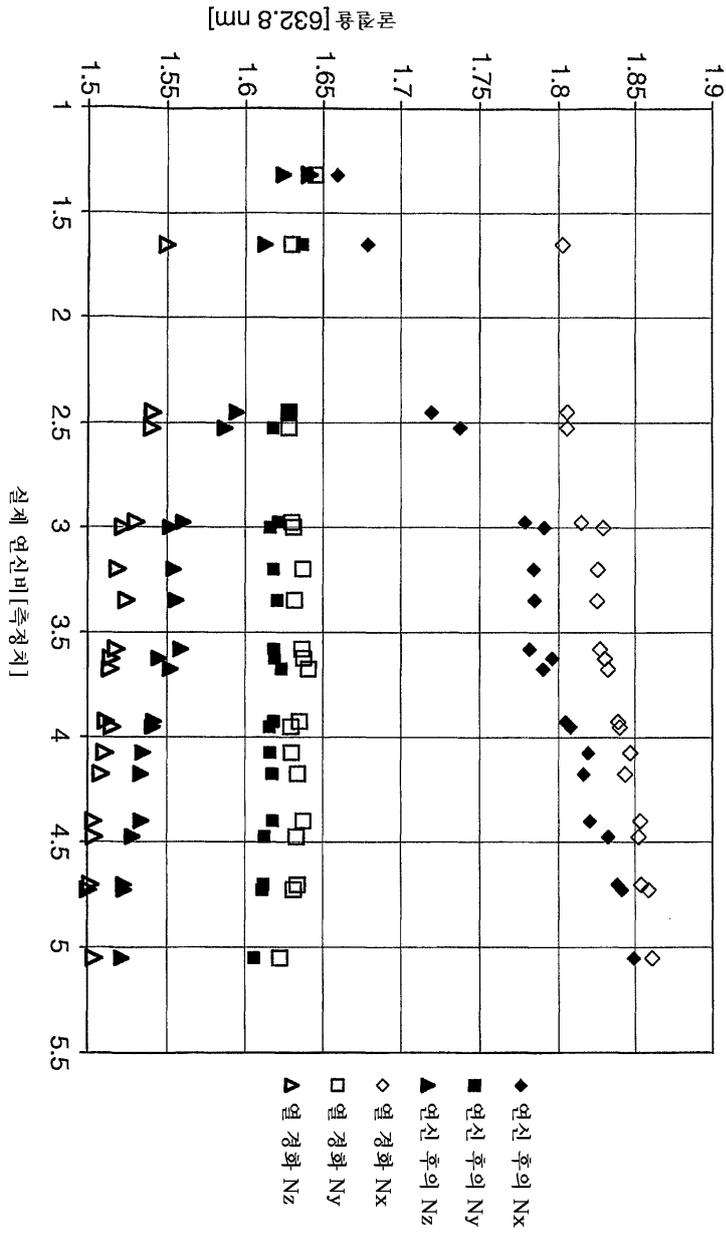
[0018] 도 11은 도 10의 장치의 일부분에 대한 상부도이다.

[0019] 도 12는 도 10의 장치에 사용될 수 있는 그림핑 부재 배열의 단면도를 예시한다.

- [0020] 도 13은 스트레칭 장치의 한 실시태양을 예시하는 트랙의 일부분을 개략적으로 예시한다.
- [0021] 도 14는 스트레칭 장치의 1차 스트레칭 구역에 대한 조정가능한 트랙의 한 실시태양을 개략적으로 예시한다.
- [0022] 도 15는 스트레칭 장치에 대한 트랙 형태 제어 유닛 및 트랙의 한 실시태양의 개략적 측면 횡단면도이다.
- [0023] 도 16은 도 10의 한 실시태양의 트랙 형태 제어 유닛 및 트랙의 일부분에 대한 개략도이다.
- [0024] 도 17은 도 10의 한 실시태양의 트랙 형태 제어 유닛 및 트랙의 다른 부분에 대한 개략도이다.
- [0025] 도 18은 스트레칭 장치의 1차 스트레칭 구역에 대한 트랙의 다른 실시태양을 개략적으로 예시한다.
- [0026] 도 19는 스트레칭 장치의 1차 스트레칭 구역에 대한 적합한 경계 궤도의 예에 대한 그래프이다.
- [0027] 도 20은 상이한 포물선 모습을 갖는 상이한 스트레칭 구역들의 사용을 예시하는, 스트레칭 장치의 1차 스트레칭 구역에 대한 적합한 경계 궤도의 예에 대한 그래프이다.
- [0028] 도 21은 적합한 포물선 또는 실질적으로 포물선 경계 궤도에 직선상으로 접근하는 경계 궤도를 포함하는, 스트레칭 장치의 1차 스트레칭 구역에 대한 적합한 경계 궤도의 예에 대한 그래프이다.
- [0029] 도 22는 본 발명에 따른 스트레칭 장치에 대한 인취(引取)장치 시스템의 한 실시태양을 개략적으로 예시한다.
- [0030] 도 23은 스트레칭 장치에 대한 인취장치 시스템의 다른 실시태양을 개략적으로 예시한다.
- [0031] 도 24는 스트레칭 장치에 대한 인취장치 시스템의 제3의 실시태양을 개략적으로 예시한다.
- [0032] 도 25는 스트레칭 장치에 대한 인취장치 시스템의 제4의 실시태양을 개략적으로 예시한다.
- [0033] 도 26은 스트레칭 장치에 대한 인취장치 시스템의 제5의 실시태양을 개략적으로 예시한다.
- [0034] 도 27은 예를 들면, 도 2에 예시된 것과 같은 종래의 스트레칭 장치에 사용하기 위한, 인취장치 시스템의 한 실시태양을 개략적으로 예시한다.
- [0035] 도 28은 조성에 따른 굴절율 동향에 대한 플롯이다.
- [0036] 상기한 도면 그림들이 본 발명의 몇몇 예시적인 실시태양들을 기재하고 있지만, 다른 실시태양들도 또한 계획된다. 본 발명은 제한하는 것이 아닌 대표하는 방식으로 본 발명의 예시적인 실시태양들을 제공한다. 본 발명의 원리의 본질 및 범위 내에 속하는 수많은 다른 변형 및 실시태양들이 당 업계의 통상의 숙련인들에 의해 고안될 수 있다. 도면 그림들은 실제 비율대로 그려진 것은 아니다.
- [0037] 또한, 실시태양들 및 성분들을 "제1", "제2", "제3" 등의 명칭으로 언급했지만, 이들 설명들은 인용의 편의상 부여된 것으로 선호하는 순서를 암시하지 않는다. 명칭들은 명료함을 위하여 단지 상이한 실시태양들을 구별하기 위하여 제공된다.
- [0038] 달리 나타내지 않는다면, 본 명세서 및 특허청구의 범위에 사용된 특정부 크기, 양 및 물리적 특성들을 나타내는 모든 숫자들은 모든 경우에 용어 "약"의 수식을 받는 것으로 이해되어야 한다. 따라서, 반대로 나타내지 않는다면, 기재된 숫자들은 본원에 개시된 내용을 사용할 때 바람직한 특성들에 따라 변할 수 있는 어림 값이다.

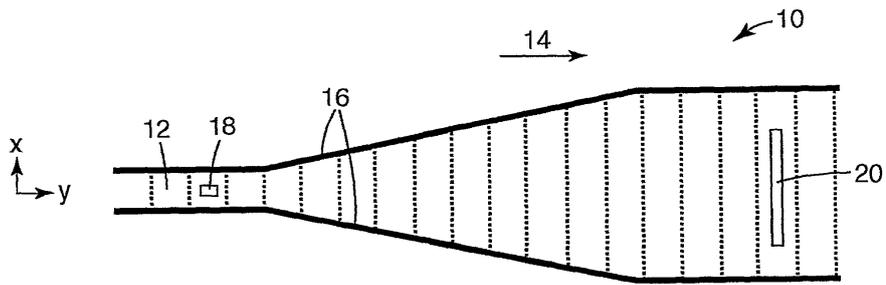
도면

도면1



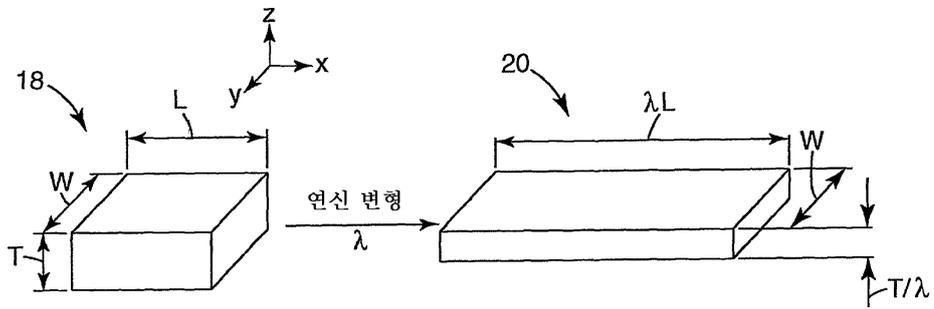
도면2

(선행 기술)

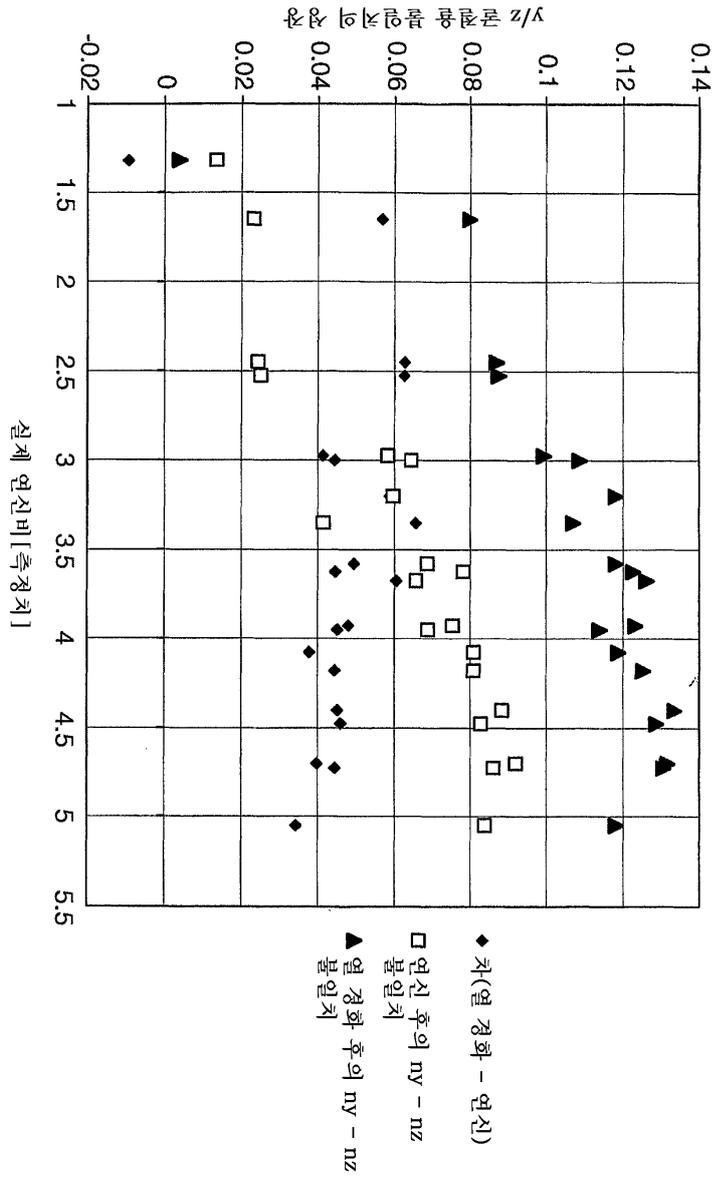


도면3

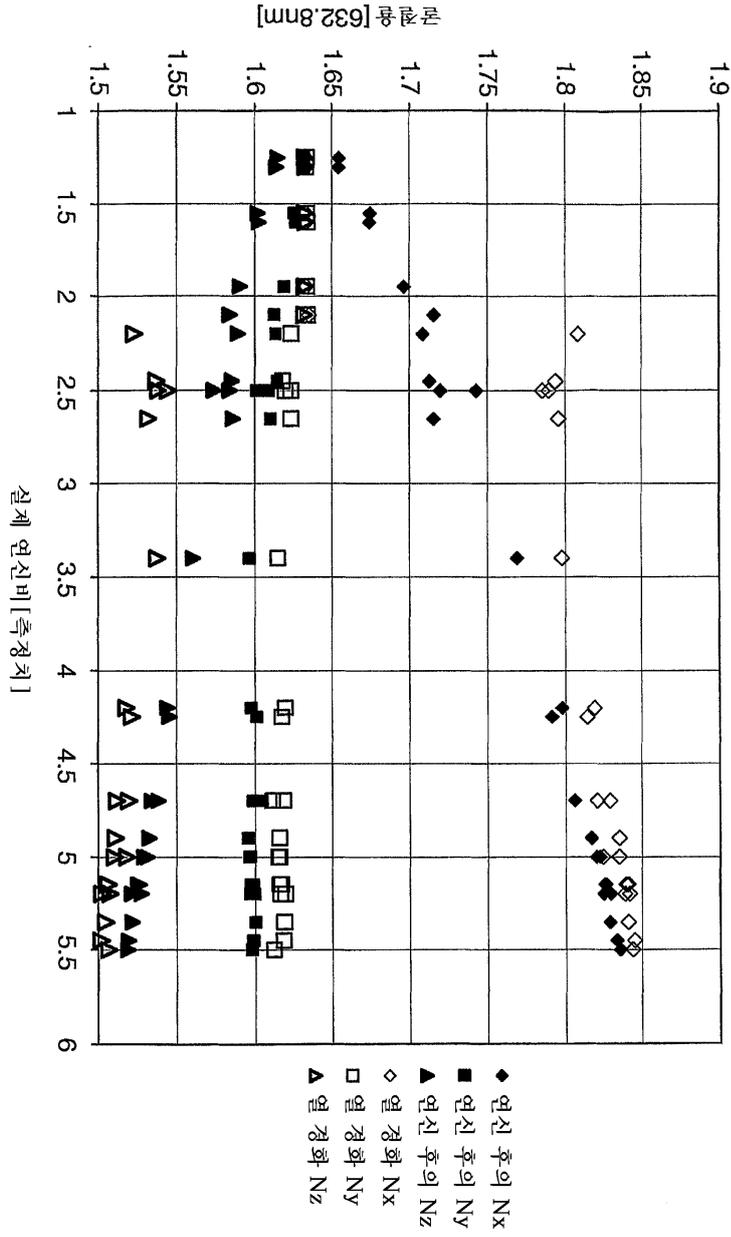
(선행 기술)



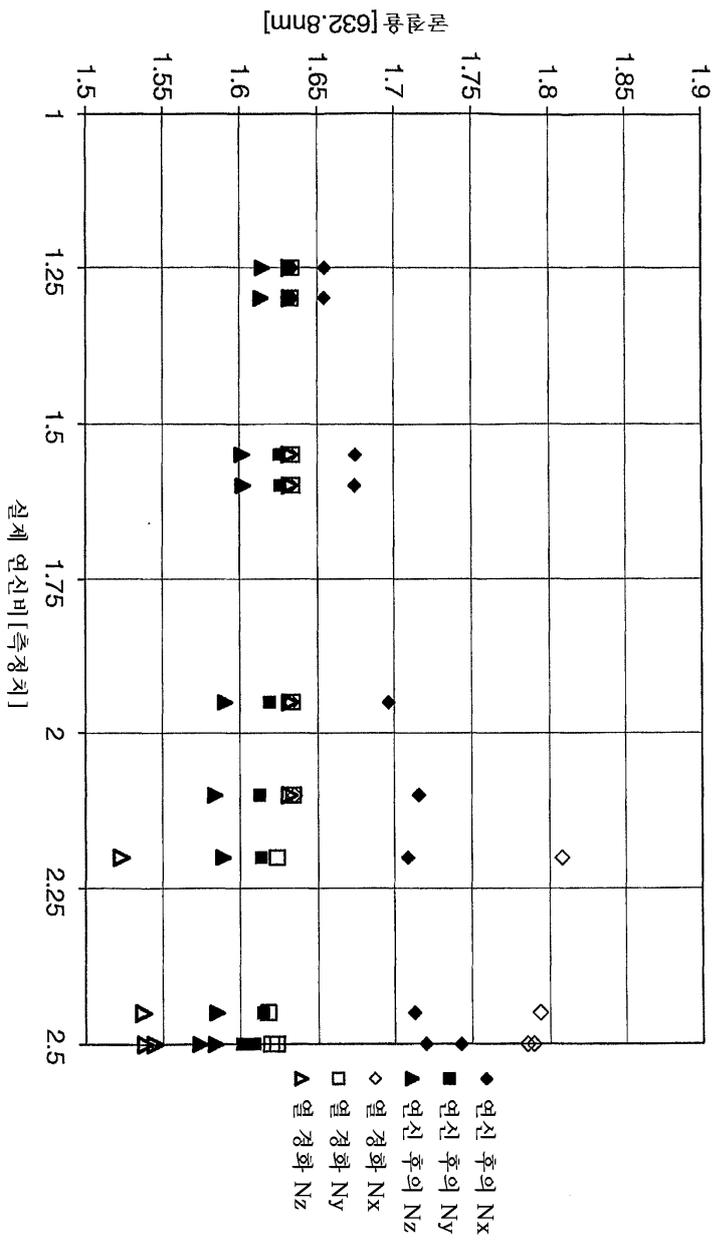
도면4



도면5

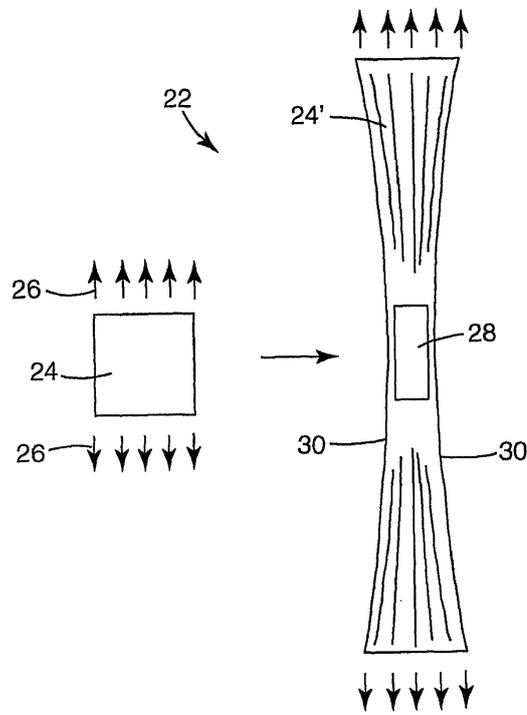


도면6

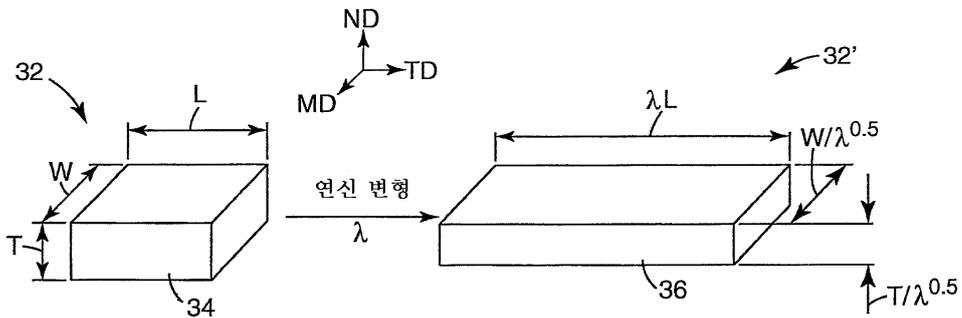


도면7

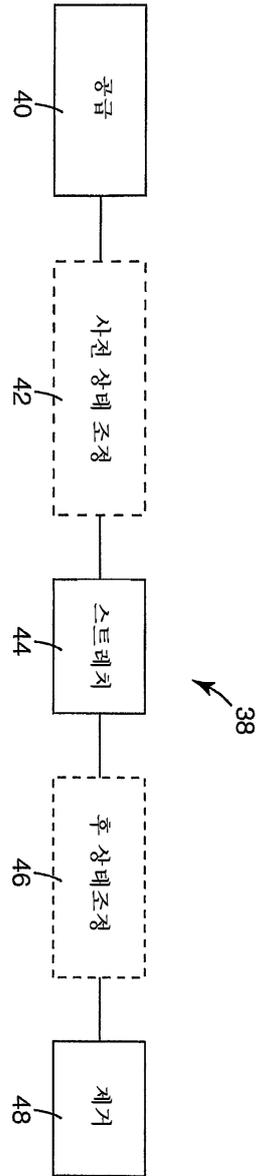
(선행 기술)



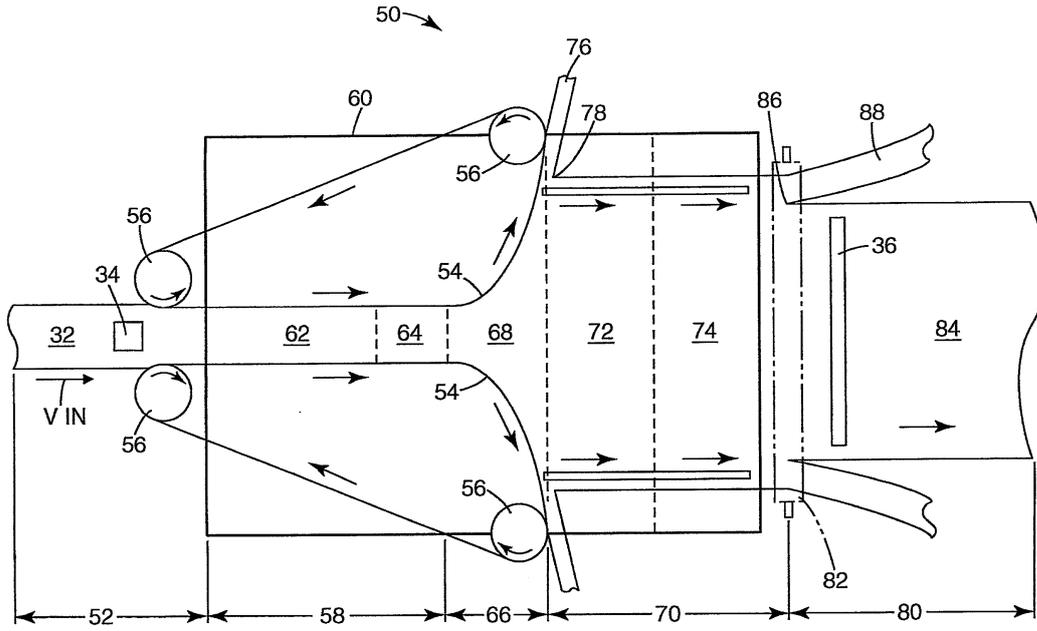
도면8



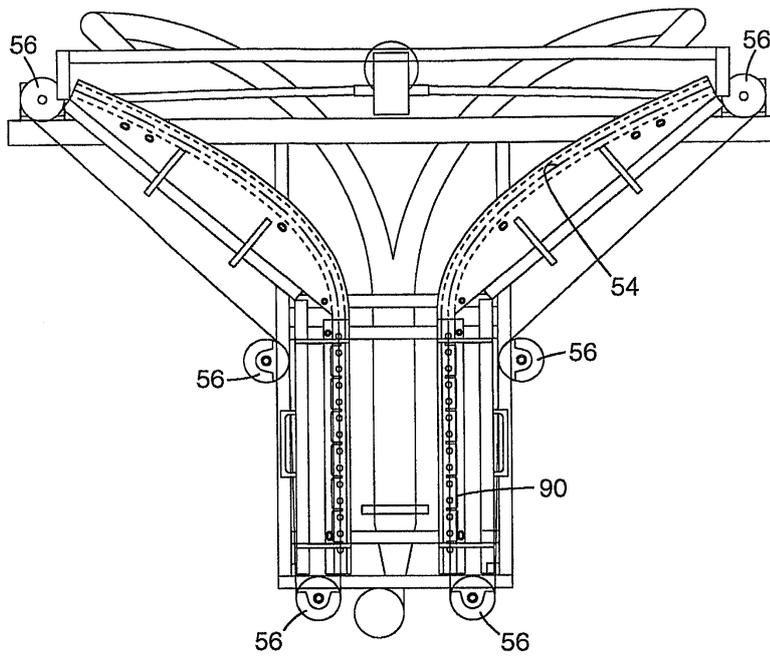
도면9



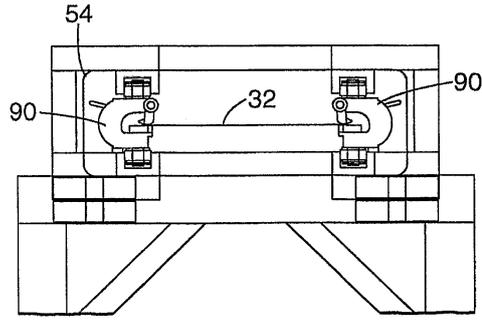
도면10



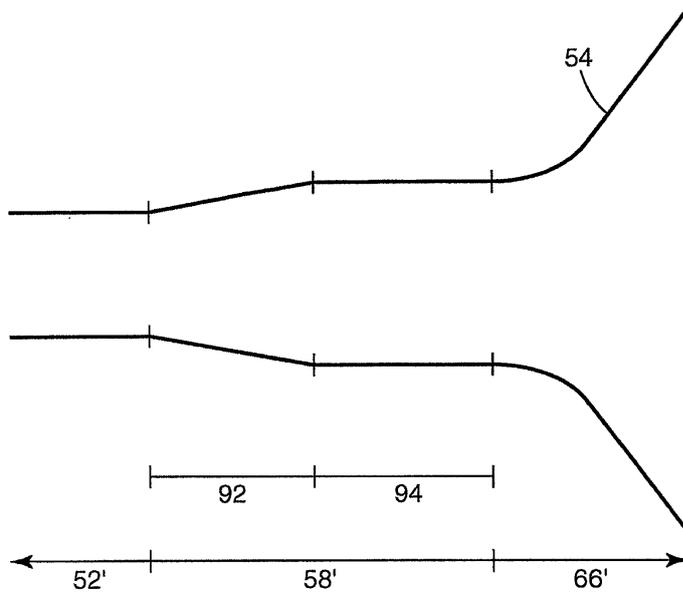
도면11



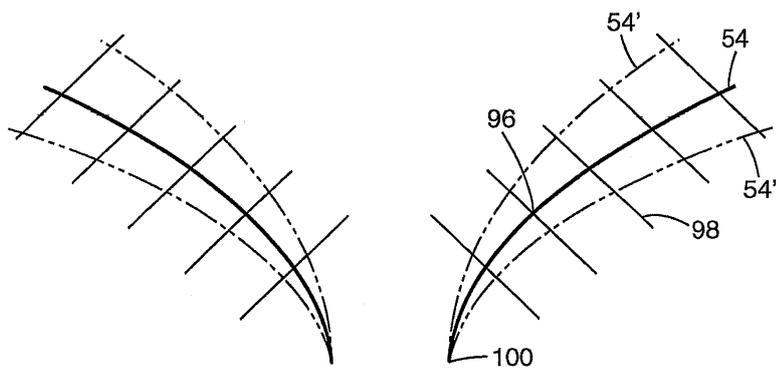
도면12



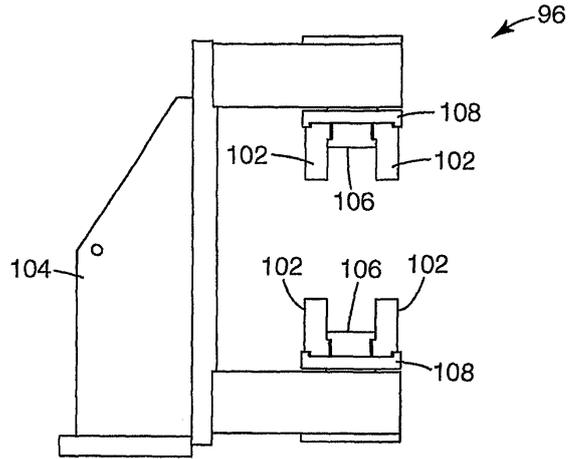
도면13



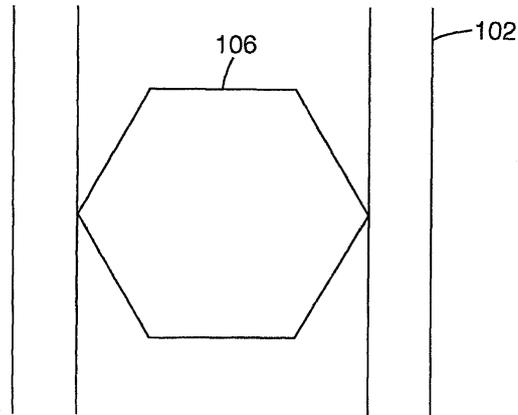
도면14



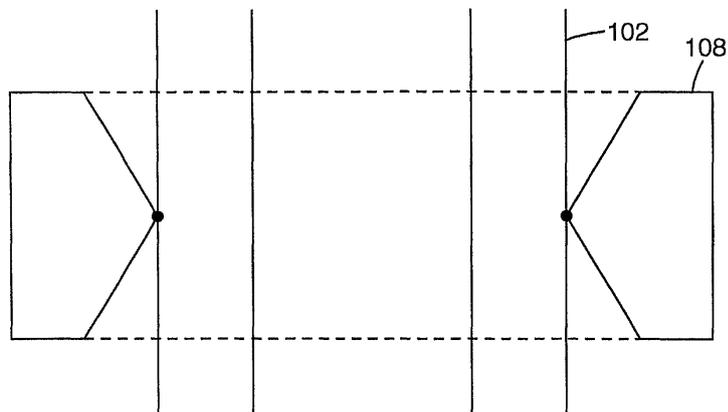
도면15



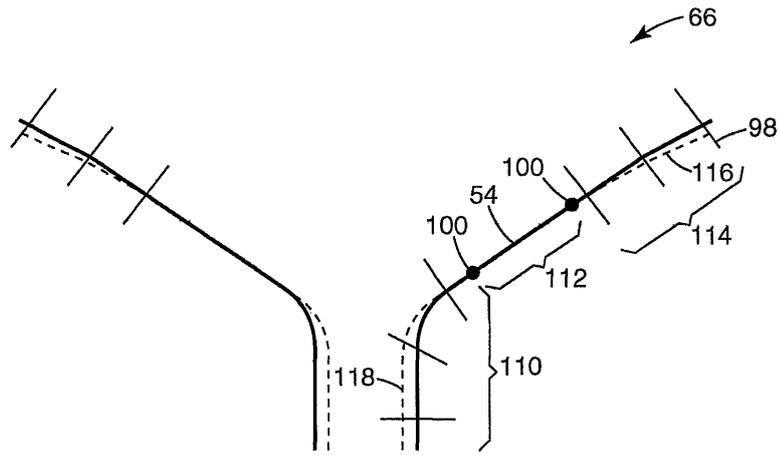
도면16



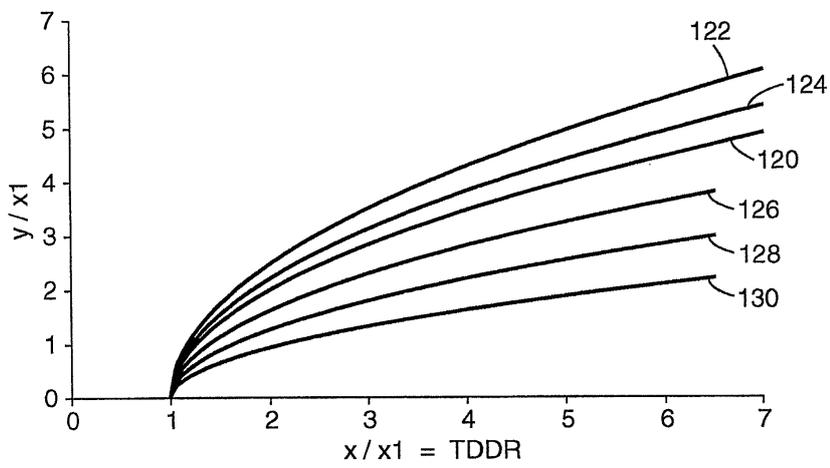
도면17



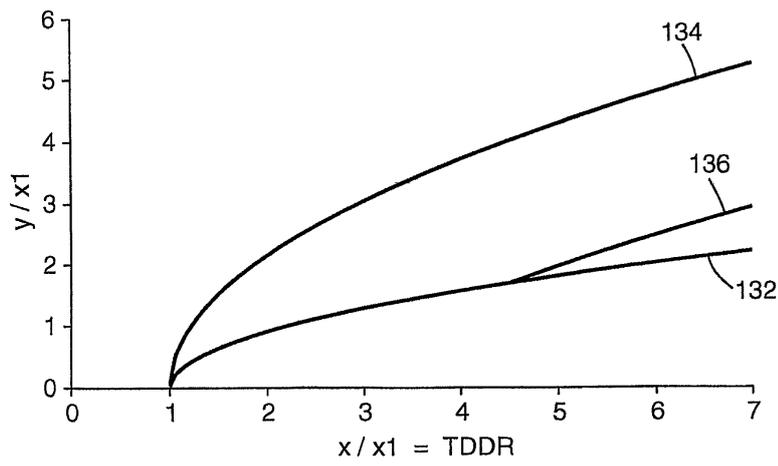
도면18



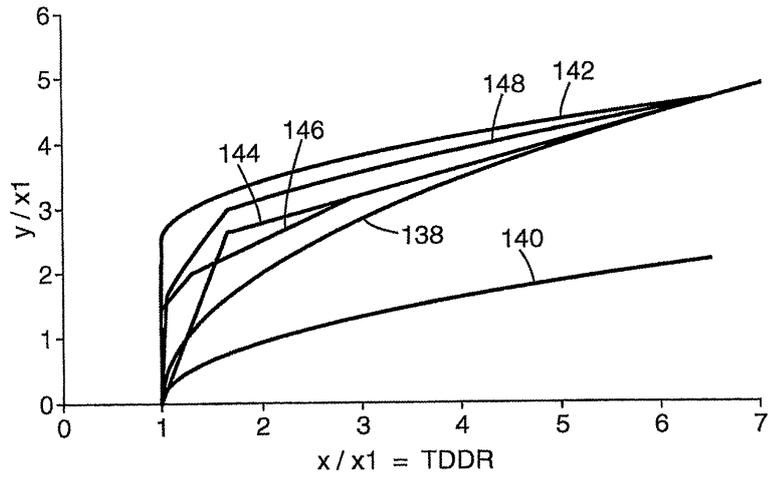
도면19



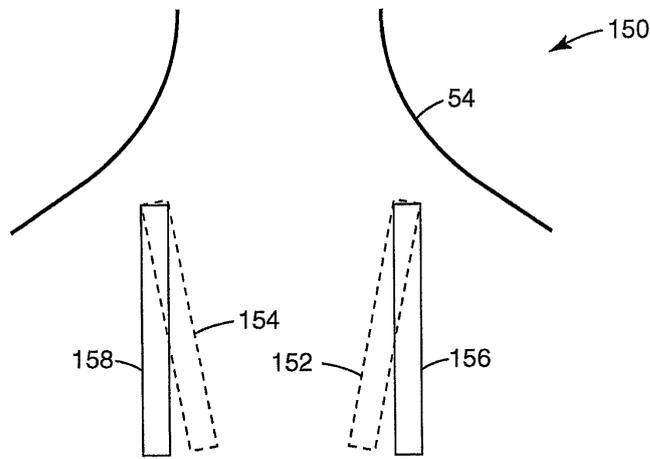
도면20



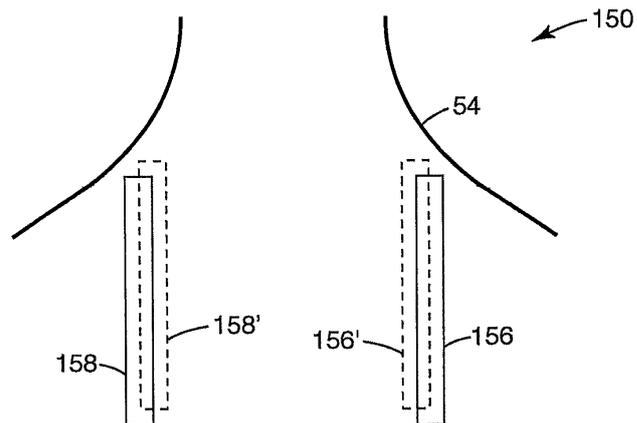
도면21



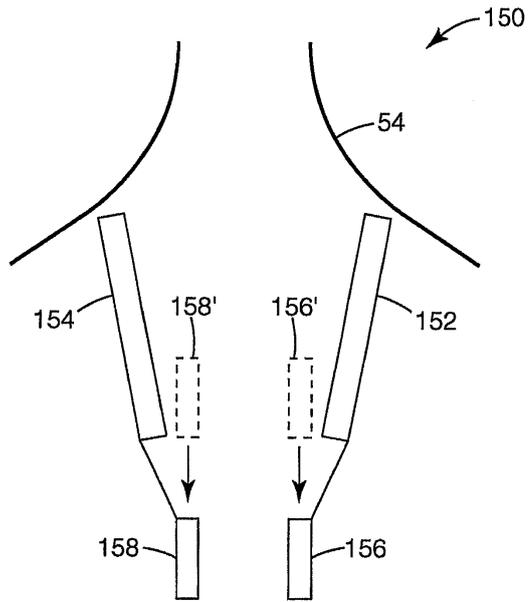
도면22



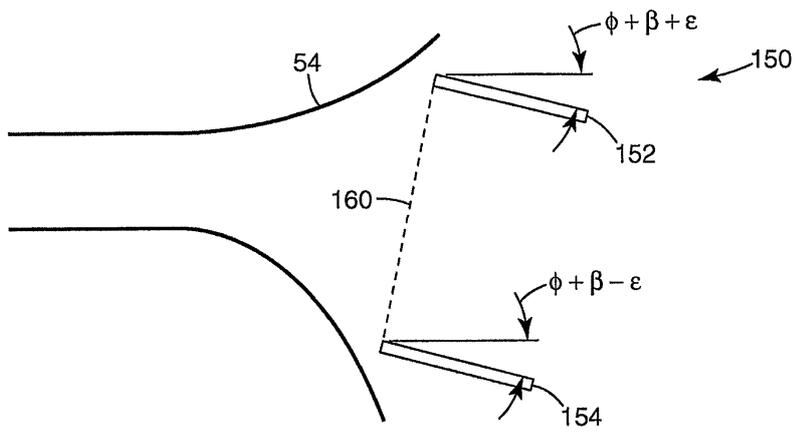
도면23



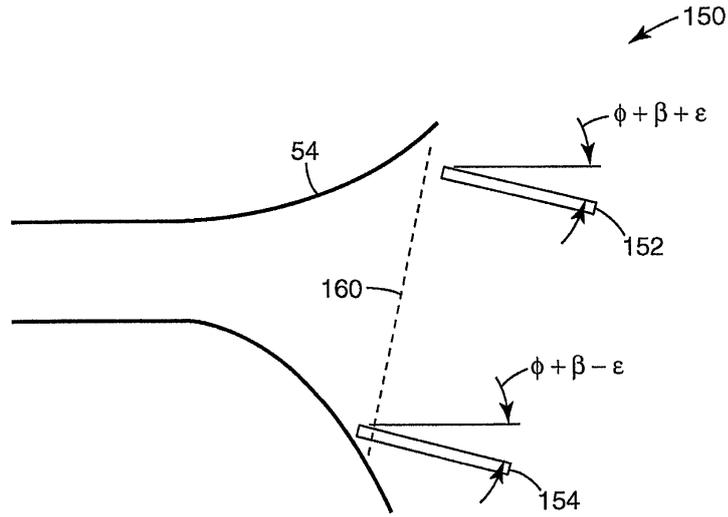
도면24



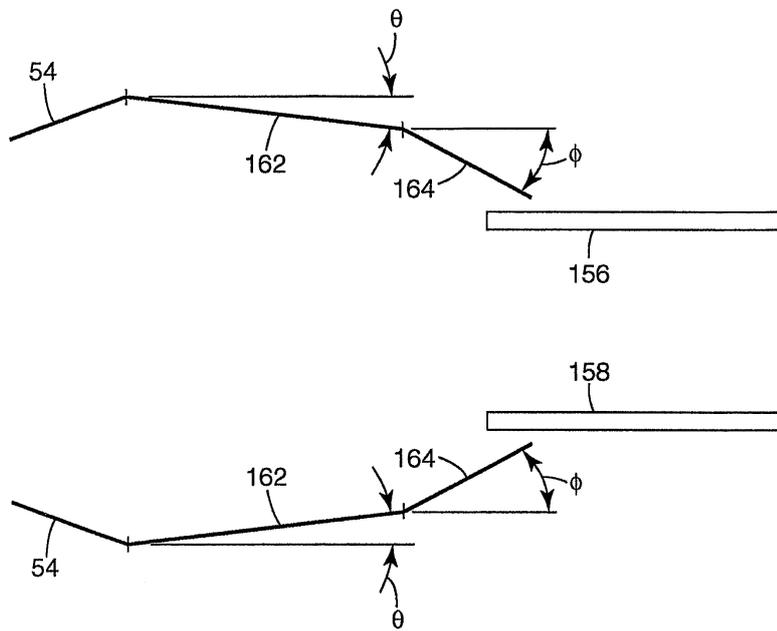
도면25



도면26



도면27



도면28

