



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2014-0036282  
(43) 공개일자 2014년03월25일

- |   |   |
|---|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/>G03H 1/04 (2006.01) G03H 1/02 (2006.01)<br/>G02B 5/18 (2006.01) G02B 5/32 (2006.01)<br/>G03H 1/26 (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2013-7035114</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2012년06월06일<br/>심사청구일자 없음</p> <p>(85) 번역문제출일자 2013년12월31일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/EP2012/060684</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2012/168293<br/>국제공개일자 2012년12월13일</p> <p>(30) 우선권주장<br/>102011051213.6 2011년09월22일 독일(DE)<br/>(뒷면에 계속)</p> | <p>(71) 출원인<br/>시리얼 테크놀로지스 에스.에이.<br/>룩셈부르크 엘-5365 핀스바흐 빠르프 닥띠비떼 시르달 6베</p> <p>(72) 발명자<br/>푸에테러 게랄드<br/>독일 01309 드레스덴 츠침머스트라세 25</p> <p>(74) 대리인<br/>김태홍</p> |
|---|---|

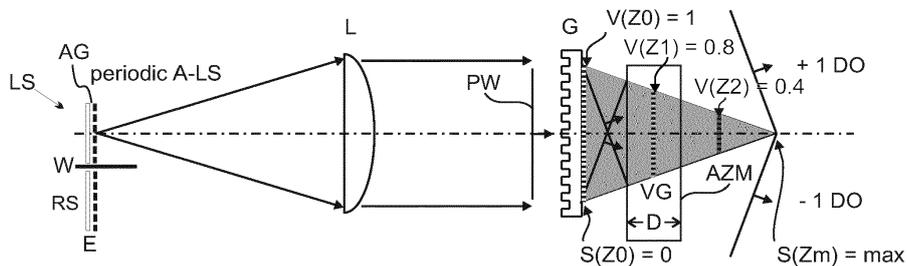
전체 청구항 수 : 총 58 항

(54) 발명의 명칭 **얇은 체적 격자 스택의 층상 형성을 위한 방법과 장치 및 홀로그래픽 디스플레이를 위한 빔 컴바이너**

**(57) 요약**

본 발명은 노출광의 미리 정해진 파장( $\lambda$ )에 감응하는 적어도 하나의 광감성 층을 포함하는 기록 매체(AZM)에서 노광에 의해 적어도 하나의 체적 격자(VG)의 층상 형성을 위한 방법 및 장치에 관한 것이다. 각각의 체적 격자(VG)는 기록 매체(AZM)에서 간섭성 광의 적어도 2개의 간섭 파면(WF1, WF2)에 의해 형성되고, 상기 파면들은 기록 매체(AZM)에서 미리 정해진 깊이( $z$ )에 미리 정해진 각도( $2\theta$ )로 간섭 콘트라스트와 중첩된다. 기록 매체(AZM)에서 체적 격자(VG)의 굴절률- 및/또는 투과율 변조의 깊이( $z$ )와 두께는 광 확산( $z$ ) 방향으로 간섭 파면(WF1, WF2)의 공간적 및/또는 시간적 간섭도( $\Gamma$ )에 의해 조절된다. 또한, 본 발명은 홀로그래픽 디스플레이를 위한 빔 컴바이너 및 효율이 증가한 태양광 모듈에 관한 것이다.

**대표도** - 도1b



(30) 우선권주장

102011076945.5 2011년06월06일 독일(DE)

102011084379.5 2011년10월12일 독일(DE)

102012101299.7 2012년02월17일 독일(DE)

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

노출광의 미리 정해진 파장( $\lambda$ )에 감응하는 적어도 하나의 감광성 층을 포함하는 기록 매체(AZM)에서 노광에 의해 적어도 하나의 체적 격자(VG)의 층상 형성을 위한 방법으로서,

- 각각의 체적 격자(VG)는 기록 매체(AZM)에서 간섭성 광의 적어도 2개의 간섭 파면(WF1, WF2)에 의해 형성되고, 상기 파면들은 기록 매체(AZM)에서 미리 정해진 깊이(z)에서 미리 정해진 각도( $2\theta$ )로 미리 전해진 간섭 콘트라스트(V(z))와 중첩되고,
- 기록 매체(AZM)에서 체적 격자(VG)의 굴절률 변조 및/또는 투과율 변조의 깊이(z)와 두께는 광 확산(z) 방향으로 간섭 파면(WF1, WF2)의 공간적 및/또는 시간적 간섭도( $\Gamma$ )의 깊이에 따른 제어에 의해 조절되는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서, 시준된 파동장(PW)을 갖는 광원(LS)에 의해 조명되는 마스터 격자(G) 후방에 광 확산 방향(z)으로 상기 마스터 격자(G)에서 회절되고 상기 마스터 격자 후방에서 퍼지는 파동장들(WF1, WF2) 사이의 상대적인 측방향 변위(s(z))가 제공되고, 상기 변위는 조명될 파동장(PW)의 미리 정해진 복소 공간적 및/또는 시간적 간섭성 함수( $\Gamma$ )에 의해 서로 간섭하는 파동장(WF1, WF2)의 간섭 콘트라스트(V(z))의 미리 정해진 깊이에 따른 곡선을 형성하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 3**

제 2 항에 있어서, 간섭 파동장(WF1, WF2)은 마스터 격자(G)에서 상기 마스터 격자(G)의 조명을 위해 작용하는 광원(LS)으로부터 방사되어 시준된 그 파동장(PW)의 회절의 상이한 회절 차수이고, 상기 마스터 격자는 광 확산 방향으로 기록 매체(AZM)의 전방에 배치되는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 4**

제 2 항 또는 제 3 항에 있어서, 기록 매체의 특정 깊이(z)에서 간섭 콘트라스트(V(z))는 2개의 간섭 파동장(WF1, WF2)의 측방향 변위(s(z))에 의존하고, 상기 변위는 파동장의 확산 방향으로 좌표(z)의 함수이고, 이 경우 기록 매체(AZM)의 미리 정해진 깊이 영역서 형성되는 간섭 콘트라스트(V(z))의 미리 정해진 곡선은 마스터 격자(G)의 조명을 위해 작용하는 광원(LS)의 평면(E)에 제공된 진폭 격자(AG) 및/또는 위상 격자(PG)의 형태의 함수인 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 5**

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서, 기록 매체(AZM)의 미리 정해진 깊이(z)에 제공되는 간섭 콘트라스트(V(z))는 미리 정해진 굴절률 변조 및/또는 투과율 변조의 형태의 체적 격자(VG)를 기록 매체(AZM)에 형성되고, 상기 변조는 체적 격자(VG)의 각도 선택성( $\eta(\theta)$ ) 및/또는 파장 선택성( $\eta(\lambda)$ )을 규정하여 설정하는 것과, 체적 격자(VG)의 각도 선택성( $\eta(\theta)$ ) 및/또는 파장 선택성( $\eta(\lambda)$ )의 이차 최대치를 규정하여 억제하는 것을 가능하게 하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 6**

제 2 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 마스터 격자(G)의 조명을 위해 작용하는 광원(LS)의 평면(E)은 복소 광학 투과 함수를 포함하고, 상기 함수는 진폭- 및/또는 위상 격자, 진폭- 및/또는 위상 분포, 아포다이제이션 함수와 중복되는 진폭- 및/또는 위상 격자 또는 아포다이제이션 함수와 중복되는 진폭- 및/또는 위상 분포를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 7**

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 미리 정해진 깊이(z)에 형성될 수 있는 체적 격자(VG)의 각도 선택성( $\eta(\theta)$ ) 및/또는 파장 선택성( $\eta(\lambda)$ )의 형태는 굴절률 변조(n1(z))의 미리 정해진 곡선에 의해 광 확산

방향으로 조절될 수 있고, 상기 곡선은 예를 들어 싱크-, 코사인-, 가우스-, 또는 대략적으로는 제곱-함수의 제곱 형태의 아포다이제이션 함수를 나타내는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 8**

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 아포다이제이션 함수들( $n_1(z)$ )은 함수  $\sin(a(z-z_0))/(a(z-z_0))^{(n/m)}$ 에 비례하고, 이 경우 굴절률 변조는 싱크 함수의 값, 즉 제곱값 또는  $n/m$ 의 역( $n, m$ 은 정수)에 의존하고, 위상 길이는  $\sin(a(z-z_0))/(a(z-z_0))$ 의 부호에 의존해서 선택되는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 9**

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서, 미리 정해진 깊이( $z$ )에 형성될 수 있는 체적 격자(VG)의 각도 선택성( $n(\theta)$ )은 체적 격자의 두께에 의해 제어될 수 있고 및/또는 이 경우 광 확산 방향으로 차례로 또는 뒤섞여 배치된 적어도 2개의 체적 격자를 기록 매체(AZM) 내로 임프린트하기 위해, 상기 기록 매체는 규정된 두께(D)를 갖는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 10**

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서, 미리 정해진 깊이( $z$ )에서 형성될 수 있는 다수의 체적 격자(VG)는 각각 미리 정해진 광파장( $\lambda$ )에 대해 설계될 수 있거나, 또는 미리 정해진 깊이( $z$ )에 형성될 수 있는 다수의 체적 격자(VG)는 각각 미리 정해진 광파장( $\lambda$ )에 대해 설계될 수 있고, 상기 파장의 광에만 회절에 의해 영향을 미칠 수 있는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 11**

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서, 기록 매체(AZM)에서 노출광의 강도 변조의 깊이-아포다이제이션 및/또는 깊이-분리는 동적으로 조절되는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 12**

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서, 기록 매체(AZM)에서 체적 격자(VG)의 굴절률 변조( $n_1(z)$ )의 곡선은 마스터 격자(G)의 조명을 위해 작용하는 광원(LS)의 평면(E)에서 복속 진폭의 미리 정해진 조절에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 13**

제 1 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서, 마스터 격자(G)는 표면 릴리프 격자의 형태로 형성되고, 상기 격자의 면은 조명과 관련하여 체적 격자(VG)를 위한 기록 매체(AZM)의 면의 부분이거나 또는 상기 면에 상응하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 14**

제 1 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 있어서, 기록 매체(AZM) 내의 굴절률 변조( $n_1(z)$ )의 비대칭 프로파일은, 마스터 격자(G)의 조명을 위해 작용하는 광원(LS)의 평면(E)에서 위상- 및/또는 진폭 분포의 비대칭이 도입됨으로써 형성될 수 있고, 이 경우 마스터 격자(G)의 조명을 위해 작용하는 광원(LS)의 평면(E)에서 비대칭을 형성하기 위해 톱니 형상의 표면 릴리프 위상 격자가 사용될 수 있는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 15**

제 1 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서, 마스터 격자(G)에서 조명광의 회절의 0차 및 1차 회절 차수의 간섭에 대한 대안으로서, 기록 매체(AZM)에 체적 격자(VG)의 형성을 위해 0차 및 2차 회절 차수의 간섭이 이용될 수 있는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 16**

제 1 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 있어서, 기록 매체(AZM)는 개시체를 포함하고, 이 경우 기록 매체(AZM)의 개시체의 활성화를 위해 조명광의 직류 광 성분이 이용되거나 또는 기록 매체(AZM)의 개시체의 활성화를 위해 미리 정해진 파장( $\lambda$ ) 및/또는 광 강도를 갖는 조명광의 직류 광 성분이 이용되는 것을 특징으로 하는 방법.

법.

**청구항 17**

제 1 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 있어서, 기록 매체(AZM)로서 광학 또는 전기 제어 가능한 물질이 전환 가능한 체적 격자(VG)를 형성하는데 이용되는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 18**

제 1 항 내지 제 17 항 중 어느 한 항에 있어서, 형성된 체적 격자(VG)에서 광의 회절에 의해 상이한 재구성 형상이 고정적으로 미리 정해진 및/또는 전환 가능한 형태로 구현될 수 있거나 또는 형성된 체적 격자(VG)에서 광의 회절에 의해 평면파 대 평면파 또는 평면파 대 구형파 등과 같은 재구성 형상이 고정적으로 미리 정해진 및/또는 전환 가능한 형태로 구현될 수 있는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 19**

제 1 항 내지 제 18 항 중 어느 한 항에 있어서, 기록 매체(AZM)에 체적 격자(VG)의 기록 시 반사는 조명광의 공간적 및/또는 시간적 간섭성 특성( $\Gamma$ )의 미리 정해진 선택에 의해 억제되는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 20**

제 1 항 내지 제 19 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 마스터 격자(G)의 조명을 위해 작용하는 광원(LS)의 평면(E)은 위상 격자(PG)를 포함하고, 상기 위상 격자의 주기는 연속적으로 및/또는 주기적으로 변하는 것으로 하는 방법.

**청구항 21**

제 1 항 내지 제 20 항 중 어느 한 항에 있어서, 기록 매체(AZM)에 적어도 2개의 위상 변이된 체적 격자(VG1, VG2)가 형성되므로, 미리 정해진 각도- 및/또는 파장 범위가 미리 정해진 방향으로 편향될 수 있고 및/또는 기록 매체(AZM)에서 미리 정해진 다양한 파장을 위해 깊이(z)를 따라 변위되는 체적 격자는 광 펄스의 전파 시간 차를 보상하기 위해 형성되는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 22**

제 1 항 내지 제 21 항 중 어느 한 항에 있어서, 기록 매체(AZM)의 정해진 깊이(z)에서 정해진 형태와 두께를 갖는 체적 격자(VG)의 기록은 기록 매체 내의 개시체의 화학적 또는 광학적 감소에 의해 경계면에서부터 이루어지거나 또는 기록 매체(AZM)의 정해진 깊이(z)에서 정해진 형태와 두께를 갖는 체적 격자(VG)의 기록은 기록 매체(AZM) 내의 개시체의 국부적인 광학적 감소에 의해 이루어지는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 23**

제 1 항 내지 제 22 항 중 어느 한 항에 있어서, 굴절률 변조( $n_1(z)$ )의 미리 정해진 곡선을 위해 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )의 형성 시 기록 매체의 전달 함수가 고려되어야 하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 24**

제 1 항 내지 제 23 항 중 어느 한 항에 있어서, 기록 매체(AZM)에서 굴절률 변조( $n_1(z)$ )의 깊이 분리 및/또는 깊이 아포다이제이션은 조명광의 시간적 간섭도( $\Gamma$ )의 비트 함수를 이용해서 형성되거나 또는 기록 매체(AZM)에서 굴절률 변조( $n_1(z)$ )의 깊이 분리 및/또는 깊이 아포다이제이션은 조명광의 시간적 간섭도( $\Gamma$ )의 비트 함수를 이용해서 형성되고, 시간적 간섭도( $\Gamma$ )의 비트 함수는 조명광의 광원(LS)의 적어도 2개의 분리된 스펙트럼 영역을 이용해서 형성되는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 25**

제 24 항에 있어서, 시간적 간섭도( $\Gamma$ )의 비트 함수의 포락선의 곡선은 광원(LS)의 스펙트럼 분포의 섹션의 형태에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 26**

제 1 항 내지 제 25 항 중 어느 한 항에 있어서, 기록 매체(AZM)에 미리 정해진 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )는 입사

하는 파면(PW)과 방향 의존적 반사에 의해 매체에서 상기 파면의 반사된 파면의 중첩에 의해 형성되고, 상기 매체는 기록 매체(AZM)의 출력측 표면에 인접하고, 이 경우 반사하는 매체로서 적어도 하나의 전환 가능한 액정 반사 격자가 이 수 있는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 27**

제 1 항 내지 제 26 항 중 어느 한 항에 있어서, 체적 격자(VG)의 복제 형성을 위해 마스터 격자(MG)로서 적어도 하나의 제어 가능한 PDLC-격자가 이용되는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 28**

제 1 항 내지 제 27 항 중 어느 한 항에 있어서, 조명광을 위한 분광 필터로서 적어도 하나의 금속-간섭-필터, 반사 또는 투과 유전 층스택, 고정적 또는 가변적 페브리 페로(Fabry-Perot) 간섭 필터, 반사 또는 투과 체적 격자 및 예를 들어 변형된 분광기가 이용되는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 29**

제 1 항 내지 제 28 항 중 어느 한 항에 있어서, 기록 매체(AZM) 내의 간섭 콘트라스트(V(z))의 정해진 비트 섹션은 대칭 아포다이제이션 프로파일로 미리 정해진 간격으로 길이방향으로 제한된 체적 격자(VG)를 형성하기 위해 이용되는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 30**

제 1 항 내지 제 29 항 중 어느 한 항에 있어서, 간섭 파면의 확산 방향 사이의 각도( $\theta$ )에 의해 야기되는 광 경로 차(OPD)가 기록 매체(AZM)에서 형성 가능한 간섭 콘트라스트(V(z))의 측방향 폭에 미치는 작용은, 입사파(PW)와 기록 매체(AZM)의 출력측 표면에 배치된 반사면에서 직접 접촉시 반사파 사이의 간섭이 이루어짐으로써 무효화되는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 31**

미리 정해진 두께를 갖는 적어도 2개의 체적 격자(VG1, VG2)를 가진 기록 매체(AZM)를 포함하고, 광 변조기(SLM)의 픽셀(RGB1, RGB2)로부터 방사하는 광의 중복을 위해 이용되는 빔 컴바이너로서, 상기 체적 격자(VG1, VG2)는 제 1 항 내지 제 30 항 중 어느 한 항에 따른 기록 매체(AZM)에서 형성되는 빔 컴바이너.

**청구항 32**

제 31 항에 있어서, 상기 체적 격자(VG1, VG2)는 폭 및/또는 연장부에서 미리 정해진 각도 선택성( $n(\theta)$ )을 갖는 것을 특징으로 하는 빔 컴바이너.

**청구항 33**

제 31 항 또는 제 32 항에 있어서, 삼원색(RGB)에 대해 미리 정해진 두께를 갖는 각각 3개의 편광- 및 파장 선택적 체적 격자(VG1, VG2, VG3; VG4, VG5, VG6)를 포함하고 광 방향으로 차례로 배치된 2개의 체적 격자 스택(VGS1, VGS2)을 갖고, 상기 2개의 체적 격자 스택(VGS1, VGS2)은 미리 정해진 다른 두께를 갖는 중간층(S)에 의해 분리되는 것을 특징으로 하는 빔 컴바이너.

**청구항 34**

제 31 항 내지 제 33 항 중 어느 한 항에 있어서, 광 방향으로 빔 컴바이너(BC)에 후속하는 조리개 영역(도시되지 않음)이 제공되는 경우에, 중간층(S)을 포함해서 체적 격자 스택(VGS1, VGS2)의 전체 두께는 정해진 값을 초과하지 않고 및/또는 체적 격자 스택(VGS1, VGS2)의 6개의 모든 체적 격자(VG1, VG2, VG3; VG4, VG5, VG6) 및 모든 삼원색(RGB)에 대해  $< 0.1^\circ$  의 재구성 형상의 각도 오차가 유지되는 것을 특징으로 하는 빔 컴바이너.

**청구항 35**

태양광을 전류로 변환하기 위한 에너지 변환 장치 및 홀로그램 부품(HB)을 포함하는 태양광 모듈로서, 상기 홀로그램 부품은 하나의 기록 매체(AZM)와 2개의 체적 격자(VG1, VG2)를 포함하고, 상기 홀로그램 부품은 제 1 항 내지 제 30 항 중 어느 한 항에 따른 방법에 의해 제조되고, 상기 홀로그램 부품은, 태양광이 다양한 방향에서 태양광 모듈(SM)로 입사하는 경우에, 태양광은 에너지 변환 장치의 방향으로도 안내될 수 있도록 형성되고, 상

기 태양광 모듈(SM)에 배치되는 것을 특징으로 하는 태양광 모듈.

**청구항 36**

제 35 항에 있어서, 상기 홀로그램 부품(HB)은 다중 홀로그램으로서 형성되거나 또는 다중 홀로그램을 포함하고, 상기 다중 홀로그램은 각각 미리 정해진 두께를 갖는 다수의 체적 격자(VG)의 스택을 포함하는 것을 특징으로 하는 태양광 모듈.

**청구항 37**

제 35 항 또는 제 36 항에 있어서, 상기 홀로그램 부품(HB)의 체적 격자(VG)는 적어도 하나의 미리 정해진 각도 선택성 및/또는 적어도 하나의 미리 정해진 파장 선택성을 갖는 것을 특징으로 하는 태양광 모듈.

**청구항 38**

제 35 항 내지 제 37 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 홀로그램 부품(HB)은, 미리 정해진 각도 범위에서 상기 홀로그램 부품에 입사하는 광이 투명 판(PL)에 안내되도록 형성되고, 상기 투명 판은 직접 또는 간접적으로 상기 홀로그램 부품(HB)의 출력면에 연결되는 것을 특징으로 하는 태양광 모듈.

**청구항 39**

제 38 항에 있어서, 광은 투명 판(PL)을 통과한 후에 에너지 변환 장치의 2차원 어셈블리에 직접 또는 전방에 배치된 집광기(K)를 지나 입사하고, 상기 에너지 변환 장치는 적어도 하나의 태양 전지(SZ)를 포함하는 것을 특징으로 하는 태양광 모듈.

**청구항 40**

제 38 항 또는 제 39 항에 있어서, 상기 투명 판(PL)은 광 가이드 플레이트로 형성되고, 광은 전반사에 의해 상기 광 가이드 플레이트의 에지를 향해 안내될 수 있는 것을 특징으로 하는 태양광 모듈.

**청구항 41**

제 40 항에 있어서, 상기 투명 판(PL)은 평면 평행하게 또는 썩기 형태로 형성되는 것을 특징으로 하는 태양광 모듈.

**청구항 42**

제 40 항 또는 제 41 항에 있어서, 광 가이드 플레이트로서 형성된 투명 판(PL)의 에지에 적어도 하나의 에너지 변환 장치 또는 적어도 하나의 태양 전지(SZ)가 직접 배치되는 것을 특징으로 하는 태양광 모듈.

**청구항 43**

제 40 항 내지 제 42 항 중 어느 한 항에 있어서, 광은 광 가이드 플레이트로서 형성된 투명 판(PL)의 에지 또는 측면으로부터 집광기(K)를 지나 태양 전지(SZ)에 안내될 수 있는 것을 특징으로 하는 태양광 모듈.

**청구항 44**

제 35 항 내지 제 43 항 중 어느 한 항에 있어서, 태양광 모듈(SM)의 기록 각도 범위 및/또는 스펙트럼 감도 범위는 에너지 변환 장치 또는 태양 전지(SZ) 전방에 배치된 광학 소자의 변형- 및/또는 변환 특성의 변경에 의해 증가할 수 있는 것을 특징으로 하는 태양광 모듈.

**청구항 45**

제 44 항에 있어서, 상기 기록 각도 범위는 마이크로 프리즘 및/또는 적어도 하나의 산란 표면의 적어도 하나의 전방에 배치된 어셈블리에 의해 확장될 수 있는 것을 특징으로 하는 태양광 모듈.

**청구항 46**

제 44 항 또는 제 45 항에 있어서, 상기 기록 각도 범위는, 투명 판(PL)이 설정된 산란 특성을 가짐으로써 확장될 수 있고, 상기 산란 특성은 구배의 형태로 깊이에 따라 변경될 수 있는 것을 특징으로 하는 태양광 모듈.

**청구항 47**

제 35 항 내지 제 46 항 중 어느 한 항에 있어서, 태양광 모듈(SM)의 스펙트럼 감도 범위는 양자점의 구현에 의해 또는 형광- 또는 발광 도핑에 의해 변경될 수 있는 것을 특징으로 하는 태양광 모듈.

**청구항 48**

제 35 항 내지 제 47 항 중 어느 한 항에 있어서, 홀로그래프 부품(HB)은, 태양 전지(SZ)로부터 반사된 광이 태양 전지(SZ)를 향해 재반사되도록 형성되는 것을 특징으로 하는 태양광 모듈.

**청구항 49**

제 35 항 내지 제 48 항 중 어느 한 항에 있어서, 홀로그래프 부품(HB)은, 렌즈의 기능을 구현하고 집광기(K)로서 이용될 수 있도록 형성되는 것을 특징으로 하는 태양광 모듈.

**청구항 50**

제 35 항 내지 제 49 항 중 어느 한 항에 있어서, 홀로그래프 부품(HB)은, 정해진 파장의 광만 정해진 에너지 변환 장치 또는 정해진 스펙트럼 감도를 갖는 태양 전지(SZ)로 편향하는 것을 특징으로 하는 태양광 모듈.

**청구항 51**

제 35 항에 있어서, 홀로그래프 부품(HB)은 다이크로메이트드 젤라틴(DCG)으로 이루어진 기록 매체에 기록되고, 상기 다이크로메이트드 젤라틴은, 정해진 노광 에너지 임계값의 초과 시, 습식 화학 공정으로 위상 체적 격자로 변형되는 잠재적 격자의 형성을 시작하도록 화학적으로 개질된 감광 물질에 의해 변경되는 것을 특징으로 하는 태양광 모듈.

**청구항 52**

데이터 또는 안전 특징을 저장하기 위한 제 1 항 내지 제 30 항 중 어느 한 항에 따른 방법의 실행으로서, 체적 격자(VG)의 형태로 기록 매체(AZM)에 데이터 또는 안전 특징의 기록 시 각도- 및/또는 파장 멀티플렉스 외에 깊이(z)에 따른 멀티플렉싱이 구현되는 것을 특징으로 하는 방법의 실행.

**청구항 53**

데이터 또는 안전 특징을 저장하기 위한 제 1 항 내지 제 30 항 중 어느 한 항에 따른 방법의 실행으로서, 각도 선택성( $n(\theta)$ ) 및/또는 파장 선택성( $n(\lambda)$ )의 곡선이 미리 설정될 수 있으므로, 각도- 및/또는 파장 선택성의 이차 최대치가 억제되는 것을 특징으로 하는 방법의 실행.

**청구항 54**

데이터 또는 안전 특징을 저장하기 위한 제 1 항 내지 제 30 항 중 어느 한 항에 따른 방법의 실행으로서, 각도 선택성( $n(\theta)$ ) 및/또는 파장 선택성( $n(\lambda)$ )의 곡선은 임프린트된 개별적인 데이터 세트 또는 안전 특징에 대해 미리 정해져 상이하게 선택될 수 있으므로, 데이터 세트의 상이한 각도 선택성 및/또는 파장 선택성의 코딩 및 디코딩이 이루어지는 것을 특징으로 하는 방법의 실행.

**청구항 55**

3D 광학 현미경에서는 샘플에서 길이방향 해상도를 높이기 위한 또는 레이저 도플러 속도계에서는 샘플에서 미리 정해진 위치 해상도에 의해 측정 평면의 구현과 길이방향 변위를 위한 또는 초음파 측정에서는 샘플에서 초음파의 중첩 시 음파 강도의 깊이 범위의 제한과 깊이 해상도를 높이기 위한 제 1 항 내지 제 30 항 중 어느 한 항에 따른 방법의 실행.

**청구항 56**

노광에 의해 기록 매체(AZM)에서 적어도 하나의 체적 격자(VG)의 층상 형성을 위한, 특히 제 1 항 내지 제 30 항 중 어느 한 항에 따른 방법의 실행을 위한 장치로서, 광원(LS)과 빔 분할 수단(G)을 포함하고, 기록 매체(AZM)는 적어도 하나의 광감성 층을 포함하고, 상기 층은 노출광의 미리 정해진 파장( $\lambda$ )에 감응하고,

- 빔 분할 수단(G)은, 광원(LS)의 노출광이 간섭성 광의 적어도 2개의 간섭 파면(WF1, WF2)으로 분할되도록 형성 및 배치되고,
- 각각의 체적 격자(VG)는 기록 매체(AZM)에서 간섭성 광의 적어도 2개의 간섭 파면(WF1, WF2)에 의해 형성될 수 있고,
- 간섭성 광의 적어도 2개의 간섭 파면(WF1, WF2)은 기록 매체(AZM)의 미리 정해진 깊이에 미리 정해진 각도로 미리 정해진 간섭 콘트라스트(V(z))와 중첩될 수 있고,
- 기록 매체(AZM)에서 체적 격자(VG)의 굴절률 변조 및/또는 투과율 변조의 깊이(z)와 두께는 광 확산 방향(z)으로 간섭 파면의 공간적 및/또는 시간적 간섭도( $\Gamma$ )의 제어에 의해 조절될 수 있는 장치.

**청구항 57**

제 56 항에 있어서, 상기 빔 분할 수단(G)은 회절 격자를 포함하거나 또는 상기 빔 분할 수단(G)은 표면 릴리프 격자 형태로 형성된 회절 격자를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

**청구항 58**

적어도 2개의 체적 격자(VG1, VG2)를 가진 기록 매체(AZM)를 포함하는 홀로그램 부품으로서, 제 1 항 내지 제 30 항 중 어느 한 항에 따른 방법에 의해 제조되는 홀로그램 부품.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 얇은 체적 격자 스택의 층상 형성을 위한 방법과 장치에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 홀로그래픽 디스플레이를 위한 빔 콤파이너에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 홀로그래픽 직시형 디스플레이의 제조 시 회절 광학 소자(DOE)는 특수한 역할을 한다. 대개 미리 정해진 두께를 갖는 투명 필름의 형태로 제공되는 상기 소자는 이미지 제공 수단, 예를 들어 대면적 광 변조기(SLM)로부터 입사하는 광 복사에 굴절에 의해서보다 회절 효과에 의해 영향을 미친다. 이로 인해 직시형 디스플레이에서 광 방향으로 SLM 후방에 배치되어 광빔에 간섭하는 소자의 두께는, 빔 경로에 바람직하게 렌즈, 프리즘 등과 같은 광 굴절 소자들을 이용하는 프로젝션 디스플레이에 비해 작게 유지될 수 있다.

[0003] 그러나 관찰자에게 3D 입체 영상 이미지를 제공하기 위해 필요한 SLM의 픽셀로부터 방사되는 광의 간섭은 다수의 박막형 DOE에 의해서만 달성될 수 있고, 상기 DOE들은 예를 들어 대면적 층 스택 형태로 SLM 후방에 배치된다. 이 경우 기술적인 이유에서, 다수의 연속하는 층들은 개별적으로보다 연속 매체에서 후속 결합에 의해, 예를 들어 접착에 의해 형성되는 것이 바람직한데, 그 이유는 이러한 공정에 의해 상이한 층들의 개별 표면 요소들의 상호 위치들이 예를 들어 수축에 의해 변경될 수 있기 때문이다.

[0004] SLM의 픽셀로부터 방사되는 광의 회절 효과에 의한 방향에 따른 그리고 파장에 따른 간섭을 위해 사용되는 구조는 표면 격자 또는 체적 격자일 수 있다. 일반적으로 3차원 격자 구조를 체적 격자라고 하고, 상기 입체 격자 구조는 조명 광의 파장에 비해 두꺼운 매체에 기록된다. 체적 격자는, 다수의 격자들이 연속 매체에서 층상으로 형성될 수 있는 장점을 제공하는 한편, 표면 격자는 기록 매체의 하나의 표면에만 또는 2개의 표면에 배치될 수 있다. 기록 담체 또는 기록 물질은 기록 매체라고 할 수도 있다.

[0005] 리소그래피에 공지된 바와 같이, 3차원 구조는 투명한 감광 기록 매체, 예를 들어 포토레지스트에서 기록 매체가 감응하는 노출 광의 깊이에 따른 포커싱에 의해 형성될 수 있다. 이러한 방법은 예를 들어 간행물 US 2010/099051 A1호에 기술되어 있다. 이로써 기능적으로 상이한 구조들, 예를 들어 회절 격자들은 기록 매체의 상이한 층에서 단계적인 공정에 의해 제조될 수 있다. 그러나 노광의 강도는, 각각의 의도한 층에서만 기록 매체의 감도 임계값을 초과하도록 제어되어야 한다.

[0006] DOE는 바람직하게 회절 격자이기 때문에, 격자는 하나의 단계에서 일정한 각도로 입사하는 2개의 광파의 간섭에 의해 기록하는 것이 바람직하다. 이러한 방법은 예를 들어 홀로그래픽 스크린의 제조를 위한 간행물 DE 197 04 740 B4호에 기술되어 있고, 이 경우 상이한 파장의 광이 할당될 수 있는, 하나의 기록 매체의 다양한 층 내의

다수의 체적 격자, 또는 하나의 층에서 중첩되는, 상이한 파장의 광을 위한 다수의 체적 격자가 관련될 수 있다. 그러나 이 경우 입사하는 광 빔의 반사에 의한 노출광의 2개의 광파의 간섭 기능이 문제가 된다.

[0007] 감광성 기록 매체에 일정한 각도로 입사하는 평행한 광 빔과 기록 매체의 출사면에서 전반사에 의해 발생하는 광 빔의 간섭성 중첩은 간행물 US 7,792,003 B2에서 체적 격자 구조의 형성을 위해 이용된다. 기록 매체는 회전 가능하게 지지된 프리즘의 출사면에 배치되고, 이 경우 프리즘의 회전에 의해 광 빔을 간섭하는 각도가 정해질 수 있다. 이로 인해, 회절된 광의 파장에 따라서 체적 격자의 회절 효율의 연속적인 조절이 가능해진다. 또한, 형성되는 체적 격자의 구조는 기록 중에 프리즘의 회전에 의해 영향을 받을 수 있으므로, 다수의 파장에 대한 회절 효율은 균일하게 높은 값을 갖고, 따라서 상기 회절 효율은 대략 제곱 함수와 같다. 다른 체적 격자 프로파일은 이러한 경우에 예를 들어 입사하는 평행한 광 빔을 수렴 또는 발산하는 광 빔으로 변환할 수 있는 만곡된 표면에서 입사 노출 광파의 반사에 의해 형성될 수 있다. 그러나 기록 매체의 면은 프리즘의 출사면에 의해 규정되기 때문에, 대면적 기록 매체에서 체적 격자의 형성은 문제가 된다. 체적 격자의 기록에서 실질적으로 중요한 것은, 상기 격자의 깊이에 따른 아포다이제이션(apodization)의 가능성, x- 및/또는 y-방향으로, 즉 예를 들어 기록 매체의 표면에 대해 평행한 변조 외에 x-방향으로 (즉, 예를 들어 기록 매체의 표면에 대해 수직으로 또는 일반적으로 재구성시 이용되는 파동장(wave field)의 확산 방향을 따라) 굴절률 프로파일의 형태 또는 길이방향 변조이다. 이러한 방법에 의해 체적 격자가 기록될 수 있고, 상기 체적 격자는 광파의 회절 시 예를 들어 회절 차수의 이차 최대치를 의도대로 억제하고, 일반적으로 의도대로 조절 가능한 각도- 및 파장 선택성을 갖는다. 이러한 방법은 간행물 "Coupled-wave analysis of apodized volume gratings"(Tsui 저 외., Optics Express, 12권, 26호, 6642 페이지 이하)에 기술되어 있고, 상기 방법의 경우 감광성 유리로 이루어진 기록 매체에서 2개의 외부 표면부터 감소된 투과 깊이의 비간섭성 광으로 전노광(pre exposure) 시킴으로써 후속하는 간섭성 노광을 위해 이용되는 굴절률 변조가 깊이에 따라서 감소하므로, 간섭성 노광에 의해 예를 들어 z-방향으로 굴절률 변조의 포락선에 매우 대략적으로 근사한 가우시안 프로파일이 형성된다.

[0008] 이와 같이 임프린트된 체적 격자에 예를 들어 단파 UV-복사에 의해 형성된 이러한 흡수 프로파일은 아포다이제이션 함수로서 z-방향으로 중첩된다. 그러나 이러한 아포다이제이션 방법에 의해 두꺼운 기록 매체 내의 다수의 얇은 체적 격자 층에 적절한 길이방향 아포다이제이션 프로파일이 제공될 수 없다. 선행기술에 해당하는 상기 방법으로는  $I_0 \times e^{-\alpha z}$ 에 비례하는 한 측면 또는 2개의 측면의 흡수 프로파일에 의해 주어진 아포다이제이션 함수만이 형성될 수 있다. 이 경우  $\alpha$ 는 예를 들어 단파 UV-파장인 사용된 비간섭성 전노광 파장의 흡수 계수이다. 이로써 굴절률 변조의 아포다이제이션 함수의 형성 시 지수적으로 감소하는 함수만이 제공된다. 따라서 형성 가능한 아포다이제이션 프로파일의 범위는 소수의 함수로 제한되고, 상기 함수는 기록 매체의 외측면으로부터 내측으로 일정하게 감소한다. 또한, 전노광에 의해 하나 이상의 간단한 아포다이제이션 프로파일을 형성하기 위해서는 상이한 흡수 계수를 갖는 상이한 파장들이 제공되어야 한다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0009] 본 발명의 과제는, 대면적 기록 매체의 미리 정해진 깊이에 체적 격자를 형성하기 위한 방법 및 장치를 제공하고, 이로써 하나의 기록 매체에서 상이한 각도- 및/또는 파장 선택성을 갖는 다수의 격자로 이루어진 격자 스택을 형성하거나, 또는 기록 매체의 미리 정해진 깊이에 상이한 각도- 및/또는 파장 선택성을 갖는 다수의 체적 격자들을 중첩하는 것이다. 이 경우 형성 가능한 격자 구조의 상이한 아포다이제이션 프로파일에 의해 각도- 및/또는 파장에 따른 회절 효율에 의도대로 영향을 미칠 수 있는 것이 바람직하다.

**과제의 해결 수단**

[0010] 상기 과제는 본 발명에 따라 청구범위 제 1 항의 수단에 의해 해결된다.

**발명의 효과**

[0011] 본 발명의 다른 바람직한 실시예 및 개선예들은 종속 청구항에 제시된다.

[0012] 본 발명에 따른 방법은 노광에 의해 기록 매체에서 적어도 하나의 체적 격자의 층상 형성에 이용된다. 기록 매체는 노출광의 파장이 위치하는 미리 정해진 파장 영역에 감응하는 적어도 하나의 감광성 층을 포함한다. 각각의 체적 격자는 기록 매체에서 적어도 부분 간섭성 광의 적어도 2개의 간섭 파면, 일반적으로 파동장에 의해 형성되고, 상기 파면은 기록 매체에서 미리 정해진 각도로 미리 정해진 깊이에서 미리 정해진 간섭 콘트라스트와

중첩된다. 기록 매체에서 체적 격자의 굴절률 변조 및/또는 투과율 변조의 깊이와 두께는 간섭 파면의 공간적 및/또는 시간적 간섭도의 깊이에 따른 산란에 의해 광 확산 방향으로 영향을 받는다.

[0013] 기록 매체에서 미리 정해진 각도로 미리 정해진 깊이에서 간섭성 광의 적어도 2개의 간섭 파면이 미리 정해진 간섭 콘트라스트와 중첩되고 이로써 - 경우에 따라서 통계적 시간 평균으로 - 거기에 미리 정해진 간섭 콘트라스트의 영역에서 기록 매체의 노광을 위한 충분한 광 강도가 제공됨으로써, 본 발명에 따라 기록 매체의 미리 정해진 깊이에서만 하나 또는 다수의 체적 격자를 노광하는 것이 가능하다. 간섭 파면의 공간적 및/또는 시간적 간섭도의 깊이에 따른 제어는 이 경우 예를 들어 노출광 특성의 제어에 의해 이루어진다.

[0014] 본 발명에 따른 방법은, 기록 매체가 표면 프로파일에서 또는 표면의 두께에 대해서 변동되는 경우에, 특히 바람직하게 이용될 수 있다. 예를 들어 기록 매체가 광중합체 또는 다이크로메이트드 젤라틴(DCG; Dichromated Gelatin)인 경우에, 이러한 변동은 기록 매체의 제조로 인해 나타날 수 있다. 기록 매체에서 체적 격자의 깊이가 낮아짐으로써 표면 프로파일의 변동 영역은 격자에 의해 접촉되지 않고, 격자의 기록이 예를 들어 평탄한 표면을 갖는 기판에 인접하는 기록 매체의 평탄한 표면부터 이루어지는 경우에, 체적 격자의 기록 프로세스는 영향을 받지 않는다. 기록 매체의 다른 측면의 표면 프로파일은 재구성 시, 즉 체적 격자의 사용 시 침지 (immersion)에 의해, 예를 들어 오일층, 또는 평탄한 표면을 가진 후속 층에 대한 결합을 형성하는 조정된 굴절률을 갖는 접착 물질에 의해 보상될 수 있다. 그러나 기존의 표면 프로파일은 평탄한 표면을 갖는 인접하는 층의 접촉압에 의해서도 압축될 수 있으므로, 표면에 가까운 굴절률 프로파일로 변환되고, 상기 굴절률 프로파일은 다른, 즉 이 경우 평탄하고 굴절률이 균일한 측면의 체적 격자의 깊이가 낮아진 노광에 의해 기록 프로세스에 영향을 미치지 않는다. 압력에 의해 평탄화되고 또는 균일해진 표면 프로파일의 이러한 경우에, 체적 격자의 사용 전에 침지에 의한 박리 및 매립이 바람직하다.

[0015] 예를 들어 규정될 수 있는 체적에서만, 즉 규정된 깊이 영역  $\Delta z$ 에서만 구조적으로 중첩되는 2개의 파동장은 한 측면, 즉 방해받지 않는 평탄한 측면부터 부딪힘으로써, 투과 체적 격자가 기록 매체 내로 노광될 수 있다. 따라서 이러한 깊이 영역은 간섭하는 파동장의 공간적 및/또는 시간적 간섭성의 실시예에 의해 예를 들어, 간섭받는, 즉 예를 들어 굴절률 프로파일의 변조 또는 표면 프로파일의 변조를 포함하는 기록 매체의 체적 영역 내로 간섭 패턴의 임프린팅이 이루어지지 않도록 선택될 수 있다. 다시 말해서 홀로그래픽 광학 소자의 노광 시 표면에 근접한 간섭의 작용은 지양될 수 있다. 이는 감지 상태에서 침지에 의해 삼입될 수 없는 기록 매체들의 경우에 특히 바람직하다. 예를 들어 기록 매체 내의 화학 성분들은 침지 용액 또는 접착제와 반응할 수 있으므로, 기록 매체는 이용이 불가능해질 수 있다. 기록 매체의 노광 또는 가능한 후속 추가 처리 후에 침지 용액 또는 접착제의 이용은 대개 문제가 되지 않고, 따라서 예를 들어 광학 접착제와 기록 매체의 화학 증감계의 가능한 화학 반응은 노광 후에야 이루어진다.

[0016] 실시예로서 광중합체, 포토레지스트 및, 예를 들어 기판에 스핀 온 증착되거나 또는 분무된 그리고 기판에 대해서만 평탄한 표면을 갖는 다른 기록 매체들이 구현될 수 있다. 이러한 기록 매체들은 제안된 방법에 의해 기판 측면부터 노광될 수 있고, 이 경우 기록 매체의 표면 변형된 측면은 비간섭성 직류 광 성분으로만 노광되고, 상기 직류 광 성분은 예를 들어 매체의 반응 임계값보다 현저히 낮을 수 있다. 그러나 직류 광 성분은 그렇지 않아도 된다. 직류 광 성분과 매체의 반응 임계값의 비율은 예를 들어 포토레지스트의 사용 시 포지티브 또는 네가티브 포토레지스트가 사용되는지 여부에 따라서 선택될 수 있다. 따라서 예를 들어, 기판 표면에 대해 수직으로 아포다이즈된(apodized) 격자를 포토레지스트 내로 노광할 수 있고, 포토레지스트의 현상 과정에 의해 예를 들어 스핀 온 증착 프로세스에 의해 간섭된 표면의 측면부터 포토레지스트를 제거하여 기판 위에 아포다이즈된 격자가 남을 수 있다. 생성될 수 있는 다양한 아포다이제이션 함수의 다양성은 포토레지스트의 선택에 의해 달성되고, 상기 포토레지스트는 노광량에 이원적으로 반응하지 않는다.

[0017] 선행기술에 제시된 방법과 달리 본 발명의 실시예에 따라 체적 격자는 마스터 격자에서 회절되는 파동장의 회절 차수인 2개의 파동장의 간섭에 의해 형성될 수 있다. 회절된 파동장은 마스터 격자를 통과한 후에 간섭 콘트라스트와 중첩되고, 상기 간섭 콘트라스트는 마스터 격자와의 간격의 함수이다. 이러한 간섭 콘트라스트는 마스터 격자를 조명하는 노출광의 파동장의 간섭 특성에 의해 규정된다. 노출광의 공간적 및/또는 시간적 간섭성 함수에 의해 설명되는 이러한 특성은 광원의 특성에 의해 결정된다. 상기 특성은 광원의 스펙트럼 분포에 의존하고, 광원이 점 형태인지 또는 진폭- 및/또는 위상 격자 형태의 복속 투과 함수를 갖는 평면 비간섭성 광원인지의 여부에 의존한다. 이로 인해 선행기술과 달리 기록 매체 및 체적 격자의 측방향 확장이 실질적으로 마스터 격자의 측방향 확장과 상기 마스터 격자의 조명을 위한 광학 장치에 의해 결정된다.

[0018] 실질적으로 시준된 또는 적어도 부분적으로 시준된 파동장을 갖는 광원에 의해 조명되는 마스터 격자 후방에 광

확산 방향으로 마스터 격자에서 회절되지 않은 파동장, 회절된 파동장 그리고 상기 마스터 격자 후방에서 퍼지는 파동장 사이의 상대적인 측방향 변위( $s(z)$ )가 제공되고, 이러한 변위는 조명하는 파동장의 미리 정해진 복소 공간적 및/또는 시간적 간섭성 함수( $\Gamma$ )에 의해 서로 간섭하는 파동장의 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )의 미리 정해진 깊이에 따른 곡선을 형성한다.

- [0019] 마스터 격자에서 회절되어 간섭 파면의 양의 제공이 강도값이고, 상기 강도값은 광 확산 방향으로 마스터 격자의 후방에 배치되고 광 강도가 감도 임계값을 초과하는 감광 기록 매체의 영역에서 투과율 및/또는 굴절률의 변화를 야기하므로, 이로 인해 진폭- 및/또는 위상에 따라 효과적인 체적 격자가 얻어진다.
- [0020] 그러나, 기록 매체는 상기 격자가 물리적 과정에 의해 영구적으로 확정될 수 있도록 제공되어야 한다.
- [0021] 따라서 기록 매체로서 예를 들어 광중합체가 사용되고, 상기 광중합체는 광합화 공정을 야기하는 감광성 개시제를 포함한다.
- [0022] 또한, 바람직하게 확정되지 않고 동적으로 신속하게 변하는 아포다이즈된 격자 또는 간섭 패턴이 이용될 수 있는 실시예도 제공된다. 예를 들어 임의의 파동장, 예를 들어 초음파 파동장은 전술한 바와 같이 중첩될 수 있으므로, 아포다이즈된 초음파 간섭 패턴, 즉 초음파 격자가 형성될 수 있고, 상기 초음파 격자는 광학적으로 또는 미리 정해진 각도- 및/또는 파장 선택성을 갖는 초음파에 의해 재구성될 수 있고 신속하게 변경될 수 있다.
- [0023] 2개의 간섭 파면의 간섭 기능은, 상기 파면이 광 확산 방향으로 기록 매체 전방에 배치된 마스터 격자에서 미리 정해진 공간적 및/또는 시간적 간섭성을 갖는, 광원으로부터 방사되어 시준된 그 파동장의 회절의 상이한 회절 차수가 됨으로써 제공된다. 이로 인해 비교적 간단하게 형성된 광학 빔 경로에 의해 규정된 노출광 분포가 형성될 수 있다.
- [0024] 광원의 평면에 일반적인 복소 함수를 갖는 마스크 외에 통계적 스캐터러, 즉 예를 들어 회전 그라운드 글라스(ground glass)가 장착되고, 상기 그라운드 글라스는 광원의 평면에서 공간적인 분포의 위상값을 무상관화시킨다.
- [0025] 기록 매체의 특정 깊이의 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )는 2개의 간섭 파면의 측방향 변위( $s(z)$ )(전단)에 의존하고, 상기 변위는 파동장의 확산 방향으로 좌표의 함수이다. 기록 매체의 미리 정해진 깊이 영역에 형성되는 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )의 미리 정해진 곡선은 광원의 평면에 있는 진폭- 및/또는 위상 격자 형태의 함수이다. 측방향 변위( $s(z)$ )(전단)란 이와 관련하여 특히, 그라운드 글라스에서 비회절된 파동장들이 0차 회절 차수의 비회절 성분을 포함해서 서로 일정한 각도로 확산되고, 그라운드 글라스와의 거리( $z$ )가 증가할수록 서로에 대해 점점 더 많이 변위되는 것을 의미한다. 이 경우 상이한 회절 차수들은 서로 상이하게 변위된다.
- [0026] 기록 매체의 미리 정해진 깊이에 제공되는 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )에 의해 미리 정해진 굴절률- 및/또는 투과율 변조의 형태의 체적 격자가 기록 매체에 형성될 수 있고, 이러한 변조는 아포다이제이션 함수( $n_1(z)$ )에 상응하고, 상기 함수는 체적 격자의 각도- 및/또는 파장 선택성을 규정하여 설정하는 것과 체적 격자의 각도- 및/또는 파장 선택성의 이차 최대치를 규정하여 억제하는 것을 가능하게 한다. 아포다이제이션 함수( $n_1(z)$ )는 굴절률 변조의 포락선에 상응한다. 높은 공간 주파수로, 즉 예를 들어  $1/0.5 \mu\text{m}^{-1}$ 로 제공되는 간섭 패턴은 이 경우 하나 또는 다수의 훨씬 더 낮은 공간 주파수, 즉 예를 들어  $1/5 \mu\text{m}^{-1}$ 로 변조된다.
- [0027] 즉, 격자는 조명광의 특성의 적절한 선택에 의해 그 형태가 변경될 수 있으므로, 상기 격자는 방향- 및/또는 파장 선택성과 관련하여 미리 정해진 회절 특성을 갖는다.
- [0028] 2개의 상호 간섭성 평면파에 의해 균질 기록 매체 내로 조명되는 투과 체적 격자에서 굴절률 변조의 포락선은 기록 매체 내의 흡수를 무시하면 제곱함수이다. 회절 효율의 각도- 및/또는 파장 선택성은 이러한 체적 격자의 전형적인 노광 시 싱크 함수(sinc function)의 제곱의 형태를 갖는다.
- [0029] 체적 격자의 전형적인 노광에 대한 변동 시 변경된 간섭 특성은 바람직하게, 마스터 격자를 조명하는 시준된 광원의 평면이 복소 광학 투과 함수를 가짐으로써 형성되고, 상기 투과 함수는 진폭- 및/또는 위상 격자, 진폭- 및/또는 위상 분포, 아포다이제이션 함수와 중복되는 진폭- 및/또는 위상 격자 또는 아포다이제이션 함수와 중복되는 진폭- 및/또는 위상 분포이다.
- [0030] 각도 선택성( $n(\theta)$ ) 및/또는 파장 선택성( $n(\lambda)$ )에서 미리 정해진 함수 곡선이 구현되어야 하는 경우에, 광원의 평면에서 사용된 격자의 슬릿의 진폭- 및/또는 위상 함수는 이러한 함수 곡선을 제공하는 형태로, 즉 예를 들어 이러한 형태 자체로 선택되어야 한다.

- [0031] 예를 들어 굴절률 변조( $n_1(z)$ )의 포락선이 제곱 함수인 경우에, 각도 선택성( $\eta(\theta)$ ) 및/또는 파장 선택성( $\eta(\lambda)$ )은 싱크 함수의 제곱에 상응하는 함수 곡선을 갖는다. 이러한 함수는 제곱 함수의 푸리에 변환의 제곱값이다.
- [0032] 공간 간섭성과 간섭 패턴의 포락선이 광원의 평면에 배치된 격자의 단일 슬릿의 푸리에 변환으로부터 제공되고, 각도- 또는 파장 선택성이 또한 굴절률 변조( $n_1(z)$ )의 포락선의 푸리에 변환에 비례하고, 광원의 평면 내의 개별 슬릿들의 일반적인 복소 투과 함수에 대해 자동적으로 비례하더라도, 일반적으로 맵핑(mapping)은 푸리에 변환만으로는 정확히 계산될 수 없다.
- [0033] 예를 들어, 높은 개구수(NA), 즉 기록 매체에서 이루어지는 흡수, 제공된 기록 매체 및 제공된 기록 구조를 위해 제공된 굴절률 상수를 위한 노광량의 전달 함수에 상응하게 보정, 즉 광원의 평면에서 일반적인 복소 투과 함수의 적절한 설정이 이루어질 수 있다. 따라서 예를 들어 기록될 체적 격자의 각도- 및/또는 파장 선택성의 최적화를 위해 광원의 개별 슬릿들의 전달 함수들은 상이하게 선택될 수 있다.
- [0034] 투과- 및/또는 반사 체적 격자에서 굴절률 변조의 포락선은 예를 들어 해밍(Hamming)-윈도우 함수 또는 카이저-베셀(Kaiser-Bessel)-윈도우 함수의 가우스 정규 분포 형태로도 제공될 수 있다. 이는 각도- 및/또는 파장 선택성의 이차 최대치를 현저히 감소시킨다.
- [0035] 이는 예를 들어, 상이한 재구성 형상 각도- 및/또는 파장 선택성이 밀접하게 연속하는 경우에 바람직하다. 이로 인해 재현된 물체 공간에 각도- 및/또는 파장 선택성의 이차 최대치에 따른 고스트 이미지가 형성되는 것이 방지된다.
- [0036] 투과- 및/또는 반사 체적 격자에서 굴절률 변조의 포락선은 의도대로 노광을 위해 사용된 파동장의 간섭성의 선택에 의해 설정될 수 있다.
- [0037] 광원의 평면에서 사용된 복합 진폭- 및/또는 위상 격자와 마스터 격자 후방에 배치된 간섭 콘트라스트( $V(z)$ ) 사이에 하기 관계가 형성된다:
- [0038] - 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )의 깊이 위치는 격자 주기에 의해 결정되고,
- [0039] - 함수( $V(z)$ )의 폭은 격자 주기의 개수에 의해 결정되고,
- [0040] - 함수( $V(z)$ )의 형태는 광원의 평면에서 사용된 진폭- 및/또는 위상 격자의 개별 격자 주기의 형태에 의해 결정된다.
- [0041] 이로 인해 미리 정해진 깊이에 형성될 수 있는 체적 격자의 각도- 및/또는 파장 선택성의 형태는 굴절률 변조( $n_1(z)$ )의 미리 정해진 곡선에 의해 광 확산 방향으로 조절 가능한 것이 달성될 수 있고, 상기 곡선은 싱크-, 코사인-, 가우스-, 또는 대략적으로 제곱-함수의 제곱의 형태로 재현된다. 실제로 형성될 수 있는 아포다이제이션 함수의 함수값은 이 경우 정확히 수학적으로 설명되는 함수 곡선들에 의해 예컨대 +/-10% 범위에서 편차를 가질 수 있다.
- [0042] 상기 곡선은 광원의 평면에서 사용된 격자의 진폭- 및/또는 위상 곡선과 직접적으로 일치한다.
- [0043] 기록 매체가 선형 전달 함수를 갖는 경우에, 굴절률 변조( $n_1(z)$ )의 곡선은 체적 격자가 기록되어야 하는 영역의 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )의 곡선에 상응한다. 기록 매체의 비선형 전달 함수의 경우에 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )는 상응하게 변경되므로, 예를 들어 싱크 함수의 값 또는 제곱값에 상응하는 굴절률 변조( $n_1(z)$ )가 얻어질 수 있다.
- [0044] 아포다이제이션 함수들( $n_1(z)$ )의 가능한 바람직한 구현은 예를 들어 함수  $\sin(a(z-z_0))/(a(z-z_0))^{(n/m)}$ 에 비례하고, 이 경우 변조는 싱크 함수의 값, 즉 제곱값 또는  $n/m$ 의 멱( $n, m$ 은 정수) 또는  $\sin(a(z-z_0))/(a(z-z_0))$ 에 의존하고, 위상 길이는  $\sin(a(z-z_0))/(a(z-z_0))$ 의 부호에 의존해서 선택된다.
- [0045] 이는, 싱크 함수의 제로 위치에서 굴절률의 변조는 0이 되고, 싱크 함수의 음의 값의 범위에서 유전층의 위상 길이는 싱크 함수의 양의 값의 범위에 대해  $\pi$ 만큼, 즉 1/2 주기 만큼 이동되어 선택되는 것을 의미한다. 이러한 바람직한 실시예는 예를 들어 투과 체적 격자, 반사 체적 격자 및 유전 층스택에 응용될 수 있다.
- [0046] 아포다이제이션 함수( $n_1(z)$ )로서 작용하는 기록 매체 내의 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )의 포락선과 광원(LQ)의 평면에서 예를 들어 단색 장(monochromatic field) 분포의 복소값 마스킹( $a(x,y) * e^{i\phi(x,y)}$ ) 사이의 실제 맵핑은 실제 사용된 광학 시스템과 예를 들어 조명 광학계의 개구수(NA)에 의존한다. 높은 개구수(NA)의 경우에 함수

$(a(x,y)*e^{i\phi(x,y)}$ , 와  $n1(z)$ )는 예를 들어 더 이상 푸리에 변환(FT)에 의해 서로 결합되지 않는다. 일반적으로  $n1(z)$ 는 기록 물질의 평면에서 위상에 있어서 비상관되지 않은 LQ의 회절 이미지에 의해 형성된다. 공간적으로 폭이 넓은 LQ의 경우에 이는 개별 스펙트럼 라인에 의한 중첩 형태로 유사하게 적용된다.

- [0047] 체적 격자의 노광 시 사용된 아포다이제이션 함수는, 기록 매체의 깊이(z)를 따라 유효한 기록 매체의 흡수 작용, z에 의존하는 빔 비율의 변동 및 z에 의존하는 간섭 콘트라스트의 흡수에 따른 변동을 보상하도록 선택될 수 있다.
- [0048] 미리 정해진 깊이에 형성될 수 있는 체적 격자의 각도 선택성은 형성될 관련 체적 격자의 두께에 의해 제어될 수도 있다.
- [0049] 이는 체적 격자의 일반적인 특성이고, 광 확산 방향으로 체적 격자의 두께가 증가할수록 상기 격자에서 "유효 광"의 회절 성분의 각도 범위는 점점 작아지는 것을 의미한다.
- [0050] 예를 들어 광 확산 방향으로 또는 z-좌표의 방향으로 차례로 또는 뒤섞여 배치된 2개의 체적 격자를 기록 매체 내로 임프린트 하기 위해, 기록 매체는 미리 정해진 두께를 가져야 한다. 즉, 상이한 특성의 체적 격자들은 서로 노광될 수도 있고, 예를 들어 2개의 상이한 유효광 파장을 위해 작용하는 2개의 체적 격자가 조명될 수 있다. 광 확산 방향이란 이와 관련해서 하나의 파면의 확산 방향이거나 또는 광(노출광 또는 유효광)의 중첩하는 파면들의 결과되는 확산 방향이다.
- [0051] 미리 정해진 깊이에 형성될 수 있는 체적 격자는 미리 정해진 광파장에 대해 설계될 수 있고, 바람직하게 상기 파장의 광에만 회절에 의해 영향을 미칠 수 있다.
- [0052] 즉, 체적 격자의 형상과 회절에 의해 격자가 반응하는 파장 길이 사이에 직접적인 관계가 있다. 이와 다른 파장은 억제되거나 또는 체적 격자에 의해 영향을 받지 않는다.
- [0053] 기록 매체에서 노출광의 강도 변조의 깊이-아포다이제이션 및/또는 깊이-분리는 본 발명에 따른 방법에 의해 동적으로 조절될 수 있다.
- [0054] 이러한 가능성은, 2개의 특성이 광원의 평면에 배치된 격자의 형태에 직접적으로 의존함으로써 제공되고, 이 경우 기록 과정 동안 상기 광원의 진폭- 및/또는 위상 특성이 변경될 수 있다. 또한, 이는 주기적으로, 예를 들어 조명빔 경로에 배치된 이동되는 위상 플레이트에 의해 이루어질 수 있다.
- [0055] 기록 매체에서 체적 격자의 굴절률 변조의 곡선은 광원의 평면에서 복소 진폭의 미리 정해진 정적 또는 동적 조절에 의해 결정될 수 있다.
- [0056] 바람직한 실시예에서 마스터 격자는 표면 릴리프 격자의 형태로 형성되고, 상기 격자의 면은 조명과 관련해서 체적 격자를 위한 기록 매체의 면의 부분이거나 또는 상기 표면에 상응한다.
- [0057] 다른 바람직한 실시예에서 마스터 격자는 체적 격자의 형태로 형성된다. 이는 예를 들어, 격자에 입사하는 광의 파장에 비해 큰 격자 주기에서 간단하게 마스터 격자 후방의 빔 경로에서 0차 및 회절된 더 높은 회절 차수만을 형성하는 장점을 제공한다.
- [0058] 본 발명에 따른 방법의 특징은, 상기 방법에 의해 대면적 기록 매체에 체적 격자가 생성될 수 있는 것이다. 이는, 간섭 가능한 광으로 조명을 위해 필요한 마스터 격자가 표면-릴리프 격자의 형태로 실질적으로 동일한 크기로 제조될 수 있음으로써 가능해진다. 그러나, 대면적 체적 격자는 2개의 방향으로 더 작은 마스터 격자가 중복해서 연달아 배치됨으로써(타일링) 형성될 수도 있다. 이로 인해 예컨대 20"인치 이상의 대각선 스크린을 갖는 홀로그래픽 직시형 디스플레이를 위한 예를 들어 대면적 간섭성 광학 필터가 구현될 수 있다.
- [0059] 본 발명에 따른 방법을 확장함으로써 격자의 위상에 맞는 인접 배치, 즉 격자 주기의 거의 연속적인 연속이 이루어진다. 이는, 예를 들어 회절 이미지를 이용해서 이루어질 수 있고, 상기 회절 이미지는 위상에 적절하게 구성 시 구성된 격자의 위상 시프트를 검출할 수 없게 한다. 위상에 적절하게 구성되지 않은 격자 세그먼트의 위상 시프트는 격자의 회절 이미지에서 예를 들어 선명한 다크 라인(dark line)으로서 검출될 수 있다. 이 경우 조명된 2개의 격자 세그먼트 사이의 이행 영역은 예를 들어 절반마다 균일하게 조명된다.
- [0060] 기록 매체 내의 간섭 콘트라스트 또는 굴절률 변조의 비대칭 프로파일은, 광원의 평면에서 위상- 및/또는 진폭 분포의 비대칭이 야기됨으로써 형성될 수 있다.
- [0061] 이러한 가능성은 광원의 평면에서 위상- 및/또는 진폭 분포의 직접적인 일치 및 기록 매체 내의 광 방향으로 굴

절률 변조의 프로파일로부터 주어진다. 기록 매체 내의 간섭 콘트라스트 또는 굴절률 변조의 미리 정해진 비대칭 프로파일은 예를 들어 유효광의 이용과 관련한 더 높은 회절 차수를 억제하기 위해 제공될 수 있다.

- [0062] 따라서 예를 들어 광원의 평면에서 비대칭을 형성하기 위해 톱니 형상의 표면 릴리프 위상 격자가 사용될 수 있다.
- [0063] 표면 릴리프 위상 격자에서 회절의 예컨대 0차 및 1차 회절 차수의 간섭에 대한 대안으로서 0차 및 2차 회절 차수 또는 다른 회절 차수의 간섭도 기록 매체에서 체적 격자를 형성하기 위해 이용될 수 있다.
- [0064] 이는 마스터 격자의 특수한 디자인에 의해 달성되고, 따라서 관련 회절 차수의 회절 효율이 최대화되고, 나머지 회절 차수의 회절 효과는 최소화된다.
- [0065] 기록 매체는 개시체를 포함할 수도 있고, 이 경우 노출광의 직류 광 성분은 기록 매체의 개시체의 활성화 또는 비활성화를 위해 이용될 수 있다.
- [0066] 이러한 매체는 예를 들어 PTR(Photo Thermo refractive; 광열 굴절) 글래스이고, 상기 글래스에서 2개의 표면부터 UV-광으로 전노광에 의해 광 방향으로 가우스 형태의 굴절률 프로파일이 체적 격자의 기록 전에 형성될 수 있다.
- [0067] 기록 매체로서 광학 또는 전기 제어 가능한 물질도 전환 가능한 체적 격자를 형성하는데 이용될 수 있다.
- [0068] 적절한 매체는 예를 들어 LC-층이다. 이로써 체적 격자의 회절 효율은 전압에 따라서 변경될 수 있다.
- [0069] 형성될 수 있고 또는 형성된 체적 격자에서 광의 회절에 의해 상이한 재구성 형상은(평면파/평면파, 평면파/구면파 및 기타) 확실히 설정된 및/또는 전환될 수 있는 형태로 구현될 수 있다.
- [0070] 예를 들어 평면파를 수렴하는 구면파로 변환하고, 따라서 필드 렌즈의 효과를 갖는 체적 격자가 형성될 수 있다. 이러한 필드 렌즈는 예를 들어 자동 입체 디스플레이 또는 홀로그래픽 디스플레이에서 이용될 수 있다. 기록 매체에서 본 발명에 따른 방법에 의해 하나 또는 다수의 추가 체적 격자가 계속해서 광학 함수를 기록하기 위해 임프린트 또는 형성될 수 있는 경우에, 노광된 기록 매체는 다수의 광학 함수를 구현할 수 있고, 개별 소자로서 상기 디스플레이에 집적될 수 있다.
- [0071] 기록 매체에서 체적 격자의 기록 시 반사는 조명광의 공간적 및/또는 시간적 간섭성 특성의 미리 정해진 선택에 의해 억제될 수 있다. 즉, 이로써 기록 시 반사는 저지되는 것이 아니라, 반사된 성분들이 상기 조치에 의해 반사되지 않은 성분을 더 이상 구조적으로 간섭할 수 없으므로, 이로 인해 기록 매체의 노광을 위한 감도 임계값이 초과되지 않는다.
- [0072] 기록 매체의 미리 정해진 깊이에 미리 정해진 형태와 두께를 갖는 체적 격자의 기록은 경계면부터 기록 매체의 개시체의 화학적 또는 광학적 감소(depletion)에 의해 이루어질 수 있다.
- [0073] 본 발명에 따른 방법과 달리, 이러한 방법은 그렇게 유연하지 않은데, 그 이유는 예를 들어 화학적 감소는 기록 매체의 경계면 또는 표면에서부터만 도입될 수 있기 때문이다. 따라서 이러한 방법은 일반적으로, 즉 이 실시예에서 기록 매체의 경계면에 직접 인접한 단일 격자의 기록만을 가능하게 한다.
- [0074] 기록 매체 내의 개시체의 광학적 감소의 확장은 예를 들어 광 조명에 의해서도 이루어질 수 있고, 상기 광은 예를 들어 기록 매체의 중앙에 놓인 층에 간섭성이 존재하지 않거나 또는 약간의 간섭성만이 제공되도록, 즉 약간의 간섭 콘트라스트(V(z))만이 제공되도록 변조된 공간적 간섭성을 갖는다. 활성화 에너지를 필요로 하는 광중합체가 제공되기 때문에, 조명광의 직류 광 성분에 대해 국부적으로 예를 들어 팩터 4만큼 증가한 강도가 이용될 수 있으므로, 상기 층에서 국부적으로 개시체가 감소될 수 있다. 노출광의 가능한 통계적 위상 변이가 도입되면, 기록 매체 내로 격자 구조가 임프린트되지 않지만, 개시체 농도는 감소한다. 기록 매체의 예컨대 평균 깊이 영역에서 체적 격자를 노광하기 위해 이용될 수 있는 개시체 농도는 유지된다.
- [0075] 이러한 체적 격자는 기록 매체의 두께보다 훨씬 작은 유효 층 두께를 갖는다. 이러한 방법은 예를 들어 더 높은 회절 차수를 갖지 않는 미리 정해진 각도- 및/또는 파장 선택성을 형성하기 위해 이용될 수 있다.
- [0076] 기록 매체의 층 두께의 부분으로 체적 격자의 두께를 제한하는 다른 가능성은 광원의 공간적 분포(I( $\lambda$ )), 즉 시간적 간섭성에 의해 주어진다.
- [0077] 공간적 간섭성( $|u_{12}(s)|$ )의 값의 미리 정해진 구성 및 전술한 바와 같이 2개의 간섭 파면의 미리 정해진 조절된

측방향 변위에 의한 것처럼, 시간적 간섭성 및 2개의 간섭 파면의 미리 정해진 조절된 길이방향 변위에 의해서도 높은 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )와  $z$ -방향의 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )의 포락선의 의도대로 설정된 곡선을 갖는 미리 정해진 공간적으로 좁게 제한된 영역이 형성될 수 있다.

- [0078] 물론, 이러한 그리고 다른, 예를 들어 공간적인 간섭성( $|\mu^{12}(s)|$ )의 값 또는 맞춰진 공간적 및 시간적 간섭성의 조합에 의해 형성된 간섭 패턴은 마찬가지로 기록 매체 내의 개시제를 감소시키고 또는 후속하는 노광을 위해 상기 개시제를 여기 시키는데, 즉 활성화 에너지를 일으키는데 이용될 수 있다.
- [0079] 백색광 마이컬슨 간섭계로부터 공지된 바와 같이, 백색광의 스펙트럼 폭이 큰 경우, 2개의 간섭계 암의 광학 거리는 상기 암의 길이가  $3 \mu\text{m}$ 보다 작게 조정될 때에만, 즉 경로 길이 차(OPD:optical path difference)가  $\leq 3 \mu\text{m}$ 일 때에만, 예를 들어 간섭 가능성이 제공된다.
- [0080] 간섭 파면들 중 하나의 파면이 간섭하는 다른 파면에 대해 틸팅되고, 2개의 경로의 경로 길이 차이가 조정되는 경우에, 백색광 간섭계에서 간섭 콘트라스트는 최대치를 갖고, 간섭 콘트라스트는 측면에서 커트라인 OPD =0만큼 감소하고, 즉 OPD가 증가할수록 틸팅이 커진다. 이는, 틸팅이 국부적인 OPD의 변경에 상응하기 때문이다. 이는 예를 들어 광원의 파워 스펙트럼 밀도( $S(\lambda)$ )를 결정하기 위해 이용되는데, 그 이유는 이는 발진 신호 성분의 푸리에 변환으로 인해 형성되기 때문이다.
- [0081] 또한, 이는 예를 들어 DOE에 의한 노광 시 이용되고 예를 들어 기록 매체에서 그와 달리 충분한 스펙트럼 광대역 방사를 이용하여 이루어지는 체적 격자 형태로 기록되는 종래의 2-빔 간섭에서,  $z$ -방향을 따른 아포다이제이션이 도입될 수 있고, 상기 아포다이제이션은  $x$ - $y$  평면으로도 도입되는 것을 의미한다. 다시 말해서 이는, 깊이를 따라, 즉  $z$ -방향으로 충분히 높은 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )에서 예를 들어  $10 \mu\text{m}$ 로 제한되어야 하고 충분한 스펙트럼 광대역으로 구현되는 종래의 2-빔 간섭은 예를 들어  $60^\circ$ 의 2개의 파면의 상대적인 틸팅 하에, 간섭 패턴이 측방향으로 및 틸팅의 축에 대해 수직으로 약  $\pm 6 \mu\text{m}$ 의 폭으로 제한되도록 실시된다. 따라서 이러한 방법은 측방향 폭이 더 작은 체적 격자에서만 이용될 수 있다. 그러나 본 발명에 따른 목표는 예컨대 20인치 스크린을 위한 디스플레이 크기의 체적 격자를 형성하는 것이다.
- [0082] 충분히 높은 간섭 기능의 영역의 측방향 폭은 - 조명에 이용되는 방사의 스펙트럼 대역이 큰 경우에도 - 현저히 확장될 수 있다.
- [0083] 높은 간섭 콘트라스트를 갖는 영역의 측방향 폭을 증가시키기 위해 그리고 깊이를 따라, 즉  $z$ -방향으로 높은 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )를 갖는 영역의 작은 폭을 달성하기 위해, 작은 시간적 간섭성의 방사로 간섭 패턴을 형성하는데 적합한 적어도 2개의 가능성 또는 모든 가능성이 제공된다.
- [0084] 입사하는 파면과 파면이 반사되는 거울로 반사 홀로그래름을 형성하는 것은 매우 간단할 수 있고, 이 경우 거울은 기록 매체의 층에 대해 가능한 한 가깝게 배치되어야 한다. 간행물 US 7,792,003 B2호에는 이러한 방법이 기술되어 있다. 간섭 패턴의 형성되는 포락선 및 굴절률 변조( $n_1(z)$ )의 아포다이제이션 함수는 싱크 함수의 절반에 비례한다. US 7,792,003 B2호에는, 조합된 격자의 대략 사각형 파장 선택성을 얻기 위해, 싱크 형태의 굴절률 변조의 각 절반만, 즉 싱크 형태의 간섭 콘트라스트의 절반만 기록되는 반사 홀로그래름과 2개의 반사 홀로그래름을 조합하는 것을 필요로 하는 것이 제시되어 있다(US 7,792,003B2, 도 5A-5D 참조).
- [0085] 거울의 사용은 2개의 간섭 파면 사이의 각도가 큰 경우에도 간섭 콘트라스트의 비교적 큰 측방향 폭을 형성할 수 있게 하고, 상기 폭은 거울에 직접 제공되거나 또는 예를 들어 반사하는 캐리어 박막에 배치된 기록 매체에서 미리 정해진 크기의 측방향 폭을 취할 수 있다. 이는 반사 면에서 간섭 파면 사이의 OPD가 항상 0이라는 것에 근거한다. 깊이를 따라, 즉  $z$ -방향으로 입사하는 파면과 반사되는 파면 사이의 OPD가 현저히 증가할수록, 입사 및 반사각은 커진다. 다시 말해서, US 7,792,003 B2 호에 기술된 방법에 대해 매우 제한된 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )의 길이방향 분포 함수의 선택만이 이루어질 수 있다. 또한, 재구성 형상은 반사 면에 대해 평행한 브래그(Bragg)-격자 평면으로 제한되는데, 그 이유는 간섭 파면의 입사각과 반사각은 동일하기 때문이다.
- [0086] US 7,792,003 B2에 따른 제한을 현저히 줄이는 여러 가능성들이 있다. 하나의 가능성은 광원의 파워 스펙트럼 밀도( $S(\lambda)$ )의 주기성을 이용하는 것이다. 이는, 시간적 간섭성에서 주기성, 즉 사전 설정 가능하게 조절될 수 있는 주기와 곡선을 갖는 비트를 야기한다. 이것은 비너-킨친(Wiener-Khinchin) 정리에 근거한다. 따라서, 예를 들어 거울 표면에 직접 적용되는 간섭 콘트라스트의 절반 싱크 함수가 바로 기록되는 것이 아니라 비트의 후속 부분, 즉 예컨대 전체 싱크 함수가 기록되도록 예를 들어 거울과 기록 매체 사이의 거리가 사전 설정 가능하게 선택될 수 있다. 비트의 형성을 위해 예를 들어 광원의 2개의 약간 분리된 스펙트럼 영역이 이용된다. 이는 프

로세스 단계를 감소시키고, 예를 들어 2개의 절반 싱크 함수의 기록 시 필요할 수 있는 2개의 체적 격자를 위상에 적절하게, 즉 모듈로(modulo)  $2\pi$  위상 시프트를 사용하지 않고 구성하는 복잡성을 방지한다.

- [0087] 기록 매체에서 굴절률 분포( $n_1(z)$ )의 깊이 아포다이제이션은 시간적 간섭성의 비트 함수(beat function)를 이용하여 가능하다. 비트 주파수는 광원의 적어도 약간 분리된 사용된 스펙트럼 영역의 간격에 의해 - 예를 들어 2개, 일반적으로 그 이상 - 결정된다. 비트의 포락선의 곡선은 광원의 스펙트럼 분포의 섹션의 형태에 의해 결정된다. 굴절률 분포( $n_1(z)$ )의 깊이 아포다이제이션의 곡선을 결정하기 위해, 즉 미리 결정하여 설정할 수 있기 위해, 예를 들어 상기 섹션을 위해 약간 분리된 2개의 구형 함수 외에 약간 분리된 2개의 가우스 함수도 이용될 수 있다.
- [0088] 다른 가능성은 기록을 위해 사용된, 예를 들어 반사 홀로그래프에 의해 형성될 수 있는 파면의 방향에 따른 반사를 이용함으로써 제공된다. 이는 예를 들어 표면 릴리프- 또는 체적 격자일 수 있고, 상기 격자는 각각 예를 들어 하나의 회절 차수의 최대 반사에 대해 설계된다. 그러나 반사 액정 격자가 이용될 수도 있고, 이는 매우 유연한 노광 구조를 제공한다. 따라서 입사각을 반사각과 동일하게 제한하는 것은 생략될 수 있다. 이로써 형성된 체적 격자의 재구성 형상은 반사하는 면에 대해 평행한 브래그(Bragg)-격자 평면에 제한되지 않는다.
- [0089] 입사각과 동일한 반사각을 갖는 반사 체적 격자의 간단하고 디자인 자유도를 매우 제한하는 재구성 형상으로부터 이러한 제한을 제거함으로써 재구성 형상-파라미터 범위는 반사-체적 격자에 의해 포함될 수 있고, 이 경우 기록된 체적 격자의 두께는 기록 매체의 두께의 일부로 제한, 기록 매체 내에서 규정된  $z$ -평면의 선택 및 굴절률 분포( $n_1(z)$ )의 깊이 아포다이제이션의 규정된 곡선의 선택은 조명광의 시간적 간섭성 특성의 이용에 의해서도 가능해진다.
- [0090] 하나의 복합 파동장을 다른 복소 파동장으로 다수의 변환은, 예를 들어 온-축-평면파를 오프-축-평면파로 변환하는 제 1 투과 체적 격자 및 오프-축-평면파를 온-축-구형파로 변환하는 제 2 투과 체적 격자를 포함하는 온-축 작용 결합된 필드 렌즈의 구현처럼 평판 홀로그래픽 3D-디스플레이의 샌드위치-디자인에서 투과 격자로서 양호하게, 즉 반사-체적 격자의 경우보다 양호하게 실행될 수 있다. 기록 물질 또는 기록 매체의 두께의 일부로 체적 격자의 두께의 제한, 기록 매체 내에서 규정된  $z$ -평면의 선택 및 굴절률 분포( $n_1(z)$ )의 깊이 아포다이제이션의 규정된 곡선의 선택을 가능하게 하는 투과 체적 격자의 구현은 따라서 반사-체적 격자에 비해 바람직하다.
- [0091] 투과 체적 격자는 마스터 격자를 이용해서 간단하게 재현될 수도 있다. 이는 예를 들어 DOE, 블레이즈 격자, 이진 위상 격자, 다단 위상 격자, sub-1-위상 격자와 같은 표면 릴리프 격자일 수 있고, 상기 격자들은 예를 들어 가변 듀티 사이클 및 고정적인 웨이브 폭 또는 고정적인 트랜치 폭에 의해 구현된다. 예를 들어 다층 어셈블리로서 각도 세트를 가동시킬 수 있는 PDLCG(polarization dependent liquid crystal grating; 편광 의존성 액정 격자) 또는 WO 2010/149587 호에 기술된, 계속해서 변하는 회절 각도를 형성할 수 있는 LCG와 같이 예를 들어 제어 가능한 격자는 유연한 형상에 적합하고, 이 경우 회절 효율(BWG)은 예를 들어 대략 0.5이고, 바람직하게 2개의 회절 차수만이 제공된다.
- [0092] 체적 격자는 예를 들어 마스터 격자로서 리플리케이션(replicatin)을 위해 이용될 수 있다. 전달될 2-빔 간섭 패턴의 경우에 체적 격자는 간단하게 회절 효율(BWG)에 대해 설계될 수 있고, 상기 회절 효율은 기록 매체에서 충분한 간섭 콘트라스트를 가능하게 한다. 마스터 체적 격자의 BWG는 예를 들어  $n = 0.4$  내지  $n = 0.6$ 의 값으로 설계될 수 있다.
- [0093] 예를 들어 0차 및 1차 회절 차수의 파면을 위한 리플리케이션의 마스터 격자(G) 후방에서 2개의 파라미터, 즉 방향 변위( $S(z)$ )의 크기와 길이방향 변위(OPD( $z$ ))의 크기는 간격( $z$ )에 따라서 변경되고, 상기 2개의 파라미터는 기록 매체에서 굴절률 분포( $n_1(z)$ )의 소정의 깊이 아포다이제이션을 실시하기 위해 이용될 수 있다.
- [0094] 실제 노광 구조의 요구를 충족하는데 적합한 길이방향 변위(OPD( $z$ ))의 크기에 의존하는 간섭 콘트라스트를 얻기 위해, 실제로 이에 맞춰진 분광 필터가 사용되어야 한다. 분광 필터로서 예를 들어 금속-간섭-필터(MIF), 반사 또는 투과 유전 층스택, 고정적 또는 가변적 페브리 페로(Fabry-Perot) 간섭 필터, 반사 또는 투과 체적 격자 및 예를 들어 변형된 분광기가 이용될 수도 있다.
- [0095] 매우 유연한 분광 필터는 예를 들어 다음과 같이 구현될 수 있다. 광원의 광을 스펙트럼 분리되도록 확대하기 위해, 격자 분광계가 사용된다. 이는, 예를 들어 100 nm, 10 nm 또는 1nm의 스펙트럼 범위가 스펙트럼에 의해 타깃 평면에서 10 mm의 폭으로 분리됨으로써, 즉 세분됨으로써 이루어진다. 분광계에서 상기 평면은 일반적으로 광 검출기가 설치되는 평면이고, 상기 광 검출기는 스펙트럼 분포에 상응하는 강도 분포를 기록한다. 상기 평면에 고정, 또는 가변 강도 필터가 설치될 수 있다. 예를 들어, 스펙트럼 범위, 파워 스펙트럼 밀도( $S(\lambda)$ )를 의

도대로 변조하기 위해, SLM, 즉, DMD(digital micromirror device)가 이용될 수 있다. 또한, 실제 펄스 형성으로부터 - 짧은 레이저 펄스의 형성을 의미함 - 스펙트럼으로 할당된 위상-SLM을 이용하는 것이 공지되어 있다. 일반적으로 광원의 스펙트럼으로 세분된 광은 복소 SLM을 조명한다.

- [0096] 조절 가능한 깊이 아포다이제이션으로 반사 체적 격자의 형성의 설명에서와 유사하게 마스터와 기록 매체의 층 사이의 간격은 충분히 크게 선택될 수 있으므로, 절반 싱크- 또는 가우스 함수가 방지될 수 있고, 대칭 아포다이제이션 함수를 노광하기 위해 의도대로 제 2 또는 다른 비트 섹션이 이용될 수 있다. 조명광의 스펙트럼 섹션의 선택에 의해 예를 들어 대칭 아포다이제이션 함수가 존재하는 2개의 영역 사이에 예를 들어 노광 시간이 적절할 때 항상 기록 매체의 활성화 에너지보다 낮은 상당히 작은 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )가 존재하는 충분히 큰 영역을 형성하는 것도 가능하다. 따라서, 예를 들어 상이한 깊이 평면에 있는, 예를 들어  $z$ -축으로 각각 10  $\mu\text{m}$  로 제한된 개별 체적 격자들을 연속해서 100  $\mu\text{m}$  두께의 기록 매체 내로 노광시키는 것도 가능하다.
- [0097] 깊이에 따라 분리된 및-/또는 아포다이제이션된 체적 격자를 형성하기 위한 공간적 간섭성 ( $|\mu^{12}(s)|$ )의 크기를 이용하는 것이 덜 복잡하긴 하지만, 광원의 스펙트럼 분포( $I(\lambda)$ )의 시간적 간섭성 특성의 이용은 대안적인 실시를 제공한다. 또한, 2개의 방법 - 시간적 및 공간적 간섭성 - 이 서로 조합되는 경우에, 형성될 수 있는 체적 격자의 다양성이 증가할 수 있다.
- [0098] 전술한 방법의 가능한 응용에는 빔 컴바이너이고, 상기 빔 컴바이너는 미리 정해진 두께의 적어도 2개의 체적 격자를 가진 기록 매체를 포함하고, 광 변조기의 픽셀로부터 방사되는 광의 중첩에 이용된다. 이러한 빔 컴바이너는 예를 들어 대형 스크린 크기를 갖는 홀로그래픽 직시형 디스플레이의 구현을 위한 주요 부품이다. 이러한 빔 컴바이너의 작동 원리와 이용 방법은 예를 들어 WO 2010/149588호에 기술되어 있으므로, 홀로그래픽 직시형 디스플레이에서 이러한 빔 컴바이너를 이용하기 위해 상기 간행물에 제시된 실시예가 구현될 수 있다. 이와 관련하여 WO 2010/149588 A1호가 참조된다.
- [0099] 전술한 방식으로 형성된 체적 격자는 이 경우 폭과 선택적으로는 연장부에서 미리 정해진 각도 선택성을 갖는다. 이는 특히, 예를 들어 직시형 디스플레이에서 이용 시 더 높은 회절 차수를 억제하고 결정된 회절 차수의 광만을 관찰자의 눈에 도달시키기 위해 필요하다.
- [0100] 빔 컴바이너의 실제 형상은 예를 들어 각각 미리 정해진 두께를 갖는 6개의 체적 격자와 미리 정해진 다른 두께를 갖는 중간층의 층 스택을 포함한다. 이는 예를 들어 WO 2010/149588 A1호의 도 6 내지 도 8 및 도 10에 도시되고, 이 경우 상기 간행물에 제시된 체적 격자( $Vg1$ ,  $Vg2$ ,  $Vg3$  및  $Vg4$ )는 기록 매체에 임프린트 될 수 있다.
- [0101] 이러한 배치에 의해 예를 들어 광 변조기의 RGB-픽셀로부터 방사되는 광 빔들은 하나의 광 빔으로 수렴될 수 있고, 이는 WO 2010/149588 A1호에 기술된 바와 같이, 예를 들어 위상 변조기에서 복소값의 2-위상 코딩 시 필요하다.
- [0102] 광 방향으로 빔 컴바이너에 후속하는 조리개 영역이 제공되는 경우에, 체적 격자 스택의 전체 두께는 미리 정해진 값을 초과해서는 안 된다.
- [0103] 그렇지 않을 경우 광 손실이 야기될 수 있는데, 그 이유는 빔 컴바이너로부터 방사되는 광 빔들은 발산하고 이로써 부분적으로 조리개 영역에 의해 사라지기 때문이다.
- [0104] 체적 격자 및 상기 체적 격자에 중첩된 아포다이제이션 함수의 적절한 형성에 의해 이로써 모든 삼원색(RGB) 및 빔 컴바이너의 6개의 모든 체적 격자에 대해  $< 0.1^\circ$  의 재구성 형상의 각도 오차가 유지될 수 있고, 상기 각도 오차는 홀로그래픽 디스플레이에서 이러한 광학 소자들의 이용에 특히 중요하다.
- [0105] 전술한 방법의 다른 가능한 응용에는 홀로그램 부품과 태양광을 전류로 변환하는 에너지 변환 장치를 포함하는 태양광 모듈에 관한 것으로, 이 경우 홀로그램 부품은 기록 매체와 적어도 2개의 체적 격자를 포함하고, 홀로그램 부품은, 태양광이 다양한 방향에서 태양광 모듈로 입사하는 경우에, 태양광이 에너지 변환 장치를 향해 안내될 수 있도록 형성되고 태양광 모듈에 배치된다.
- [0106] 각각의 체적 격자를 가진 상하로 배치된 다수의 기록 매체로 이루어진 체적 격자 스택은 공지된 바와 같이 태양광 모듈의 효율을 높이기 위한 입사하는 태양광의 각도- 및/또는 파장 스펙트럼의 변조를 위해 태양 전지와 함께 이용된다. 상이한 스펙트럼 감도에 의해 태양 전지를 향해 2개의 상이한 방향으로 단파 및 장파 영역을 편향하는 상하로 배치된 2개의 체적 격자를 포함하는 태양광 모듈은 예를 들어 간행물 "Analysis and design of holographic solar concentrators"(Kostuk 외 저, Proc.SPIE, 2008, vol. 7043, pp.704301-704301-8)에 기술

되어 있다. 적층에 의해 다수의 개별 체적 격자들로 상기와 같은 층 스택의 제조 시 개별 층들의 위치 설정 정확도와 관련해서 문제가 된다.

- [0107] 본 발명에 따른 방법의 주요 장점은, 다중 홀로그래머로서 홀로그래프 부품은 연속하는 또는 하나의 기록 매체에 각각 미리 정해진 두께를 가진 다수의 체적 격자의 스택으로서 형성될 수 있다는 것이다.
- [0108] 태양광의 집광 및 전기 에너지로 변환 시 가능한 한 높은 효율의 요구에 상응하게 홀로그래프 부품의 층 구조는 적어도 하나의 미리 정해진 각도 선택성 및/또는 적어도 하나의 미리 정해진 파장 선택성을 가질 수 있다.
- [0109] 홀로그래프 부품은, 미리 정해진 각도 범위에서 홀로그래프 부품에 입사하는 광이 투명 판으로 안내되도록 형성되고, 상기 투명 판은 - 바람직하게 직접 - 홀로그래프 부품의 출력면에 연결된다.
- [0110] 투명 판을 통과한 후에 광은 예를 들어 실시예에서 직접 또는 전방에 배치된 집광기에 의해 에너지 변환 장치의 2차원 어셈블리로 입사하고, 이 경우 에너지 변환 장치는 적어도 하나의 태양 전지를 포함한다.
- [0111] 다른 실시예에서 투명 판은 광 가이드 플레이트로서 형성될 수 있고, 상기 플레이트에서 광은 전반사에 의해 광 가이드 플레이트의 에지 또는 측면으로 안내된다. 투명 판은 특성상 광 가이드로서 평면 평행하게 또는 쉼기 형태로 형성될 수 있다.
- [0112] 광 가이드 플레이트로서 형성된 투명 판의 에지에 적어도 하나의 에너지 변환 장치 또는 적어도 하나의 태양 전지가 직접 배치될 수 있다. 광은 광 가이드 플레이트로서 형성된 투명 판의 에지로부터 집광기를 지나 에너지 변환 장치 또는 태양 전지에 안내될 수 있다.
- [0113] 태양광 모듈의 수용 각도 범위 및/또는 스펙트럼 감도 범위는 에너지 변환 장치 또는 태양 전지의 전방에 배치된 광학 소자의 변환- 및/또는 전환 특성의 변경에 의해서도 증가할 수 있다.
- [0114] 이 경우 마이크로 프리즘 및/또는 적어도 하나의 산란 표면의 전방 배치가 중요할 수 있고, 이들은 수용 각도 범위를 확장하는데 이용된다.
- [0115] 수용 각도 범위는 예를 들어, 투명 판이 깊이에 따라 구배 형태로 변경될 수 있는 미리 정해진 산란 특성을 가짐으로써 확장될 수도 있다.
- [0116] 태양광 모듈의 스펙트럼 감도 범위는 그와 달리, 예를 들어 에너지 변환 장치 또는 태양 전지 전방에 배치된 광학 소자의 형광- 또는 발광 도핑에 의해 또는 양자점 구현에 의해 증가할 수 있다.
- [0117] 홀로그래프 부품은, 태양 전지로부터 반사된 광이 태양 전지를 향해 재반사되도록 및/또는 렌즈 기능을 구현하고 집광기로서 이용될 수 있도록 형성될 수 있다.
- [0118] 또한, 홀로그래프 부품은, 정해진 파장의 광만을 정해진 스펙트럼 감도에 의해 정해진 에너지 변환 장치 또는 태양 전지로 편향시키도록 형성될 수 있다.
- [0119] 또한, 홀로그래프 부품은 다이크로메이트드 젤라틴(DCG)으로 이루어진 기록 매체에 기록될 수 있고, 상기 다이크로메이트드 젤라틴은 화학적으로 개질된 감광물질에 의해 정해진 노광 에너지 임계값을 초과하는 경우에 습식 화학 공정 시 위상 체적 격자로 전환되는 잠재 격자를 형성하기 시작하도록 변경된다. 이로 인해, 깊이가 낮은 체적 격자를 형성하기 위한 방법은 기록 매체가 다이크로메이트드-젤라틴으로 이루어진 경우에도 이용될 수 있다. 이로써, 두꺼운 DCG-층에서도 높은 굴절률 변조(n1)를 갖는 얇은 체적 격자가 형성될 수 있다. 이것은 태양광 모듈 및/또는 태양-집광기의 경우에 검출된 각도- 및/또는 파장 범위를 증가시키는 장점을 제공하는데, 그 이유는 이러한 경우에 각도- 및 파장 선택성이 각도 및 스펙트럼과 관련해서 더 넓어질 수 있기 때문이다.
- [0120] 전술한 방법은 데이터 또는 보안 특징들의 저장하는데 이용될 수 있고, 이 경우 체적 격자 형태로 기록 매체에 데이터 또는 보안 특징들의 기록 시 각도- 및/또는 파장 멀티플렉스 외에 깊이에 따른 멀티플렉싱(z-멀티플렉싱)이 구현된다.
- [0121] 즉, 데이터 또는 보안 특징들은 기록 매체의 층에서 각도- 및/또는 파장에 따른 코딩에 외에 다양한 평면에서도 코딩될 수 있다. 전술한 바와 같이, 이는 특히 바람직하게 기록 매체의 제한된 영역에서 및 바람직하게 기록 매체의 표면과의 미리 정해진 간격에서, 즉 기록 매체의 미리 정해진 깊이에서 가능하다.
- [0122] 전술한 바와 같이, 각도- 및/또는 파장 선택성의 곡선은 사전 설정될 수 있으므로, 이로써 특히 노광 시 각도- 및/또는 파장 선택성의 이차 최대치가 억제될 수 있다.
- [0123] 방법의 이러한 특성에 의해 데이터 또는 보안 특징들은 더 큰 메모리 용량과 더불어 훨씬 더 오류 안정적으로

코딩 및 디코딩될 수 있다.

- [0124] 임프린트된 개별 데이터 세트 또는 안전 특징들을 위한 각도- 및/또는 파장 선택성의 곡선은 미리 정해져 상이하게 선택될 수 있으므로, 데이터 세트의 상이한 각도- 및/또는 파장 선택성의 코딩 및 디코딩이 이루어진다. 이로써 데이터 세트의 상이한 각도- 및/또는 파장 선택성의 적절한 멀티플렉스에 의해 기록 매체에서 특히 더 큰 메모리 데이터 밀도가 달성될 수도 있다.
- [0125] 전술한 방법의 다른 응용에는 레이저 도플러 속도계(LDA; Laser Doppler Anemometry)이고, 상기 속도계에서 상기 방법은 샘플에서 측정 평면의 구현과 길이방향 변위를 위해 이용될 수 있다. 이러한 응용예에서 중요한 것은 특히 측정 물체의 깊이에서 격자 평면의 동적 변위 가능성이다.
- [0126] 전술한 방법의 다른 응용에는 3D 광학 현미경에 관한 것이고, 이 경우 샘플에서 길이방향 해상도가 높아질 수 있고 격자 평면의 동적 변위에 마찬가지로 바람직하다.
- [0127] 또한, 초음파 검사에서 상기 방법은 샘플에서 초음파의 중첩 시 음파 강도의 깊이 범위의 제한과 깊이 해상도를 높이기 위해 이용될 수 있다.
- [0128] 즉, 본 발명에 따른 방법은 광파에 기초한 응용예에 제한되지 않고, 특히 바람직하게 간섭 가능한 다른 파동 전파 과정에서도 이용될 수 있다.
- [0129] 장치와 관련하여, 전술한 과제는 청구범위 제 56 항의 특징에 의해 해결된다. 따라서 본 발명에 따른 장치는 노광에 의해 기록 매체에 적어도 하나의 체적 격자의 층상 형상을 위해 형성된다. 본 발명에 따른 장치는 광원과 빔 분할 수단을 포함한다. 기록 매체는 적어도 하나의 감광성 층을 포함하고, 상기 층은 노출광의 미리 정해진 파장에 대해 감응한다. 빔 분할 수단은, 광원의 노출광이 간섭성 광의 적어도 2개의 간섭 파면으로 세분되도록 형성되고 배치된다. 각각의 체적 격자는 기록 매체에 간섭성 광의 적어도 2개의 간섭 파면에 의해 형성될 수 있다. 간섭성 광의 적어도 2개의 간섭 파면은 기록 매체에서 미리 정해진 깊이에 미리 정해진 각도로 미리 정해진 간섭 콘트라스트와 중첩될 수 있다. 기록 매체에서 체적 격자의 굴절률 변조 및/또는 투과율 변조의 깊이와 두께는 광 확산 방향으로 간섭 파면의 공간적 및/또는 시간적 간섭도의 깊이에 따른 제어에 의해 조절될 수 있다.
- [0130] 본 발명에 따른 장치는 특히 청구범위 제 1 항 내지 제 30 항 중 어느 한 항에 따른 방법을 실시하는데 적합하다. 반복을 피하기 위해 상세한 설명의 전술한 부분이 참조되는데, 그 이유는 본 발명에 따른 방법에 정통한 해당 분야에 종사하는 당업자는 본 발명에 따른 장치를 적절하게 개선하고 구성할 수 있기 때문이다. 특히 본 발명에 다른 장치에 의해 적어도 2개의 체적 격자를 가진 기록 매체를 포함하는 홀로그램 부품이 제조될 수 있고, 이 경우 홀로그램 부품은 청구범위 제 1 항 내지 제 30 항 중 어느 한 항에 따른 방법으로 제조된다.
- [0131] 빔 분할 수단은 바람직하게 회절 격자를 포함하고, 상기 회절 격자는 마스터 격자라고도 하는 표면 릴리프 격자로서 형성될 수 있다.
- [0132] 본 발명의 교리를 다양하게 구성하고 개선할 수 있는 다양한 가능성이 있다. 이를 위해 한편으로는 청구범위 제 1 항에 대한 종속 청구항들이 참조되고, 다른 한편으로는 도면을 참고로 한 본 발명의 바람직한 실시예들의 하기 설명이 참조된다. 도면을 참고로 한 본 발명의 바람직한 실시예들의 설명과 함께 교리의 일반적으로 바람직한 실시예 및 개선예들도 설명된다.
- [0133] 도면에 각각 개략도로 도시된다.

**도면의 간단한 설명**

- [0134] 도 1a, 도 1b 및 도 1c는 a) 점광원, b) 주기적 진폭 격자를 포함하는 광원 및 c) 주기적 위상 격자를 포함하는 광원의 이용과 마스터 격자와의 간격에 비례하는 변위 거리에 대한 간섭 콘트라스트의 의존성을 도시한 도면.  
 도 2는 각도에 따라서 격자 주기가 변하는, 고속 회전할 수 있는 기관 위의 환형 격자를 도시한 도면.  
 도 3은 직접 인접하는 기록 매체 내에 체적 마스터 격자 형태의 2빔 간섭 패턴의 리플리케이션을 위한 어셈블리를 도시한 도면.  
 도 4는 간격층을 포함하는 6개의 체적 격자의 층 스택으로 이루어진 빔 컴바이너를 도시한 도면.  
 도 5a는 투명 판 형태의 커버 글래스가 제공되고 각각 파라볼라 집광기에 결합된 태양 전지의 2차원 어셈블리를 도시한 도면.

도 5b는 태양 전지에 도달할 수 있는 광 빔들의 각도 스펙트럼의 확장에 이용되는 위에 배치된 홀로그래프 부품을 포함하는, 도 5a와 동일한 어셈블리를 도시한 도면.

도 6a, 도 6b 및 도 6c는 a) 태양 전지가 직접, 또는 b) 및 c) 파라볼라 집광기를 거쳐 조명되고 홀로그래프 부품으로부터 입사하는 광이 안내되는 에지를 가진 광 가이드로서 투명 판을 도시한 도면.

도 7a 및 도 7b는 양자 효과를 높이기 위해 양자점 또는 발광 또는 형광 물질로 도핑된 a) 투명 판 또는 b) 파라볼라 집광기를 포함하는 태양광 모듈을 도시한 도면.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0135] 도면에서 동일하거나 유사한 부품들은 동일한 도면부호로 도시된다.
- [0136] 도 1b 내지 도 1c는 노출광의 미리 정해진 파장에 감응하는 적어도 하나의 광감성 층을 포함하는 기록 매체(AZM)에서 노광에 의해 적어도 하나의 체적 격자(VG)의 층상 형성 방법을 구현하기 위한 기본적인 어셈블리를 도시하고, 이 경우 각각의 체적 격자는 기록 매체에서 간섭성 광의 적어도 2개의 간섭 파면(WF1, WF2)에 의해 형성되고, 상기 파면들은 기록 매체에서 미리 정해진 깊이에서 미리 정해진 각도로 미리 정해진 간섭 콘트라스트와 중첩되고, 기록 매체(AZM)에서 체적 격자(VG)의 굴절률- 및/또는 투과율 변조의 깊이(z)와 두께는 광 확산 방향으로 간섭 파면(WF1, WF2)의 공간적 및/또는 시간적 간섭도의 깊이에 따른 제어에 의해 영향을 받는다.
- [0137] 광원(LS)으로부터 시준 렌즈(L)를 거쳐 실질적으로 시준된 평면 파동장(PW)으로 조명되는 마스터 격자(G) 후방에, 광 확산 방향으로 마스터 격자(G)에서 회절되어 상기 격자 후방에서 전파되는 파동장(WF1, WF2) 사이의 상대적인 측방향 변위(s(z))가 제공되고, 상기 변위는 조명되는 평면 파동장(PW)의 설정된 공간적 및/또는 시간적 복소 간섭성 함수( $\Gamma$ )에 따라 서로 간섭하는 파동장의 간섭 콘트라스트(V(z))의 미리 정해진 깊이에 따른 곡선을 형성한다.
- [0138] 간섭하는 파동장(WF1, WF2)은 마스터 격자(G)에서 광원(LS)으로부터 방사되어 시준된 그 파동장(PW)의 회절의 상이한 회절 차수이고, 상기 마스터 격자는 광 확산 방향으로 기록 매체(AZM)의 전방에 배치된다.
- [0139] 도 1a에서 점 광원(Point-LS)의 광은 광 방향으로 후속해서 배치된 렌즈(L)에 의해 시준되므로, 후속하는 마스터 격자(G)에 평면파(PW)가 입사한다. 마스터 격자(G)의 격자 상수에 따라, 입사하는 평면파는 각도( $\theta$ )로 회절되므로, 이 실시예에 도시된 바와 같이 마스터 격자의 후방에서 2개의 평면 파동장(FW1, WF2)이 확산되고, 상기 평면 파동장은 플러스/또는 마이너스 제 1 회절 차수(+1 DO 및 -1 DO)에 상응하고, 서로 2 $\theta$ 의 각도를 형성한다.
- [0140]  $z = 0$ 부터 최대값까지 z-방향으로 감소하는 폭을 가진 삼각형 형태로 연장되는 중첩 영역 내에서 마스터 격자에서 회절된 회절 차수(+1 DO 및 -1 DO)는 간섭할 수 있다. 단색 점 광원(Point-LS)의 이용 시 이는 일정한 간섭 콘트라스트(V(z) =1)를 갖는 중첩 영역 전체에서 이루어진다. 마스터 격자(G)는 다른 빔 분할기로, 예를 들어 광 변조기(SLM)에 재현된 격자로 대체될 수도 있다.
- [0141] 도 1a의 수평 대시 표시는, 예를 들어 마스터 격자(G)와 거리(z1)를 두고 배치된, 두께(D)를 가진 기록 매체(AZM) 내의 중첩 영역의 모든 위치에서 특정한 격자 상수를 갖는 체적 격자가 기록될 수 있고, 상기 격자 상수는 마스터 격자(G)에서 회절된 평면 파동장(WF1, WF2)의 확산각( $\theta$ )에 의존하는 것을 도시한다. 이러한 배치에서 간섭 콘트라스트는 길이방향으로, 즉 경로(z)를 따라 변경되지 않음으로써, 마스터 격자(G)와의 거리(z1)에서 기록된 체적 격자도 길이방향으로 균일한 형태를 갖는다.
- [0142] 도 1b 및 도 1c에는 일반적으로 복소 주기 또는 비주기 진폭- 및/또는 위상 분포를 갖는, 평면(E)에 배치된 광원(LS) 형태가 간섭 콘트라스트(V(z))에 미치는 영향을 도시한다. 이는, 기록 매체(AZM)의 미리 정해진 깊이의 간섭 콘트라스트(V(z))는 한편으로는 파동장(WF1, WF2)의 확산 방향으로 좌표(z)의 함수인, 2개의 간섭 파동장(WF1, WF2)의 측방향 변위(s(z))(전단)에 의존하기 때문에, 그리고 한편으로는 기록 매체(AZM)의 미리 정해진 깊이 영역에 형성되는 간섭 콘트라스트(V(z))의 미리 정해진 곡선은 광원(LS)의 평면(E)에서 진폭- 및/또는 위상 분포의 형태의 함수이기 때문에 이루어진다.
- [0143] 이로써, 기록 매체(AZM)의 미리 정해진 깊이(z)에 제공된 간섭 콘트라스트(V(z))는 기록 매체(AZM) 내의 미리 정해진 굴절률- 및/또는 투과율 변조 형태의 체적 격자를 형성함으로써 가능하고, 상기 변조는 체적 격자(VG)의 각도- 및/또는 파장 선택성을 사전 설정하여 조절하고 체적 격자(VG)의 각도- 및/또는 파장 선택성의 이차 최대치를 사전 설정하여 억제할 수 있는 아포다이제이션 함수에 상응한다.

- [0144] 이를 달성하기 위해, 마스터 격자(G)를 조명하는 시준될 광원(LS)의 평면(E)은 복소 광학 투과 함수를 포함하고, 상기 함수는 진폭- 및/또는 위상 격자, 진폭- 및/또는 위상 분포, 아포다이제이션 함수에 중복되는 진폭- 및/또는 위상 격자 또는 아포다이제이션 함수에 중복되는 진폭- 및/또는 위상 분포이다.
- [0145] 도 1b는 - x-방향과 관련해서 및 평면(E)에서 - 주기적인 진폭 분포(periodic A-LS)를 갖는 단색의 공간적 비간섭성 광원(LS)을 이용하는 경우를 도시한다. 간섭은 전단 거리( $s(z_0) = 0$ )에서 콘트라스트( $V(z_0) = 1$ )에 의해 이루어지고, 설계-전단-거리에서, 즉 마스터 격자(G) 후방의 의도한 깊이( $z_1$ )에서 광원(periodic A-LS)의 평면(E)에서 사용된 진폭 격자(AG)의 듀티율이 작고 투과율이 낮을 경우에는, 예를 들어  $V(z_1) = 0.8$ 의 간섭 콘트라스트에 의해 이루어진다. 대략 두 배의 설계-전단-거리에서는 예를 들어  $V(z_2) = 0.4$ 의 간섭 콘트라스트에 의해 간섭이 나타난다.
- [0146] 즉, 이러한 광원(LS)에서 마스터 격자(G)에서 회절된 2개의 파동장(WF1, WF2)의중첩 시 간섭 콘트라스트는 마스터 격자(G)와의 거리(z)에 의존하고, 광원(LS)의 평면(E)에서 복소 간섭성 함수( $\Gamma$ )에 의해 제어될 수 있다.
- [0147] 도 1c는 주기적 위상 분포(periodic P-LS)를 갖는 단색의 공간적으로 비간섭성인 광원(LS)을 이용하는 경우를 도시한다. 설계-전단-거리에서, 즉 마스터 격자(G) 후방의 의도한 깊이에서 간섭은 예를 들어  $V(z_1) = 1$ 로 이루어진다. 이것이 이루어질 수 있도록, 광원(LS)의 평면(E)에서 사용된 위상 격자(PG)는, 상기 격자 후방에서 평면파(PW)로 조명 시 주로 플러스 제 1 및 마이너스 제 1 회절 차수(+1 DO 및 -1 DO)만을 높은 회절 효율로 전파하도록 설계되어야 한다.
- [0148] 이로 인해 충분히 두꺼운 기록 매체(AZM)에서 적절한 감응에 의해 미리 정해진 깊이에 미리 정해진 두께를 갖는 체적 격자(VG)가 기록될 수 있으므로, 상기 영역에서만 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )는 기록 매체(AZM)의 감도 임계값을 초과한다.
- [0149] 광원(LS)의 평면(E)에서 사용되는 위상 격자(PG)의 주기는 사용된 시준 렌즈(L)의 개구수와 함께 설계-전단-거리, 즉 깊이 아포다이제이션 체적 격자(VG)가 놓이고 또는 노광될 수 있는 평면 위치를 규정한다. 이로써 광원(LS)의 주기 또는 평면(E)에 배치된 위상 격자(PG)의 주기에 의해 또는 주기의 변동에 의해 깊이 아포다이제이션 체적 격자(VG)의 그 위치의 간단한 위치 설정이 가능하다.
- [0150] 예를 들어 광원(LS)의 평면(E)에서 사용되는 진폭- 또는 위상 격자(AG 또는 PG)가 진폭 또는 위상에서 바이너리로 기록되면, 즉 격자의 개별 슬릿이 제곱 함수에 의해 기록되면, 설계-전단-거리 주변의 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )의 곡선은 싱크 함수의 제곱에 상응한다.
- [0151] 이로써 - 체적 격자(VG)를 위한 기록 매체(AZM)가 해당하는 z-영역에 배치되는 경우에 - 길이방향으로(z) 싱크 함수의 제곱에 상응하는 굴절률 변조( $n_1(z)$ )가 제공될 수 있고, 상기 변조는 이 경우 깊이 아포다이제이션이라고도 한다. 이와 같이 노광된 체적 격자(VG)는 제곱 함수와 동일하고 이차 최대치를 갖지 않는 각도 -및/또는 파장 선택성을 갖는다.
- [0152] 광원(LS)의 평면(E)에서 사용되는 격자(AG 또는 PG)의 슬릿의 진폭- 및/또는 위상 함수의 선택은 마스터 격자(G) 후방에 깊이(z) 또는 전단 거리( $s(z)$ )에 따라서 제공되는 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )의 곡선을 야기한다.
- [0153] 각도- 및/또는 파장 선택성에서 각도- 또는 파장에 따른 회절 효과의 함수 곡선( $n(\theta)$  또는  $n(\lambda)$ )이 구현되어야 하는 경우에, 광원(LS)의 평면(E)에서 사용되는 격자(AG 또는 PG)의 슬릿의 진폭- 및/또는 위상 함수는 상기 함수 곡선의 형태로 선택될 수 있다. 이는 광원(LS)의 특성의 형성에 의해 체적 격자(VG)의 회절 특성에 대한 요구에 상응하게 깊이 아포다이제이션을 모델화할 수 있는 간단한 맵핑이다.
- [0154] 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )의 곡선 및 노광된 체적 격자(VG)의 굴절률 변조( $n_1(z)$ )의 곡선, 즉 기록 매체(AZM)에서 노광된 체적 격자(VG)의 아포다이제이션 함수( $n_1(z)$ )는 광원(LS)의 평면(E)에서 사용되는 격자(AG 또는 PG)의 슬릿의 진폭- 및/또는 격자 함수의 푸리에 변환의 제곱값에 비례한다.
- [0155] 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )의 곡선의 계산을 위해, 광원(LS)의 평면(E)에서 사용되는 격자의 개별 슬릿의 회절 이미지는 사용된 슬릿의 개수(N)의 델타 함수와 중복된다. 즉, 광원(LS)의 평면(E)에서 사용되는 격자의 격자 주기 및 체적 격자(VG)가 임프린트되는 깊이 평면이 변하지 않더라도 더 많은 슬릿이 사용될수록, z-방향으로 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )의 분포는 더 제한되고, 즉 더 좁아진다.
- [0156] 따라서 미리 정해진 깊이(z)에 형성될 수 있는 체적 격자(VG)의 각도- 및/또는 파장 선택성( $n(\theta)$  또는  $n(\lambda)$ )의 형태는 기록 매체(AZM)에서 미리 정해진 깊이에 형성된 체적 격자에서 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )에 상응하는 굴절률 변조( $n_1(z)$ )의 미리 정해진 곡선에 의해 광 확산 방향으로 조절될 수 있고, 상기 곡선은 예를 들어

싱크-, 코사인-, 가우스-, 또는 대략적으로 제곱-함수의 제곱 형태의 아포다이제이션 함수를 나타낸다.

- [0157] 기록 매체(AZM)가 선형 전달 함수를 포함하는 경우에, 굴절률 변조( $n_1(z)$ )의 곡선은 체적 격자(VG)가 기록되어야 하는 영역의 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )의 곡선에 상응한다. 기록 매체(AZM)의 비선형 전달 함수의 경우에, 예를 들어 싱크 함수의 제곱에 상응하는 굴절률 변조( $n_1(z)$ )를 얻기 위해 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )는 상응하게 변경되어야 한다.
- [0158] 미리 정해진 깊이에 형성될 수 있는 체적 격자(VG)의 각도 선택성( $n(\theta)$ )은 또한 체적 격자에서 일반적인 것처럼 체적 격자의 두께에 의해서도 제어될 수 있다.
- [0159] 기록 매체(AZM) 내로 다수의 체적 격자(VG)를 임프린트할 수 있기 위해, 상기 기록 매체는 예를 들어 광 확산 방향으로 차례로 또는 서로 뒤섞여 배치될 수 있는 예를 들어 적어도 2개의 체적 격자를 기록 매체(AZM) 내로 기록하기 위한 미리 정해진 두께(D)를 가져야 한다.
- [0160] 미리 정해진 깊이(z)에서 깊이 분리 및/또는 깊이 아포다이제이션에 의해 형성될 수 있는 체적 격자(VG)는 유효 광의 미리 정해진 광과장( $\lambda$ )에 대해 설계될 수 있고, 이는 상기 체적 격자들이 바람직하게 상기 과장의 광 또는 유효광에만 회절에 의해 영향을 미칠 수 있음을 의미한다.
- [0161] 기록 매체(AZM)에서 노출광의 강도 변조(즉, 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )의 미리 정해진 깊이-아포다이제이션 및/또는 미리 정해진 깊이-분리는 동적으로, 예를 들어 격자를 구현하는 예컨대 프로그래밍될 수 있는 광 변조기(SLM) 형태의 광원(LS)의 평면(E)에서 동적으로 조절될 수 있는 진폭- 및/또는 위상 격자(AG 또는 PG)에 의해 조절될 수 있다.
- [0162] 주기적 광원(LS)으로서 예를 들어 위상-SLM - 즉 공간적 위치에 의존해서 공간적인 광 변조기와 상호 작용하는 광의 광학 경로 또는 국부적 위상을 변경시킬 수 있는 공간 광 변조기(= Spatial Light Modulator = SLM)가 - 또는 복소 SLM - 즉 공간적 위치에 의존해서 공간 광 변조기와 상호 작용하는 광의 광학 경로 또는 국부적 진폭 및 위상을 변경시킬 수 있는 공간 광 변조기 - 사용될 수 있다. 이는, 도 1c에 도시된, 높은 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )를 갖는 좁은 영역을 z-방향으로 변경하고 특히 미리 정해진 속도로 지나갈 수 있게 한다.
- [0163] 또한, 예를 들어 광원(LS)의 평면(E)에서 위상 격자(PG)를 사용하는 것이 가능하고, 상기 격자의 주기는 연속해서 주기적으로 변한다. 이러한 위상 격자는 부분적으로 제한적으로 조명될 수 있고 신속하게 이동될 수 있다. 예를 들어 위상 격자는 도 2에 도시된 바와 같이, 원형 링(KG)으로서 원형 기관(SUB) 상에 배치될 수 있다. 위상 격자는 이 경우 반사 또는 투과 시 작동될 수 있다.
- [0164] 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )의 동적 조절을 위한 이러한 가능성은 도 1b 및 도 1c에 도시된다. 이 경우 도 2에 따라 원형 링(KG) 형태의 진폭- 및/또는 위상 격자(AG 또는 PG)가 형성되고, 원형 기관(SUB) 상에 배치되고, 상기 기관은 회전 가능한 샤프트(W)에 고정되고, 상기 샤프트는 모터(도시되지 않음)에 의해 구동된다.
- [0165] 격자 주기는 예를 들어  $0^\circ$  내지  $180^\circ$  로 증가할 수 있고,  $180^\circ$  내지  $360^\circ$  로 다시 감소할 수 있다. 샤프트(W)에 고정된 기관(SUB)의 회전 시 이는 신속한 깊이 스캔을 가능하게 하는데, 그 이유는 도 1c에 따른 높은 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )를 갖는 영역의 깊이(z)가 격자 기관의 회전각( $\phi$ )과 동시에 변경되기 때문이다. 단계- 또는 동기 모터의 이용은 후속하는 측정 장치의 검출기 신호에 대해 깊이 평면(z)의 정확하고 시간적으로 정해진 맵핑을 가능하게 한다.
- [0166] 원판(SUB) 위에 배치된 진폭- 및/또는 위상 격자(KG)는 예를 들어 프로파일 높이 또는 에칭 깊이와 관련해서 2개의 제 1 회절 차수(+1 DO 및 -1 DO)의 최대 회절 효율로 설계될 수 있다. 방사방향 격자를 갖는 원판은 광원(LS)의 평면(E)에 배치될 수 있고, 상기 평면에 또한 그라운드 글라스(도시되지 않음)가 배치된다. 그라운드 글라스와 격자는 서로 상대 운동한다.
- [0167] 바람직하게 신호 검출은 격자 주기의 변경과 동기화될 수 있으므로, 측정 또는 측정값 적분의 시간 윈도우를 위해 주기(A)를 갖는 고정된 격자가 전체될 수 있다. 사용된 그라운드 글라스(도시되지 않음)는 예를 들어 격자를 지지하는 원판보다 10배 더 빠르게 회전될 수 있다.
- [0168] 본 발명에 따른 방법의 장점은, 상기 방법에 의해 특히 깊이(z)에서 분리된 또는 중첩된 다수의 체적 격자(VG)를 갖는 대면적 체적 격자 구조가 구현될 수 있다는 것이다.
- [0169] 마스터 격자(G)는 예를 들어 대면적 표면 릴리프 격자의 형태로 형성되고, 상기 격자의 면은 조명과 관련해서 체적 격자(VG)를 위한 기록 매체(AZM)의 표면의 부분이거나 또는 상기 부분에 상응한다. 즉, 필요한 경우, 체적

격자는 부분 면들로 구성될 수도 있다.

- [0170] 기록 매체(AZM) 내의 굴절률 변조( $n_1(z)$ )의 비대칭 프로파일은, 광원(LS)의 평면에서 위상- 및/또는 진폭 분포의 비대칭이 도입됨으로써 형성될 수 있는데, 그 이유는 이러한 비대칭은 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )의 형태에 직접 반영되기 때문이다.
- [0171] 광원(LS)의 평면(E)에서 예를 들어 톱니 형태의 표면 릴리프 위상 격자가 사용될 수 있으므로, 기록 매체(AZM)의 특정 깊이( $z$ )에서 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )의 상응하게 비대칭 곡선이 형성될 수 있다.
- [0172] 마스터 격자(G)에서 노출광의 회절의 0차 및 1차 회절 차수의 간섭에 대한 대안으로서, 기록 매체(AZM)에 체적 격자(VG)의 형성을 위해 0차 및 2차 회절 차수의 간섭이 이용될 수도 있다. 이로 인해 체적 격자(VG)의 격자 상수가 영향을 받을 수 있는데, 그 이유는 더 높은 회절 차수는 더 큰 각도( $\theta$ )로 전개될 수 있기 때문이다. 그러나 이를 위해, 마스터 격자(G)는 기록을 위해 사용된 회절 차수만이 강조되고 다른 회절 차수는 억제되도록 설계되어야 한다.
- [0173] 기록 매체(AZM)는 개시제를 포함할 수도 있고, 이 경우 기록 매체의 개시제의 활성화를 위해 노출광의 직류 광성분이 이용될 수 있다. 이러한 매체는 예를 들어 BayFol HX 또는 광열 굴절(PTR) 유리이고, 상기 유리에서 2개의 표면부터 UV-광으로 전노광함으로써 체적 격자의 기록 전에 미리 정해진 굴절률 프로파일( $n_1(z)$ )이 형성될 수 있다.
- [0174] 기록 매체로서 예를 들어 PDLC(Polymer Dispersed Liquid Chrystal; 고분자 분산 액정)-층과 같은 광학 또는 전기 제어 가능한 물질, 즉 가교 결합될 수 있는 고분자와 LC-층의 조합도 전환 가능한 체적 격자를 형성하는데 이용될 수도 있다. 이로 인해 액정의 전기 제어된 재배향에 의해 형성 가능한 체적 격자의 회절 효율이 제어될 수 있다.
- [0175] 형성 가능한 체적 격자의 적절한 형상에 의해 상기 격자에서 회절 시 고정적으로 정해진 및/또는 전환 가능한 형태로 다양한 재구성 형상(평면파/평면파, 평면파/구형파 등)이 구현될 수 있다.
- [0176] 예를 들어 체적 격자(VG)가 형성될 수 있고, 상기 체적 격자는 평면파를 수렴성 구형파로 변환하고, 따라서 필드 렌즈의 효과를 갖는다. 이러한 필드 렌즈는 예를 들어 자동 입체 디스플레이 또는 홀로그래픽 디스플레이에서 사용될 수 있다. 기록 매체(AZM)에서 본 발명에 따른 방법에 의해 다른 광학 함수들의 기록을 위한 하나 또는 다수의 다른 체적 격자(VG)가 임프린트 또는 형성될 수 있는 경우에, 노광된 기록 매체(AZM)는 다수의 광학 함수를 구현할 수 있고, 개별 소자로서 상기 디스플레이에 집적될 수 있다.
- [0177] 기록 매체(AZM)에 체적 격자(VG)의 기록 시 반사는 노출광의 공간적 및/또는 시간적 간섭성 특성의 미리 정해진 선택에 의해 억제될 수 있다. 또한, 광원(LS)의 스펙트럼 폭과 광원 평면(E) 내의 복소 격자는 상응하게 형성되어야 한다. 이로 인해 기록 시 반사는 저지되지 않지만, 반사된 성분들은 상기 조치에 의해 반사되지 않은 성분들을 더 이상 구조적으로 간섭할 수 없으므로, 기록 매체의 노광을 위한 감도 임계값이 초과되지 않는다.
- [0178] 기록 매체(AZM)의 정해진 깊이( $Z$ )에서 정해진 형태와 두께를 갖는 체적 격자(VG)의 기록은 전술한 간섭 방법에 대한 대안으로서 기록 매체(AZM) 내의 개시제의 화학적 또는 광학적 감소(depletion)에 의해 경계면에서부터 이루어질 수도 있다. 형성될 수 있는 깊이에 따라 분리된 체적 격자(VG)의 개수는 감소하고, 실질적으로 하나의 격자로 제한된다. 체적 격자의 형태의 형성 가능성은 마찬가지로 그렇게 유연하지 않다.
- [0179] 온-축 평면파를 오프-축 평면파로 변환하는 제 1 투과 체적 격자 및 오프-축 평면파를 온-축 구형파로 변환하는 제 2 투과 체적 격자로 이루어진 온-축 작용하도록 조합된 필드 렌즈의 구현처럼, 다른 복소 파동장으로 하나의 복소 파동장의 다수의 변환은 평판 홀로그래픽 3D 디스플레이의 샌드위치 디자인에서 투과 체적 격자로서 양호하게, 즉 반사 체적 격자의 경우보다 양호하게 실행될 수 있다. 체적 격자의 두께를 기록 매체의 두께의 일부로 제한할 수 있고, 기록 매체 내의 특정한  $z$ -평면을 선택할 수 있고 굴절률 분포( $n_1(z)$ )의 깊이 아포다이제이션의 특정한 곡선을 선택할 수 있는 투과 체적 격자의 구현은 따라서 반사 체적 격자에 비해 바람직하다.
- [0180] 투과 체적 격자는 마스터 격자의 사용에 의해 간단하게 재현될 수 있다. 이는 예를 들어 DOE, 블레이즈 격자, 이진 위상 격자, 다단 위상 격자, sub-1-위상 격자와 같은 표면 릴리프 격자일 수 있고, 상기 격자들은 예를 들어 가변 듀티 사이클 및 고정적인 웨브 폭 또는 고정적인 트랜치 폭에 의해 구현된다. 예를 들어 다중 어셈블리로서 각도 세트를 가동시킬 수 있는 PDLG(polarization dependent liquid crystal grating) 또는 계속해서 변하는 회절 각도를 형성할 수 있는 LCG와 같이 예를 들어 제어 가능한 격자는 플렉시블한 형상에 적합하고, 이 경우 회절 효율(BWG)은 대략 0.5이고, 바람직하게 2개의 회절 차수만이 제공된다.

- [0181] 체적 격자는 예를 들어 리플리케이션(replicatin)을 위한 마스터 격자로서 이용될 수 있다. 전달될 2-빔 간섭 패턴 시 체적 격자는 간단하게 회절 효율(BWG)로 설계될 수 있고, 상기 효율은 기록 매체에서 충분한 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )를 가능하게 한다. 마스터 체적 격자의 BWG는 예를 들어  $n_1 = 0.4$  내지  $n_2 = 0.6$ 의 값으로 설계될 수 있다. 2-빔 간섭 패턴의 복제를 위해 이용될 수 있는 배치는 도 3에 도시된다. 리플리케이션될 마스터 체적 격자(MG)는 기관(SUB)의 출력측 표면에 배치된다.
- [0182] 도 3에 도시된 바와 같이, 기록 매체(AZM)에서 깊이( $z$ )에 의존하는 입사하는 평면파(PW)의 0차 및 1차 회절 차수(0DO, +1DO)의 파면을 위한 리플리케이션의 마스터 격자(MG) 후방의 간격( $z$ )에 의존해서 2개의 파라미터, 즉 측방향 변위(전단)( $S(z)$ )의 크기와 길이방향 변위(OPD( $z$ ))의 크기가 변경되고, 상기 2개의 파라미터는 기록 매체(AZM)에서 굴절률 분포( $n_1(z)$ )의 소정의 깊이 아포다이제이션을 구현하기 위해 이용될 수 있다. 이 경우 간섭 콘트라스트( $V(z)$ )에 대한 공간적 간섭성의 크기는 측방향 변위( $s(z)$ )에 의해 영향을 받는 한편, 길이방향 변위(OPD( $z$ ))는 간섭 콘트라스트에 대한 조명광의 시간적 간섭성의 크기에 영향을 미친다. 파면의 측방향 변위( $s(z)$ )와 길이방향 변위(OPD( $s$ ))는 도 3에  $z$ 의 상이한 2개의 값을 나타낸다.
- [0183] 실제 노광 구조의 요구를 충족하는데 적합한 길이방향 변위(OPD( $z$ ))의 크기에 의존하는 간섭 콘트라스트를 얻기 위해, 실제로 이에 맞춰진 분광 필터가 사용되어야 한다. 분광 필터로서 예를 들어 금속-간섭-필터(filter, MIF), 반사 또는 투과 유전 층스택, 고정적 또는 가변적 페브리 페로(Fabry-Perot) 간섭 필터, 반사 또는 투과 체적 격자 및, 예를 들어 변형된 분광기가 이용될 수도 있다.
- [0184] 본 발명에 따른 방법의 후속하는 실시예는 빔 컴바이너에 관한 것이고, 상기 빔 컴바이너는 미리 정해진 두께의 적어도 2개의 체적 격자를 가진 기록 매체를 포함하고, 광 변조기(SLM)의 픽셀로부터 방사되는 광의 중첩을 위해 이용된다.
- [0185] 이러한 빔 컴바이너는 예를 들어 대형 스크린 크기를 갖는 홀로그래픽 직시형 디스플레이의 구현을 위한 주요 부품이다. 이러한 빔 컴바이너의 작동 원리와 이용 가능성은 예를 들어 WO 2010/149588호에 기술되어 있으므로, 홀로그래픽 직시형 디스플레이에서 이러한 빔 컴바이너를 이용하기 위해 상기 간행물에 제시된 실시예가 구현될 수 있다. 이와 관련해서 WO 2010/149588 A1호가 참조된다.
- [0186] 전술한 방식으로 형성된 체적 격자(VG)는 이 경우 폭과 선택적으로는 연장부에서 미리 정해진 각도 선택성을 갖는다. 이는 특히, 예를 들어 직시형 디스플레이에서 이용 시 더 높은 회절 차수를 억제하고 특정한 회절 차수의 광만을 관찰자의 시야에 도달시키기 위해 필요하다.
- [0187] 도 4는 예를 들어 홀로그래픽 디스플레이에서 사용될 수 있는 광 변조기(SLM)의 인접한 2개의 RGB-픽셀들, 즉 RGB1과 RGB2를 위한 상기 빔 컴바이너(BC)의 바람직한 실시예를 도시한다.
- [0188] 상기 빔 컴바이너는 미리 정해진 두께를 갖는 각각 3개의 체적 격자(VG1, VG2, VG3 또는 VG4, VG5, VG6)의 2개의 그룹과 미리 정해진 다른 두께를 갖는 중간층(S)의 층 스택(VGS1, VGS2)을 포함한다.
- [0189] 예를 들어 광 방향으로 빔 컴바이너(BC)에 후속하는 조리개 영역(도시되지 않음)이 제공되는 경우에, 체적 격자 스택의 전체 두께는 광 손실을 방지하기 위해 정해진 값을 초과해서는 안 된다.
- [0190] 또한, 홀로그래픽 디스플레이에서 사용을 위해, 모든 삼원색(RGB)과 6개의 모든 체적 격자(VG1 내지 VG6)에 대해  $< 0.1^\circ$ 의 재구성 형상의 각도 오차가 유지되어야 한다.
- [0191] 도 4는 광 변조기(SLM)의 인접한 2개의 RGB-변조기 전지(RGB1, RGB2)로부터 방사되어 변조된 광이 결합하는 빔 컴바이너(BC)를 도시한다. 이러한 배치는 예를 들어 SLM의 복소 2-위상 코딩에 의한 홀로그래픽 재구성 시 필요하다.
- [0192] 2개의 RGB-변조기 전지(RGB1, RGB2)로부터 방사하는 광은 여기에서 TE라고 하는 동일한 편광과 여기에서  $\phi_1$  및  $\phi_2$ 라고 하는 상이한 위상을 갖는다. 상기 광은 3개의 3원색(RGB) 중 각 하나에만 영향을 미치는 3개의 파장 선택적 체적 격자(VG1, VG2, VG3)의 제 1 스택(VGS1)에 입사한다. 또한, 격자들은 편광 선택적으로 형성되고, 이 경우 예를 들어 TM-편광을 갖는 광에만 영향을 미친다. 예를 들어 도 4의 상부 광 빔(RGB1)을 하부 광 빔(RGB2)의 방향으로 편향하기 위해, 상기 상부 광 빔은 광 방향으로 후속하는  $\lambda/2$ -플레이트(QWP)에 의해 TM-편광된 광 빔으로 변환된다. 제 1 격자 스택(VGS1)의 체적 격자(VG1, VG2, VG3)은 상기 광 빔을 특정 각도에서 하부 광 빔(RGB2)의 방향으로 회절하는 한편, TE-편광된 제 2 광 빔(RGB2)은 회절되지 않고 통과할 수 있다.
- [0193] 광 확산 방향으로 간격층(S)은 제 1 격자 스택(VGS1)을 따르고, 상기 층의 두께는 제 1 격자 스택(VGS1)의 편향 각에 따라서 선택되므로, 상부 광 빔(RGB1)은 빔 컴바이너의 하부 절반의 하부 광 빔(RGB2)과 결합된다. 삼원색

중 하나에만 그리고 TM-편광을 갖는 광에만 영향을 미치는 3개의 파장 선택적 체적 격자(VG4, VG5, VG6)으로 이루어진 광 방향으로 후속하는 격자 스택(VGS2)은 상부 변조기 전지로부터 방사하는 광 빔(RGB1)을 다시 광학 축의 방향으로 편향하는 한편, 하부 변조기 전지의 광 빔(RGB2)은 영향을 받지 않는다.

[0194] 2개의 광 빔은 이로 인해 통합 또는 중첩되고, 동일한 방향으로 확산된다. 상기 광 빔은 그 위상( $\phi$ ) 및 TE- 또는 TM 편광에 의해서만 구분된다. 상기 광 빔은 따라서 2개의 상이한 위상값( $\phi_1$  및  $\phi_2$ )의 중복으로서 광 변조기(SLM)의 복소 변조값(C)을 나타낸다. 2개의 광 빔은 서로 수직인 편광 방향을 갖기 때문에, 통합된 광 빔의 편광 평면은 처음의 편광 평면에 대해  $45^\circ$  만큼 회전된다. 광 방향으로 후속하는 편광기(P)는 상기 편광 방향을 갖는 광만을 통과시키는 한편, 상부 광 빔(RGB1)의 영역에 형성된 조리개(AS)는 상부 변조기 전지로부터 방사하는 광 빔(RGB1)의 편향되지 않은 산란광을 차단한다.

[0195] 회절 효율( $\eta(\theta)$ )의 넓은 각도 선택성이 달성될 수 있도록 2개의 격자 스택(VGS1, VGS2)의 체적 격자들은 이 실시예에서 매우 얇게 구현되어야 한다. 달성될 범위는 1 내지  $2^\circ$  이다.

[0196] 현재 종래의 방법으로는, 하나의 기록 매체(AZM)에 6개의 체적 격자를 갖는 상기 빔 컴바이너를 통제로 노광하는 것은 불가능하다. 그 대신 예를 들어 공지된 방법에 따라 6개의 체적 격자 층들은 별도로 노광된 후에, 예를 들어 6개의 체적 격자 층들이 차례로 적층됨으로써 하나의 광학 부품으로 통합되어야 한다. 이는, 발생하는 기계적 응력이 개별 체적 격자 층들의 격자 형상을 가능한 한 변경하지 않도록 이루어져야 하고, 이는 구현하기 매우 어렵다.

[0197] 본 발명에 따른 방법으로 제조된 홀로그램 부품(HB)의 다른 바람직한 응용에는 검출 가능한 각도- 및/또는 파장 스펙트럼의 확장에 대해서 태양광 모듈(SM)의 특성의 개선과 관련된다.

[0198] 도 5a는 태양광 모듈(SM)의 태양 전지들(SZ)의 2차원 어셈블리를 도시하고, 상기 전지들은 여기에서 각각 파라볼라 집광기(K)에 의해 결합되고, 투명 판(PL) 형태의 커버 글래스를 포함한다. 도 5b는 위에 배치된 홀로그램 부품(HB)을 포함하는 동일한 어셈블리를 도시하고, 홀로그램 부품은 태양 전지에 도달할 수 있는 광 빔의 각도 스펙트럼의 확장에 이용된다. 홀로그램 부품(HB)은 분해도로 도시를 위해 투명 판(PL)과 분리되어 도시된다(도 7a에서도). 완성된 태양광 모듈(SM)에서 홀로그램 부품(HB)은 일반적으로 투명 판에 예를 들어 적층에 의해 제공된다. 이러한 홀로그램 부품(HB)은 일반적으로 층 구조를 가질 수 있고, 상기 층 구조는 예를 들어 적층 과정에 의해 결합된, 정해진 각도 의존적 회절 효율을 갖는 개별 체적 격자들(VG)로 이루어진다. 예를 들어  $50^\circ$  내지  $0^\circ$ 의 각도 조합은 다수의 허용 각도 형상을 중 하나로서 이용될 수 있다. 넓은 각도- 및/또는 스펙트럼 범위를 구현하기 위해 스택의 개별 체적 스택(VG)의 두께는 예를 들어 3 내지  $10\mu\text{m}$ 이어야 한다.

[0199] 적층을 위한 비용을 줄이기 위해, 격자 스택 또는 홀로그램 부품(HB)의 개별 체적 격자들은 본 발명에 따른 방법에 의해 기록 매체(AZM) 내로 임프린트될 수 있고, 상기 매체는 하나의 층으로 - 즉 홀로그램 부품 - 이루어진다. 예를 들어 이러한 방법은 예컨대 광중합체 형태의 기록 매체(AZM)의 하나의 층에 정해진 두께를 갖는 다수의 회절 필드 렌즈를 상하로 배치하고 및/또는 각도 스펙트럼( $\eta(\theta)$ )의 측파대는 각각의 체적 격자(VG)의 층에서 굴절률 분포( $n_1(z)$ )의 아포다이제이션에 의해 억제하는 것을 가능하게 한다.

[0200] 이 경우, 도 5a 및 도 5b에 따른 배치는 투과광에서도 실시될 수 있다. 도 6a 내지 도 6c에 도시된 바와 같이, 투명 판(PL) 형태의 커버 글래스는 홀로그램 부품(HB)으로부터 정해진 각도로 입사하는 광을 전반사에 의해 광 가이드의 에지로 안내하는 광 가이드로서 이용될 수 있고, 상기 광 가이드에서 에너지 변환 장치 또는 태양 전지(SZ)가 직접(도 6a) 또는 반사 작용을 하는 파라볼라 집광기(K)에 의해 조명된다(도 6b 및 도 6c). 홀로그램 부품(HB)은 마찬가지로 태양 전지에 의해 포착될 수 있는 입사하는 태양 복사의 각도- 및/또는 파장 스펙트럼( $\eta(\theta)$  또는  $\eta(\lambda)$ )의 수용 증가에 의해 에너지 변환 장치 또는 태양광 모듈(SM)의 효율을 개선시킨다. 그러한 경우에 특히 바람직하게 전체 태양광 모듈(SM)의 방향 설정은 실제 태양 위치를 따르는 것이 아니라, 태양광 모듈(SM)은 고정 배치되어야 한다.

[0201] 투과 체적 격자(VG) 대신에 반사 체적 격자가 사용될 수도 있고, 상기 반사 체적 격자는 투명 판(PL)의 하측면에 배치된다(도면에 도시되지 않음). 사용된 격자는 예를 들어 투과 또는 반사 표면 릴리프 격자일 수도 있다.

[0202] 일반적으로, 예를 들어 디스플레이 장치 또는 디스플레이를 위한 조명 장치에서 광 제어 또는 광 안내를 위해 이용되는 모든 기술적인 해결책들은 태양광 모듈(SM)의 경우에도 이용될 수 있다. 이는 예를 들어 광의 수용각의 확장을 위한 마이크로 프리즘의 배치 또는 마이크로 프리즘과 조합되는 산란 표면에 해당한다. 체적 물질의 광 산란 효과도 이용될 수 있다. 이러한 경우에 예를 들어 산란 효과 구배는 복사의 침투 깊이에 따라서 형성될 수 있으므로, 물질의 산란 효과는 z-좌표를 따라 증가한다. 이로 인해 광의 입사 각도 스펙트럼은, 평면 평행

투명 판(PL)에서 전반사에 의한 전파 조건을 충족하고 에지들 중 하나의 에지로 안내되도록 변경될 수 있다.

- [0203] 다른 가능성은, 투명 판(PL)에서 전반사를 위한 조건의 개선된 충족과 관련해서 또는 에너지 변환을 위해 사용된 태양 전지(SZ)의 스펙트럼 감도에 대한 조정을 위해 산란 효과를 주파수 변환을 위한 효과와 조합하는 것이다. 따라서 예를 들어 양자점이 투명 판(PL) 및/또는 집광기(K)의 물질 내에 배치될 수 있다. 이를 위해 사용되는 물질의 양자점 효과는 형광- 또는 발광 도핑에 의해서도 증가할 수 있다. 이는 도 7a 및 도 7b에서 투과광에서 작동하는 투명 판(PL) 또는 투명 판(PL)의 에지에 배치된 집광기(K)에서 점으로 도시된다.
- [0204] 파장에 따른 반사 특성을 갖는 홀로그램 부품(HB)은, 에너지 변환 장치 또는 태양 전지(SZ)로부터 반사된 광이, 예를 들어 집광기(K) 전방에 배치된 경우에 상기 광을 다시 에너지 변환 장치 또는 태양 전지로 편향시키는데 이용될 수도 있다. 또한, 렌즈 기능을 갖는 홀로그램 부품(HB)의 체적 격자(VG)를 형성하는 것도 가능하므로, 집광기(K)는 예를 들어 오프-축 작동식 회절 렌즈 형태로 구현될 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 홀로그램 부품(HB)의 방향- 및/또는 파장 변경 특성은, 태양광 모듈(SM)에서 이용되고 다양한 스펙트럼 특성을 갖는 에너지 변환 장치 또는 태양 전지(SZ)가 상기 전지에 대해 최적의 스펙트럼 특성을 갖는 입사 광의 부분만으로도 여기 되도록 형성될 수 있다.
- [0205] 본 발명에 따른 방법의 다른 응용에는 데이터 또는 안전 특징의 저장에 관한 것으로, 체적 격자 형태로 기록 매체에 데이터 또는 안전 특징의 기록 시 각도- 및/또는 파장 멀티플렉스 외에 깊이에 따른 멀티플렉싱(z-멀티플렉싱)이 구현된다.
- [0206] 체적 격자의 각도- 및/또는 파장 선택성( $n(\theta)$  또는  $n(\lambda)$ )의 곡선은 미리 설정될 수 있기 때문에, 각도- 및/또는 파장 선택성의 이차 최대치는 억제될 수 있다.
- [0207] 개별적인 임프린트된 데이터 세트 또는 안전 특징에 대한 각도- 및/또는 파장 선택성( $n(\theta)$  또는  $n(\lambda)$ )의 곡선은 미리 정해져 다양하게 선택될 수 있기 때문에, 데이터 세트의 다양한 각도- 및/또는 파장 선택성의 코딩 및 디코딩이 이루어질 수 있다. 이로 인해 이러한 응용예에서 간섭 감도는 현저히 낮아진다.
- [0208] 본 발명에 따른 방법은 레이저 도플러 속도계(LDA), 3D 광학 현미경 및 초음파 검사에서도 이용될 수 있다.
- [0209] LDA의 경우에 이동된 입자로부터 기인하는 산란광의 주파수가 결정된다. 간섭 패턴의 격자 주기는 공지되기 때문에, 이동된 입자의 속도가 결정될 수 있다. 기본적으로 이것은 도 1a에 따른 배치에 의해 가능하고, 상기 배치에서 측정 영역은 마스터 격자(G) 후방에서 간섭하는 파동장(WF1, WF2)의 중첩 영역의 전체 깊이에 걸쳐 z-방향으로 연장된다.
- [0210] 도 1a에 따른 배치에서보다 훨씬 짧은 z-방향 폭을 갖는 샘플에서 측정 평면의 구현과 길이방향 변위를 위해, 도 1c에 따른 어셈블리를 이용하는 것이 바람직하다. 이로써 산란광의 위치 파악 및 속도 결정은 종래의 방법에서 간섭성이고 높은 콘트라스트로 조명되는 체적 영역의 1/00 내지 1/000에 불과하게 z-방향으로 연장되는 체적 영역으로 제한될 수 있다. z-방향 측정의 길이방향 공간 해상도는 이로 인해 현저히 높아질 수 있다.
- [0211] 3D 광학 현미경에서는 마이크로 구조의 표면 프로파일을 검출하기 위해 예를 들어 줄무늬 투영이 이용된다. 단순한 표면 프로파일의 경우에는 - 깊은 구조가 전제됨 - 간섭 콘트라스트가 z-방향으로 크게 연장되는 것은 문제가 되지 않는다.
- [0212] 공간 해상도를 높이기 위해 형광 현미경에서도 줄무늬 투영이 이용된다. 이러한 경우에 "구조화된 조명"이라는 용어가 사용된다. 공간 해상도를 높일 수 있도록, 변위된 격자에 의해 적어도 3개의 기록이 만들어져야 한다. 검출기-카메라에 나타나는 이미지는 구조화된 조명의 스트립에 의해 관통된다. 평가를 위해 위상 변이 알고리즘이 이용될 수 있다. 따라서 5-위상 알고리즘의 이용 시 5개의 이미지의 기록이 필요하고, 이 경우 개별 이미지들 사이에서 물체 평면에 조명 패턴으로서 제공되는 진폭 격자의  $\lambda/4$ 만큼의 변위는 필수이다. x- 및 y- 방향으로 공간 해상도를 높이기 위해, 즉 대상물의 x-y-평면에 존재하는 공간 주파수를 검출하기 위해, 줄무늬 패턴은 - 예를 들어 연속해서 - 다수의 방향으로 존재해야 한다.
- [0213] 3D 광학 현미경에서 본 발명에 따른 방법의 이용 시 샘플에서 길이방향 또는 축방향 해상도를 높이기 위해, 도 1c에 따른 배치에서 바람직하게 사인 형태의 줄무늬 패턴을 형성하는 것이 바람직하고, 상기 패턴은 마스터 격자(G) 후방의 간섭하는 파동장(WF1, WF2)의 공간적 간섭성의 프레파라트에 의해 z-방향으로 매우 제한적으로 연장되고, 이 경우 줄무늬 패턴은 z-방향으로는 물론 이에 대해 수직으로 도 변위될 수 있다. 이러한 방법은 종래의 구조화된 조명과 달리 - 예를 들어 형광 현미경에서 이용되는 것과 같은 - 유효 점 확산 함수(point spread function)의 추가 감소를 가능하게 한다. 조명 빔 경로의 현미경 대물 렌즈는 예를 들어 도 1c에 도시된 격자

(G) 후방에 배치된다.

- [0214] 구조화된 조명을 위해 이용 시 깊이에 따라 분리된 빛/또는 깊이 아포다이즈된 체적 격자(VG)를 형성하기 위한 도 1b 내지 도 1c에 도시된 방법은 일반적으로 구조화된 파동장을 형성하기 위한 방법으로서 파악될 수 있다. 이는 초음파 검사 또는 초음파 현미경에서도 "구조화된 음파"로서 샘플에서 초음파의 중복 시 음파 강도의 깊이 영역의 제한과 깊이 해상도를 높이기 위해 이용될 수 있다.
- [0215] 초음파 현미경에서 초음파동장의 공간적 간섭성의 프레파라트는, 결과되는 점 확산 함수(PSF)의 크기를 감소시키기 위해 이용될 수 있다. 본 발명에 따른 방법에 의해, 깊이에서 발생하는 초음파 간섭 패턴이 음파원의 평면에서 복소 투과 함수의 선택에 의해 z-방향으로 심하게 제한되도록 초음파 검사를 위한 위상 변이하는 줄무늬 투영을 확장하는 것이 가능하고, 이 경우 초음파 간섭 패턴은 깊이 식별을 위해 동적으로 z-방향으로 이동되고, 위상 변이를 위해 이에 대해 수직으로 이동될 수 있다.
- [0216] 초음파 현미경을 위해 동적 깊이 스캐닝을 위해 이동되는 산란 디스크가 이용될 수 있다. 상기 디스크는 예를 들어 오일에 매립되어 있을 수도 있고, 마이크로미터 범위의 측방향 이동을 실시할 수 있다.
- [0217] 또한, 위상 어레이가 이용된다. 이는 예를 들어 1차원 PZT-라인(PZT :Piezo Transducer) 또는 2차원 PZT-어레이일 수 있다. 이러한 어레이들은 초음파원의 평면에서 통계적이고 고정적인 위상 성분을 형성할 수 있다.
- [0218] 본 발명은 도시된 실시예 및 응용예에 제한되지 않고, 넓은 의미에서 기록 매체에 체적 격자의 형성과 위치 설정과 관련해서 이용될 수 있다.
- [0219] 일반적으로 본 발명에 따른 방법에 따라 시간적 및 공간적 간섭성 함수( $\Gamma$ )를 모델화하는 방법은, 특수한 용도를 위해 필요한 체적 격자를 의도대로 형성하기 위한 간섭 패턴의 깊이-위치 설정(깊이-식별) 및/또는 깊이-아포다이제이션을 위해 이용될 수 있다. 한편으로는 위상 변이되는 체적 격자이다.
- [0220] 자동 입체 홀로그래픽 3D 디스플레이에서 예를 들어, 특정 공간 방향으로 전파하는 광을 통과시키고 정확하게 각도- 및/또는 파장 범위를 제한하는 것이 바람직할 수 있다. 따라서 예를 들어 다수의 체적 격자들이 사용될 수 있으므로, 의도대로 소수의 각도 영역들(또는 파장 영역들)을 잘라낼 수 있고, 즉 비입계적, 예를 들어 관찰자에게 방해가 되지 않는 방향으로 편향할 수 있다.
- [0221] 다른 필터 형태가 예를 들어 2개의 체적 격자로 구성된 필드 렌즈에 제공되고, 상기 렌즈에서 매우 얇은 제 1 체적 격자(VG1)는 표면에 대해 수직으로 입사하는 광을 - 예를 들어  $\pm 2^\circ$  의 각도 범위를 포함하여 -  $n > 0.8$  °의 회절 효율로  $45^\circ$  만큼 회절시키고, 훨씬 두꺼운 제 2 체적 격자(VG2)는  $45^\circ$  미만으로 입사하는 광을 - 예를 들어  $\pm 0.5^\circ$  의 작은 각도 범위를 포함하여 - 광학 축의 방향으로 회절시키고 포커싱한다.
- [0222] 방향 필터를 위한 본 발명에 따른 해결 방법은 예를 들어, 직선 경로에서 소정의 필터링 시 깊이( $z_1, z_2$ )에서 얇은, 일반적으로  $n_1(z)$ -아포다이즈된 2개의 체적 격자(VG1, VG2)를 형성하는 것이고, 상기 체적 격자들은 예를 들어 각각 수직으로 입사하는 광을 - 예를 들어  $\pm 2^\circ$  의 각도 범위를 포함하여 -  $n > 0.8^\circ$  의 회절 효율로  $45^\circ$  회절시키고, 이 경우 상기 체적 격자들은  $\pi$ 만큼 서로에 대해 위상 변이된다.
- [0223]  $\pi$ 만큼 위상 변이에 의해 구성된 체적 격자로 간주할 수 있는 2개의 체적 격자의 배치의 이러한 특수한 형태는, 매우 좁은 각도 영역(또는 파장 영역)을 예를 들어 광학 축을 따라(또는 각각의 다른 설계 방향을 따라) 전파시키는 것을 가능하게 하고, 이 경우 밀접하게 인접한 각도 영역 또는 파장 영역은 비 입계적 공간 방향으로 회절된다.
- [0224] 위상의 변이는 - 형상에 따라서 - 개별 노광 사이에서 예를 들어 마스터 격자(G)와 기록 매체(AZM) 사이의 상대적인 측방향 또는 측방향 위치의 변경에 의해, 또는 조명 시 매우 작은 각도의 도입에 의해서도 달성될 수 있다. 도입되는 매우 작은 추가 각도는 격자 주기 및 마스터 격자(G)와 기록 매체(AZM) 사이의 간격에 의존한다.
- [0225] z-방향으로 분리되고 위상 변이된 체적 격자를 형성하기 위한 이러한 원리는 - 물론 2개 이상의 격자에 대해서도 - 다수의 특수한 회절 기능의 구현을 위해 이용될 수 있다.
- [0226] 다른 한편으로 본 발명에 따른 방법에 의해 다양한 파장을 위해 깊이(z)를 따라 변위되는 체적 격자도 형성될 수 있다.
- [0227] 예를 들어 시간적으로 매우 제한적인 광 펄스를 형성하기 위해, 다양한 파장에 대해 제공되는 전파 시간차가 보상되어야 한다.

[0228] 본 발명에 따른 방법에 의해 다양한 파장 범위를 회절시키는 체적 격자는 다양한 깊이(z)에서 노광될 수 있으므로, 다양한 파장 영역 사이에서 의도대로 전파 시간차가 도입될 수 있고, 이는 상기 보상-체적 격자-스택 전방 또는 후방에서 발생하는 전파 시간차의 보상을 제공하고, 디자인-설정에 따라 광 펄스를 형성하는 것을 가능하게 한다.

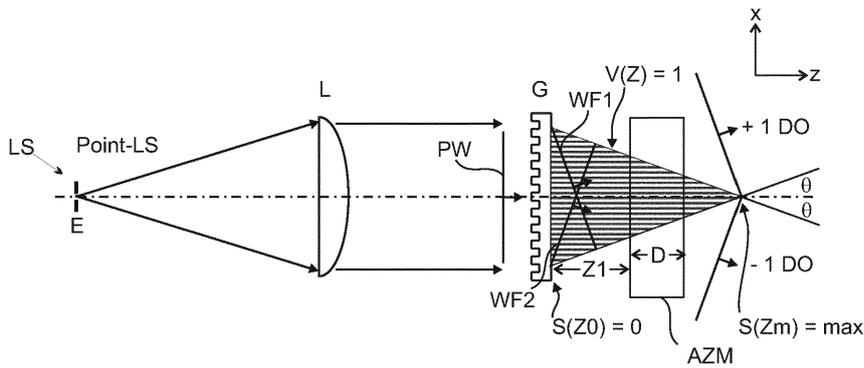
[0229] 끝으로 특히 강조하자면, 전술한 실시예 및 응용예들은 제안된 교리의 설명에만 이용되지 않으며, 상기 교리는 실시예 및 응용예에 제한되지 않는다. 특히 전술한 실시예들은 - 가능한 경우 - 서로 조합될 수 있다.

**부호의 설명**

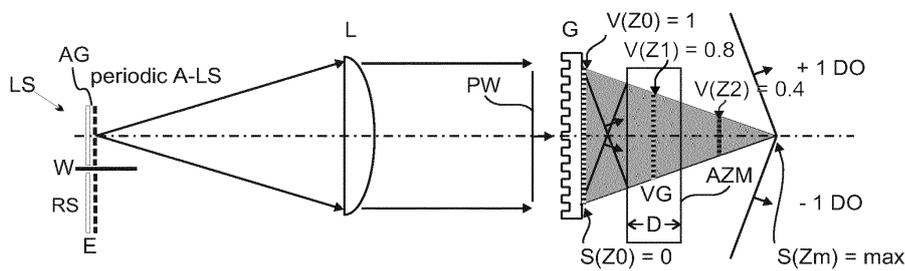
- [0230] AZM 기록 매체
- VG 체적 격자
- z 광 확산 방향
- G 마스터 격자

**도면**

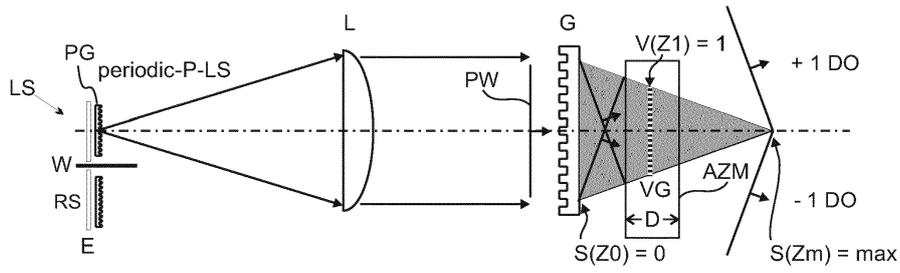
**도면1a**



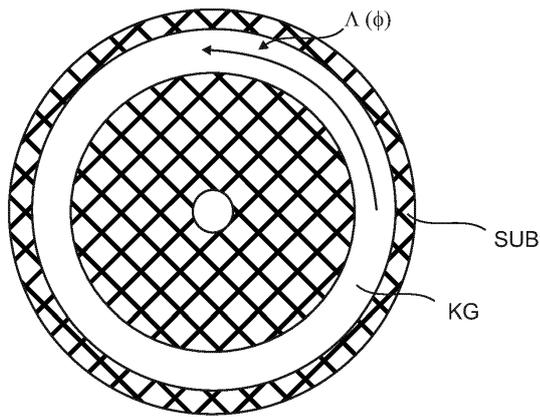
**도면1b**



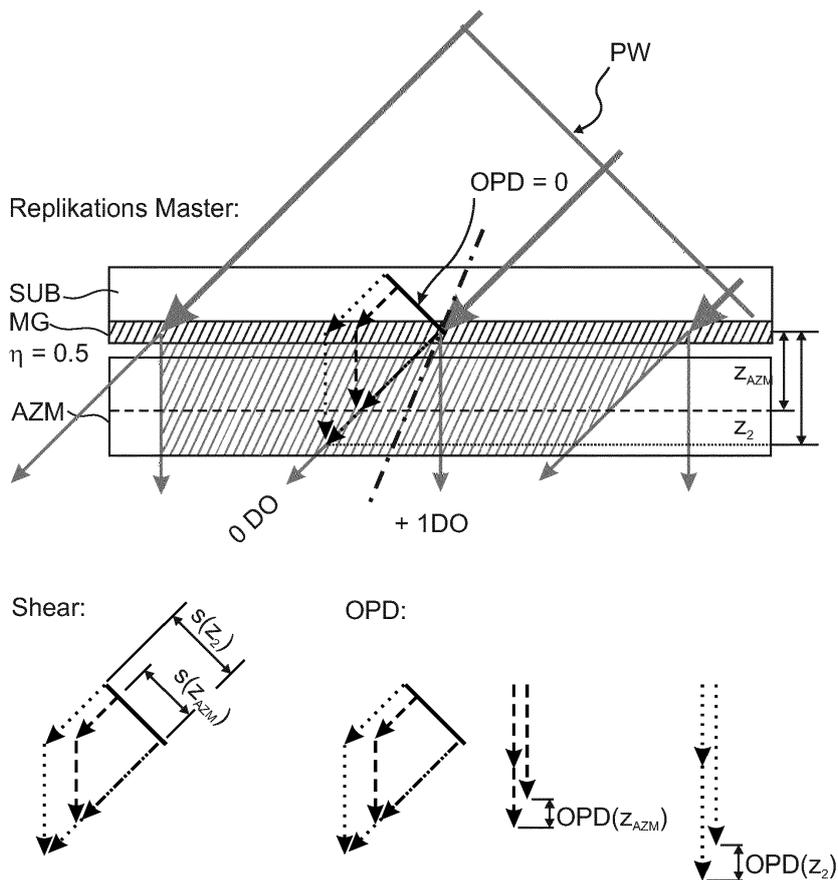
도면1c



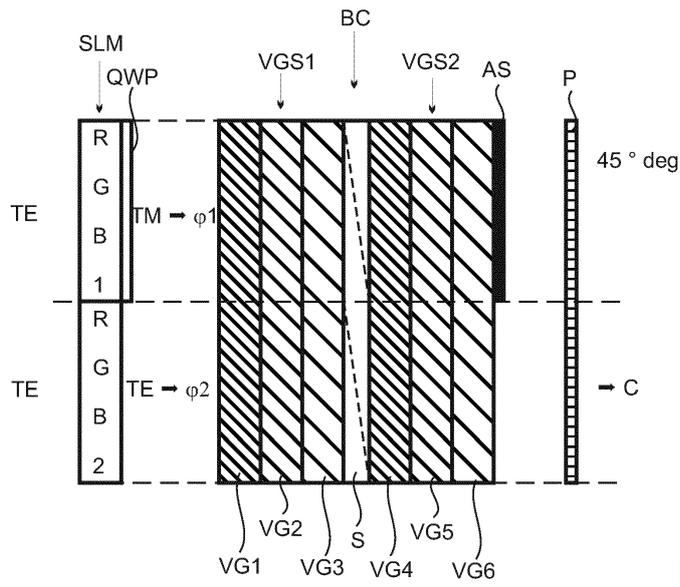
도면2



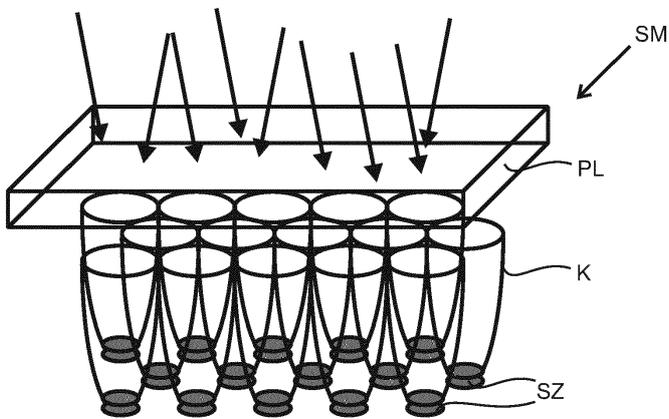
도면3



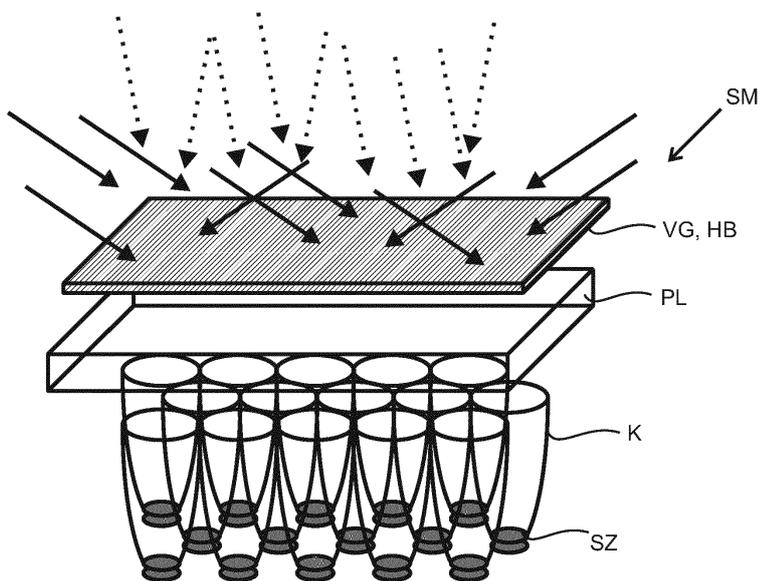
도면4



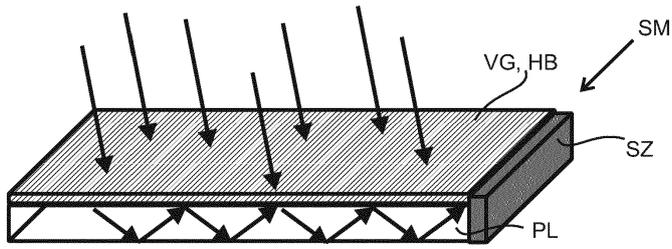
도면5a



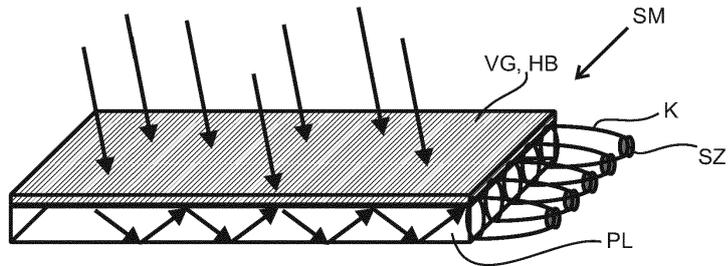
도면5b



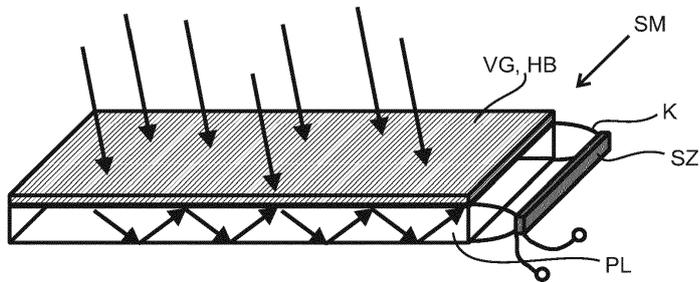
도면6a



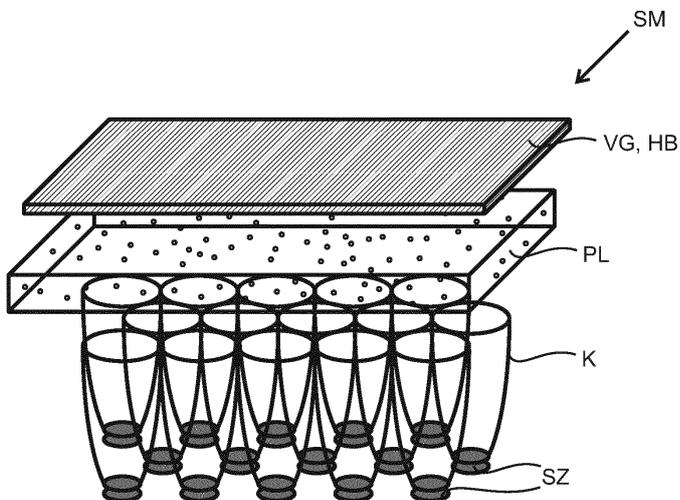
도면6b



도면6c



도면7a



도면7b

