(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년06월24일
(11) 등록번호 10-2824909
(24) 등록일자 2025년06월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/88 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 21/8806 (2013.01)
G01N 21/8851 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-7001087
(22) 출원일자(국제) 2021년06월15일
심사청구일자 2023년01월11일
(85) 번역문제출일자 2023년01월10일
(65) 공개번호 10-2023-0021745
(43) 공개일자 2023년02월14일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2021/022599
(87) 국제공개번호 WO 2022/034736
국제공개일자 2022년02월17일
(30) 우선권주장
JP-P-2020-135738 2020년08월11일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2015219090 A
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
가부시키가이샤 비넥스
일본국 768-0021 카가와켄 칸온지시 요시오카쵸 262반지
(72) 발명자
이와사키 오사무
일본 7680021 카가와켄 칸온지시 요시오카쵸 262 반지 가부시키가이샤 비넥스 나이
가가와 유키히로
일본 7680021 카가와켄 칸온지시 요시오카쵸 262 반지 가부시키가이샤 비넥스 나이
(74) 대리인
김태홍, 김진희

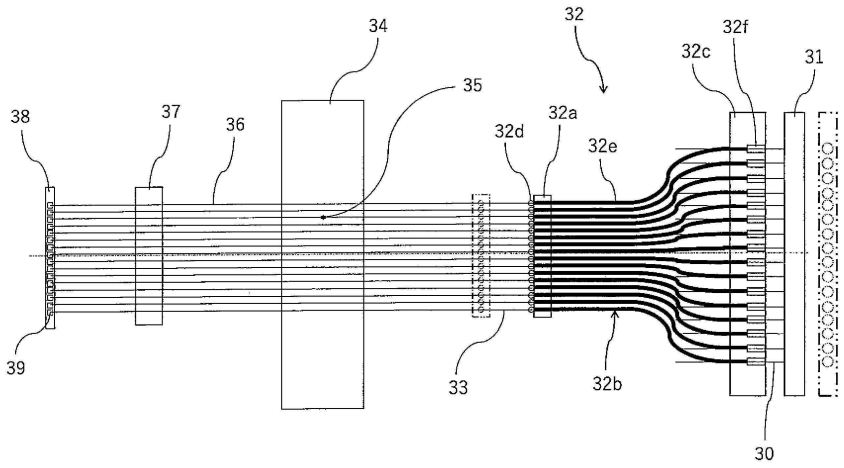
전체 청구항 수 : 총 21 항 심사관 : 이종경

(54) 발명의 명칭 **이물·결함 검사 장치, 이물·결함 검사에서의 화상 생성 장치, 및 이물·결함 검사 방법**

(57) 요 약

수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)의 적어도 하나의 수광 소자로 이루어진 1화소 단위와 광원이 일대일 대응하고, 광원이 발광할 때에만, 상기 광원에 대응하는 적어도 하나의 수광 소자(1화소 단위)에서 광빔이 검출된다. 조명 광학계는, 복수의 광원으로부터 출사되는 각 광빔의 광축의 간격을 상기 복수의 광원의 배열 방향으로 축소시켜 검사 대상물로 유도하는 도광 수단을 포함한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
G01N 2021/8816 (2013.01)
G01N 2021/8835 (2013.01)
G01N 2021/8838 (2013.01)
G01N 2021/8845 (2013.01)
G01N 2021/8858 (2013.01)
G01N 2021/8887 (2013.01)
G01N 2201/08 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
JP03134609 A
JP2016099227 A
JP04191645 A
JP2001508340 A
JP2010271133 A
JP2006090728 A
JP2019144203 A
US20100046826 A1
JP2008298667 A
JP08050104 A
WO2019159334 A1
JP2016118541 A
JP2006276756 A
WO2011138895 A1
JP2004333177 A
WO2014071443 A1

명 세 서

청구범위

청구항 1

광산란성을 갖는 검사 대상물 중의 적어도 하나 이상의 검사면에 대하여, (a) 라인형으로 이격하여 배열된 복수의 광원으로부터 출사한 광을 콜리메이트한 광빔, 또는, 콜리메이트한 광빔을 더욱 집광한 광빔, 혹은 (b) 라인형으로 이격하여 배열된 복수의 광원으로부터 출사한 광을 좁히도록 조정한 광빔 또는 넓히도록 조정한 광빔을 주사하는 광주사 수단을 포함하는 조명 광학계와,

상기 광원과 적어도 하나의 수광 소자로 이루어진 1화소 단위가 일대일 대응하도록 상기 조명 광학계의 주사 방향으로 평행하게 배치되고, 상기 검사 대상물의 검사면을 투과한 상기 광빔이 상기 검사 대상물에 있는 이물 또는 결함에 조사되고, 상기 이물 또는 결함으로부터의 산란광, 확산광, 내지는, 흡수·확산 반사, 투과 확산된 강약을 갖는 광을 수광하는 복수의 수광 소자를 포함하는 수광 광학계와,

상기 조명 광학계의 주주사 방향의 임의의 위치에서의 상기 광원으로부터의 광빔을 대응하는 수광 소자만으로 검출시키는 검출 수단을 포함하고,

상기 적어도 하나의 수광 소자로 이루어진 1화소 단위의 공간 분해능은 검사 대상물의 검사면 상의 조명 광학계에 의해 형성된 상기 광빔의 공간 분해능 이상이고,

상기 조명 광학계는, 상기 복수의 광원으로부터 출사되는 각 광빔의 광축의 간격을 상기 복수의 광원의 배열 방향으로 축소시켜 검사 대상물로 유도하는 도광 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 이물·결함 검사 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 도광 수단은, 상기 복수의 광원으로부터 출사되는 각 광빔이 입사하는 복수의 광파이버를 갖는 광파이버 어레이를 포함하고,

각 광파이버의 출사단(出射端)의 간격이, 각 광파이버의 입사단(入射端)의 간격보다 작고,

상기 도광 수단은, 각 광파이버의 출사단에 일대일 대응하여 각 광파이버로부터의 출사광을 콜리메이트하는 복수의 콜리메이터 렌즈를 포함하고,

상기 복수의 콜리메이터 렌즈는, 상기 복수의 광원과 동수 배열되고, 그 배열 방향이 상기 수광 소자의 배열 방향과 일치하는 것을 특징으로 하는 이물·결함 검사 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 도광 수단은, 상기 광파이버 어레이와 검사 대상물 사이에 배치된 복수의 렌즈의 조합으로 이루어진 축소 조합 렌즈, 또는 상기 복수의 광원과 검사 대상물 사이에 배치된 복수의 렌즈의 조합으로 이루어진 축소 조합 렌즈를 포함하고,

상기 축소 조합 렌즈를 통과하여 출사되는 각 광빔의 광축의 간격이, 상기 축소 조합 렌즈에 입사하는 각 광빔의 광축의 간격보다 작은 것을 특징으로 하는 이물·결함 검사 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 수광 광학계는, 검사 대상물과 상기 복수의 수광 소자 사이에 배치된 복수의 렌즈의 조합으로 이루어진 확대 조합 렌즈를 포함하고,

상기 확대 조합 렌즈를 통과하여 출사되는 각 광빔의 광축의 간격이, 상기 확대 조합 렌즈에 입사하는 각 광빔의 광축의 간격보다 큰 것을 특징으로 하는 이물·결함 검사 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 조명 광학계의 상기 광빔의 주사 간격은 주주사 방향으로 배열된 적어도 하나의 수광 소자로 이루어진 화소 단위의 공간 분해능 이하인 것을 특징으로 하는 이물·결함 검사 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 콜리메이트된 광빔 혹은 콜리메이트된 광빔을 더욱 집광한 광빔의 사이즈가 10 ㎛ 이상 1000 ㎛ 이하이며, 상기 수광 소자의 사이즈가 200 dpi 이상을 만족시키는 것을 특징으로 하는 이물·결함 검사 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

검사 대상물이 상기 광원으로부터 출사한 광을 투과 또는 반사하는 성질을 갖는 매질인 것을 특징으로 하는 이물·결함 검사 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 검출 수단은, 상기 조명 광학계에서의 상기 광빔의 주사와 동기하여, 상기 복수의 수광 소자에서의 각 주사 위치에서의 상기 광빔의 중심부 근방의 수광 소자에 관해서만 신호 출력하는 것을 특징으로 하는 이물·결함 검사 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 검사 대상물의 하나의 검사면 상에 대한 상기 광원과 1화소 단위의 상기 적어도 하나의 수광 소자의 조합을 복수개 갖는 것을 특징으로 하는 이물·결함 검사 장치.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 조명 광학계의 광원은, 적어도 하나의 LD 또는 적어도 하나의 LED로 이루어진 광원이며, 상기 광원으로부터 출사된 광빔을 콜리메이트한 광빔 내지는 콜리메이트한 광빔을 더욱 집광한 광빔이 상기 검사 대상물에서의 상기 검사면 상에서 상기 복수의 수광 소자의 배열 방향으로 주사 가능한 것을 특징으로 하는 이물·결함 검사 장치.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 조명 광학계와 수광 광학계의 조가 광축 방향으로 이동 가능한 것을 특징으로 하는 이물·결함 검사 장치.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 수광 소자는 라인 센서 또는 영역 센서인 것을 특징으로 하는 이물·결함 검사 장치.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 수광 광학계는 렌즈 어레이를 포함하고,

상기 렌즈 어레이는, 각 화소에 일대일 대응하는 다안 렌즈를 포함하고,

상기 다안 렌즈와 각 화소 사이에는, 각 화소에 일대일 대응하는 어퍼처가 설치되고, 각 어퍼처가 각 광원의 광축 상에 위치하고 있는 것을 특징으로 하는 이물·결함 검사 장치.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 검사면을 투과한 광 중 광산란에 의해 생기는 산란광, 확산광, 또는, 흡수·확산 반사, 투과 확산된 강약을 갖는 광의 수광 렌즈계에 대한 입사각에 대하여 상기 수광 렌즈계의 개구각이 1 mrad~20 mrad인 것을 특징으로 하는 이물·결함 검사 장치.

청구항 15

제1항에 있어서,

적어도 하나의 파장의 상기 광원을 갖고 있고,

라인형으로 이격하여 배열된 적어도 하나의 상기 광원이, 복수의 라인을 가지며, 동일 파장의 복수의 라인형의 광원이거나, 혹은, 상이한 복수의 파장의 라인형의 광원이며,

상기 검사 대상물의 검사면을 적어도 하나 가지며, 광축 방향으로 피사계 심도 영역을 적어도 하나 갖는 것을 특징으로 하는 이물·결함 검사 장치.

청구항 16

광산란성을 갖는 검사 대상물 중의 적어도 하나 이상의 검사면에 대하여, (a) 라인형으로 이격하여 배열된 복수의 광원으로부터 출사한 광을 콜리메이트한 광빔, 또는, 콜리메이트한 광빔을 더욱 집광한 광빔, 혹은 (b) 라인형으로 이격하여 배열된 복수의 광원으로부터 출사한 광을 좁히도록 조정한 광빔 또는 넓히도록 조정한 광빔을 주사하는 광주사 수단을 포함하는 조명 광학계에 의해 광빔을 주사하는 단계와,

상기 광원과 적어도 하나의 수광 소자로 이루어진 1화소 단위가 일대일 대응하도록 상기 조명 광학계의 주사 방향으로 평행하게 배치되고, 상기 검사 대상물의 검사면을 투과한 상기 광빔이 상기 검사 대상물에 있는 이물 또는 결함에 조사되고, 상기 이물 또는 결함으로부터의 산란광, 확산광, 내지는, 흡수·확산 반사, 투과 확산된 강약을 갖는 광을 수광하는 복수의 수광 소자를 포함하는 수광 광학계에 의해 광빔을 수광하는 단계와,

상기 조명 광학계의 주주사 방향의 임의의 위치에서의 상기 광원으로부터의 광빔을 대응하는 수광 소자만으로 검출시키는 단계를 포함하고,

상기 적어도 하나의 수광 소자로 이루어진 1화소 단위의 공간 분해능은 검사 대상물의 검사면 상의 조명 광학계에 의해 형성된 상기 광빔의 공간 분해능 이상이고,

상기 조명 광학계는, 상기 복수의 광원으로부터 출사되는 각 광빔의 광축의 간격을 상기 복수의 광원의 배열 방향으로 축소시켜 검사 대상물로 유도하는 도광 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 이물·결함 검사 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 도광 수단은, 상기 복수의 광원으로부터 출사되는 각 광빔이 입사하는 복수의 광파이버를 갖는 광파이버 어레이를 포함하고,

각 광파이버의 출사단의 간격이, 각 광파이버의 입사단의 간격보다 작고,

상기 도광 수단은, 각 광파이버의 출사단에 일대일 대응하여 각 광파이버로부터의 출사광을 콜리메이트하는 복수의 콜리메이터 렌즈를 포함하고,

상기 복수의 콜리메이터 렌즈는, 상기 복수의 광원과 동수 배열되고, 그 배열 방향이 상기 수광 소자의 배열 방향과 일치하는 것을 특징으로 하는 이물·결함 검사 방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 도광 수단은, 상기 광파이버 어레이와 검사 대상물 사이에 배치된 복수의 렌즈의 조합으로 이루어진 축소 조합 렌즈, 또는, 상기 복수의 광원과 검사 대상물 사이에 배치된 복수의 렌즈의 조합으로 이루어진 축소 조합 렌즈를 포함하고,

상기 축소 조합 렌즈를 통과하여 출사되는 각 광빔의 광축의 간격이, 상기 축소 조합 렌즈에 입사하는 각 광빔의 광축의 간격보다 작은 것을 특징으로 하는 이물·결함 검사 방법.

청구항 19

제16항에 있어서,

상기 수광 광학계는, 검사 대상물과 상기 복수의 수광 소자 사이에 배치된 복수의 렌즈의 조합으로 이루어진 확대 조합 렌즈를 포함하고,

상기 확대 조합 렌즈를 통과하여 출사되는 각 광빔의 광축의 간격이, 상기 확대 조합 렌즈에 입사하는 각 광빔의 광축의 간격보다 큰 것을 특징으로 하는 이물·결함 검사 방법.

청구항 20

제16항에 있어서,

상기 조명 광학계의 상기 광빔의 주사 간격은 주주사 방향으로 배열된 적어도 하나의 수광 소자로 이루어진 화소 단위의 공간 분해능 이하인 것을 특징으로 하는 이물·결함 검사 방법.

청구항 21

제16항에 있어서,

적어도 하나의 파장의 상기 광원을 갖고 있고,

라인형으로 이격하여 배열된 적어도 하나의 상기 광원이, 복수의 라인을 가지며, 동일 파장의 복수의 라인형의 광원이거나, 혹은, 상이한 복수의 파장의 라인형의 광원이며,

상기 검사 대상물의 검사면을 적어도 하나 가지며, 광축 방향으로 피사계 심도 영역을 적어도 하나 갖는 것을 특징으로 하는 이물·결함 검사 방법.

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

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 광산란 투과 매질 중에서의 이물이나 두께가 있는 검사 대상물에서의 손상, 요철, 결함, 결락, 부착된 이물의 검사 방법 및 검사 장치, 및, 검출한 이물의 화상 생성 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 종래부터 주로 가시영역의 광원을 이용한 표면 검사 장치에 채용되고 있는 시스템은, 라인 센서 카메라, 밀착형

이미지 센서(이하 CIS로 기재함), 혹은, 레이저 빔에 의한 주사형 광학계와 광전 변환 소자(포토멀티플라이어관, 아발란치 포토다이오드, CCD 센서, CMOS 센서 등)나 라이트 가이드를 포함하는 수광 광학계의 조합 등이 대표적인 검사 시스템이며, 그 대부분은, 검사 대상물에서의 손상, 요철, 결함, 결락, 부착된 이물 등으로부터의 반사광이나 형광을 수광하는 반사형이다.

[0003] 그것에 대하여, 수광계와 조명계를 검사 대상물을 사이에 두고 대향 배치한 투과형에 있어서, 검사 대상물은, 투명하고, 얇고, 투과율이 높은 것이 많다. 그리고, 두께가 있는 검사 대상물에 있어서, 상기 검사 대상물에 포함되는 이물이나 손상, 결함 등을 검출하는 시스템은 드물다.

[0004] 비파괴 검사 장치로서 유명한 투과성이 우수한 X선 검사 장치는, 방사선인 X선을 이용하기 때문에, 방사선 관리 구역을 설치할 필요가 있고, 사람에 대한 방사선의 피폭량도 관리해야 한다. 즉, 설치 장소를 결정하는 데에 있어서 허들이 높다. 더구나, 대형이며 중량도 있기 때문에, 공장의 기존의 생산 라인에 추가로 도입하는 것은 용이하지 않다. 게다가, 고액이기 때문에 검사 포인트를 많이 설치할 수 없다.

[0005] 또한, X선 검사 장치는, X선 자신의 양호한 투과성이 오히려 해가 되어, 이물이나 결함, 손상과 같은 것까지 투과해 버려, 구별을 할 수 없는 경우도 많다.

[0006] X선 이외의 파장을 이용한 검사 장치에서, 상기 투과 매질이 광산란성을 갖고 있는 경우, 상기 투과 매질에 포함되는 이물, 손상, 결함, 결락 등의 검출 장치는 실현되지 않았다.

[0007] 본원발명에 있어서는, 기술적 과제는 물론, 현장에 대한 도입을 검토하는 데에 있어서, 설치의 간편성, 인체에 대한 위험성, 도입 설비 비용 등도 고려하여, X선 이외의 광원을 이용하는 것을 전제로 한다.

[0008] 특허문헌 1에는, 조명광인 레이저 빔을 주주사 방향으로 스캔하는 것에 의해, 필름의 패임이나 꺾임을 검출하는 수단이 제시되어 있다.

[0009] 특허문헌 2에는, 조명 광학계의 광축과 수광 광학계의 광축을 어긋나게 함으로써, 검사 대상물의 투과광이 조명 광학계로부터의 직접광이나 외란광에 파묻혀 버리는 것을 억제하고 있다. 즉, 특허문헌 2는 검사 대상물의 내부에 있는 이물이나 결함 등을 검출하기 위해, 검사 대상물에 광을 조사하여 투과광의 음영에 포함되는 정보를 이용하는 방법이며, 그 때, 검사 대상물의 표면 근방의 이물이나 결함으로부터의 신호에, 잡음이 되는 외란광 등의 성분이 혼입되지 않도록 하여, 이물이나 결함을 보다 검출하기 쉽게 하는 것이 강구되고 있다.

[0010] 특허문헌 3에는, 편광을 이용하여 조명측과 수광측의 편광축의 어긋남의 방식을 변경한 복수의 화상을 취득하고, 콘트라스트 조정한 후에 차분 등의 처리를 적용함으로써 노이즈를 캔슬하여, 검사 대상물 내부의 정확한 이물이나 결함 검출을 실현할 수 있는 것이 제시되어 있다.

[0011] 특허문헌 4에는, 레이저 빔 주사 광학계와 시료를 투과한 광을 수광하는 수광 광학계의 광축을 일치시키는 것에 의해, 투과 이미지를 얻을 수 있는 것이 제시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 특허문헌 1 : 일본특허공개 제2010-271133호 공보

(특허문헌 0002) 특허문헌 2 : 일본특허공개 제2015-219090호 공보

(특허문헌 0003) 특허문헌 3 : 일본특허 제6451980호 공보

(특허문헌 0004) 특허문헌 4 : 일본특허공개 평3-134609호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 특허문헌 1에 있어서는, 주로, 검사 대상물 표면의 손상이나 요철을 검출한다. 검사 대상물은 필름 등의 두께가 얇은 소재가 많고, 피사계 심도가 얕은 CIS로 검사 가능하다. 그러나, 두께가 있고, 표면의 요철이 큰 것이나 적층 전자 기판 등의 배선 패턴의 검사 등을 검사 대상물로 할 때, 1~2 ㎜의 피사계 심도밖에 갖지 않는 종래

형의 CIS로는 검출이 어려워진다. 새롭게, 피사계 심도가 깊고 작동 거리가 긴(이하 W.D.로 기재함) 수광 광학계를 구비한 검사 장치가 필요해진다.

[0014] 피사계 심도가 깊은 광학계는, 주로 텔레센트릭 광학계이며, 상기 광학계를 구비한 라인 센서 카메라가 주류이다. 그러나, 텔레센트릭 광학계는 치수가 커서, 공장의 좁은 반송로에는 이용하는 것이 어렵다. 게다가, 텔레센트릭 광학계는, 공장의 생산 라인의 반송폭이 넓은 경우, 시야가 좁기 때문에 많은 카메라가 필요해진다. 그 때문에, 도입 비용이 높아진다고 하는 난점도 있다.

[0015] 특허문헌 2의 광학계의 경우, 광산란성이 큰 투과 매질 중의 이물, 결함, 손상 등을 검출하는 경우, 조명 광학계의 광축 근방의 광을 이용하지 않기 때문에, 수광 광학계의 수광 광량이 저하될 뿐만 아니라, 검출할 수 있는 투과광은 검사 대상물 중에서의 산란광을 수광하는 것이 중심이 되기 때문에, 검사 대상물 자신의 산란하는 외란광이 신호 성분의 지배적 성분이 되고, 검사 대상물 중의 깊은 부분에 있는 이물이 산란하는 순수한 산란광을 변별하여 검출하는 것은 어렵다.

[0016] 특허문헌 3의 경우, 시료의 광산란성이 작은 경우는 문제가 없지만, 검사 대상물의 광산란능이 큰 경우, 산란에 의한 편광 해소에 의해 편광 정보가 상실되어 버리기 때문에, 편광축의 어긋남 방식에 따른 차가 나타나기 어렵고, 투과성이 있는 광산란 매질인 검사 대상물 중의 이물이나 결함을 검출하는 것이 어렵다.

[0017] 특허문헌 4의 경우, 두께가 있는 검사 대상물에 관해서는, 가령 전광선 투과율이 높은 매질이더라도 매질 중의 미세한 굴절률의 불균일성의 요인에 의해, 레이저 빔 주사 광학계와 수광 광학계의 광축이 일치하지 않고, 신호 그 자체를 얻을 수 없는 경우가 있어, 즉, 이물, 손상, 결함, 결락 등을 놓치는 경우도 발생해 버린다.

[0018] 이상으로부터, 종래의 기술에서는 대개 피사계 심도가 얕기 때문에, 예컨대, 검사 대상물이 10 ㎜ 이상의 두께가 있는 식품 검사 대상물이나 회로 기판 등인 경우는 심도 방향의 정보를 얻을 수 없고, 그 결과, 이물, 결함, 손상, 결락 등을 검출할 수 없는 경우가 있다. 혹은, 피사계 심도가 깊은 텔레센트릭 광학계는, 대형화하여 좁은 장소에 배치하는 것이 어렵다. 또한, 예컨대, 공장의 생산 라인에서, 이물의 전수 검사를 실시하는 경우에는, 상기 검출 방법으로는, 전자 기판의 손상이나 불량 부분을 검출할 수 없고, 특히 식품 등에 있어서는, 이물이 혼입된 것을 놓치고 출하해 버릴 위험성이 항상 따라다닌다.

[0019] 이상, 종래의 CIS는, 피사계 심도가 얕기 때문에, 두께가 있는 검사 대상물의 심도 방향의 정보를 파악할 수 없기 때문에 검사의 신뢰성을 담보할 수 없다. 또한, CIS 이외의 종래 방식은 카메라 렌즈나 텔레센트릭 광학계를 이용하기 때문에 대형화를 피할 수 없어, 공장의 기존 생산 라인에 대한 추가 도입이 어려우며, 특히 좁은 장소에 대한 추가 도입은 불가능하다.

[0020] 전형적인 CIS를 도 1에, 마찬가지로 CIS용 라인형 조명 광학계를 도 2에 도시한다. 도 1에 있어서는, CIS의 긴 방향 중앙부 근방에서의 단면도이다. 도 2는 사시도이다. Z 방향이 주주사 방향이며, X 방향이 부주사 방향이다. 라인형 조명 광원(10)은 주주사 방향으로 가늘고 긴 광량 분포를 갖는 조명 광학계이다.

[0021] 도 1에 도시하는 CIS에서는, 초점면(20)을 사이에 두고 2개의 케이스(16)가 대향 배치되어 있다. 각 케이스(16) 내에는, 초점면(20) 상에 있는 검사 대상물을 조명하기 위한 라인형 조명 광원(10)이 설치되어 있다. 한쪽의 케이스(16) 내에는, 렌즈 어레이(11) 및 수광부(12)가 설치되어 있고, 조명된 검사 대상물로부터의 광은, 렌즈 어레이(11)에 의해 수광부(12)로 유도된다. 렌즈 어레이(11)는, 검사 대상물로부터의 광을 수광부(12)에 결상하는 광학 소자이다. 도 1에 도시하는 CIS에서는, 초점면(20)을 기준으로 하여, 2개의 라인형 조명 광원(10) 중의 한쪽이 수광부(12)측에 배치되고, 다른 쪽이 수광부(12)측과는 반대측에 배치되어 있다.

[0022] 수광부(12)는, 한쪽의 케이스(16)에 고정된 기판(13)에 실장되어 있다. 렌즈 어레이(11)를 통과한 광은, 수광부(12)의 수광면(12A)에서 수광되고, 그 수광량에 따른 신호가 수광부(12)로부터 출력된다. 검사 대상물이 초점면(20)을 따라 한 방향 X로 반송되는 것에 의해, 검사 대상물로부터의 광이 연속적으로 수광부(12)에서 수광되고, 수광부(12)로부터의 출력 신호에 기초하여 검사 대상물의 화상(컬러 화상이나 형광 화상 등)이 얻어진다.

[0023] 한쪽의 라인형 조명 광원(10)으로부터 출사된 광(B3)은, 케이스(16)에 고정된 보호 유리(14)를 투과하여, 다른 쪽의 케이스(16)에 고정된 보호 유리(14A)의 내면에 설치되어 있는 반사 부재(17A)에서 반사하여, 초점면(20)으로 유도된다. 초점면(20)으로부터 수광부(12)까지의 임의의 위치에는, 수광부(12)에 자외광이 입사하는 것을 저지하는 자외광 차단 필터(UV 커트 필름)(15)가 설치되어 있다. 또한, 수광부(12)와 자외광 차단 필터(15) 사이에는, 특정 파장 범위의 가시광을 통과시키는 컬러 필터(18)가 설치되어 있다. 한쪽의 케이스(16) 내에서의 라인형 조명 광원(10)의 저면에 대향하는 위치에는, 라인형 조명 광원(10)에 구비된 광원부(103)(자외광원이나 가

시광원 등)를 고정하기 위한 기판(5)이 설치되어 있다.

[0024] 라인형 조명 광원(10)은, 긴 방향(L)을 따라 연장되는 투명한 도광체(101)와, 긴 방향(L)의 한쪽의 단부면 부근에 설치된 광원부(103)와, 도광체(101)의 각 측면을 유지하기 위한 커버 부재(102)를 구비하고 있다. 광원부(103)로부터 출사한 광은, 도광체(101)에 입사하고, 상기 도광체(101) 내에서 전파하면서 광확산 패턴(P)에 의해 적절하게 반사되고, 광출사면으로부터 화살표 방향으로 출사하고, 라인형의 조명광이 되어 검사 대상물을 조명한다. 그러나, 상기 조명 광학계는, 도광체(101)에 의해 조명광이 확산되어 버려, 두께가 있는 광산란 투과성을 갖는 검사 대상물에 있어서, 광축 방향의 수광 광량의 감쇠가 문제가 된다. 게다가, 종래의 CIS의 피사계 심도는 얕아, 검사 대상물에 두께가 있는 경우는 두께 방향 전체의 검사는 어렵고, 또한, W.D.가 좁기 때문에, 검사 대상물에 접촉하여, 검사 그 자체가 성립되지 않는 경우가 많다. 즉, 종래의 CIS 광학계에서는, 두께가 있는 투과 매질에 대한 이물이나 결함의 검사는 매우 어렵고, 광산란성을 갖고 있는 경우는 더욱 어렵다.

과제의 해결 수단

[0025] 본원 발명자는, 상기와 같은 문제에 대하여 예의 검토한 결과, 10 ㎜ 이상의 두께가 있는 광산란성 매질의 검사 대상물이라도, 이물, 결함, 손상, 결락 등을 검출 가능하며, 종래의 CIS와 같은 박형·소형화를 실현하는 수단을 발견했다. 또한, 게다가 광산란능이 크고 두께가 있는 투과 매질이 검사 대상물이더라도, 상기 검사 대상물 중의 이물이나 결함 등을 검출하는 것이 가능한 것도 동시에 발견했다. 구체적으로는, 광빔이 조사되지 않는 화소에 상기 광빔이나 상기 광빔에 조사된 이물·결함으로부터의 산란광을 입사시키지 않도록 하는 동시에 광원과 일대일 대응하는 1화소 단위의 적어도 하나의 수광 소자로부터만 출력 신호를 취출하는 것에 의해, 화소간의 크로스토크 성분을 최대한 적게 하여, 검사 대상물 중의 이물이나 결함 등의 검출을 정확하게 하는 것이 가능해지는 방식을 제공하는 것이다. 수광 광학계의 적어도 하나의 수광 소자를 단위 화소로 한 경우, 상기 화소를 통과하는 광주사 조명광인 광빔 주사에서의 1화소분의 체재 시간 중에만 단위 화소가 출력하도록 전환하고, 광빔이 조사되지 않는 화소에 상기 광빔이나 상기 광빔에 조사된 이물·결함으로부터의 산란광을 입사시키지 않으면, 화소간의 크로스토크 성분을 최대한 적게 하여, 검사 대상물 중의 이물이나 결함 등의 검출을 정확하게 하는 것이 가능하다. 여기서, 체재 시간이란, 상기 광빔의 대략 중심부가 상기 1화소의 한쪽 단부로부터 다른 쪽 단부를 가로지르는 기간을 의미한다. 상기 조명 광학계의 조사광 빔 직경을 검사 대상물의 깊이 방향에서 대략 동일하게 하고, 또한, 수광 광학계의 화소 분해능보다 작게 하면, 검사 대상물 중의 이물, 결함, 손상, 결락 등을 거의 균일하게 조명할 수 있다.

[0026] 본원발명에서는, 상기 일대일 대응의 광원과 수광 소자의 배치나 조명과 수광 소자의 출력의 관계에 더하여, 고분해능의 검출을 가능하게 하는 방식을 더 제안한다. 구체적으로는, 조명 광학계가, 복수의 광원으로부터 출사되는 각 광빔의 광축의 간격을 상기 복수의 광원의 배열 방향으로 축소시켜 검사 대상물로 유도하는 도광 수단을 포함한다. 또한, 한번 축소한 복수의 광원으로부터 출사되는 각 광빔의 광축의 간격을 수광 소자에 맞춰 확대하는 수단을 포함하고 있어도 좋다.

발명의 효과

[0027] 본원발명에 의하면, 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)의 적어도 하나의 수광 소자로 이루어진 1화소 단위와 광원이 일대일 대응하고, 광원이 발광할 때에만, 상기 광원에 대응하는 적어도 하나의 수광 소자(1화소 단위)에서 광빔이 검출된다. 그 때문에, 콜리메이트되거나, 또는, 더욱 대략 집광된 1개만의 광빔이 검사 대상물 중의 「이물·결함」에 입사하고, 산란된 광만을 수광 소자가 분리하여 검출 가능해지므로, 광산란성이 있고, 또한, 두께가 있는 검사 대상에서도 「이물·결함」을 양호한 S/N(크로스토크가 매우 적은)로 검출 가능해진다. 또한, 도광 수단에 의해 고분해능의 검출이 가능해진다. 본원발명에 있어서, 광산란성을 갖는 검사 대상물에는, 광산란 투과성 매질뿐만 아니라 반사 매질도 포함된다. 본원발명에서는, 광원측의 피사계 심도가 깊기 때문에, 반사 매질 등이 검사 대상물이더라도 「이물·결함」 검사가 가능해지고, 또한 필름 등의 얇은 검사 대상물이 공정의 반송계의 상하 이동이 심한 장소에서 광축 방향으로 움직이더라도 고분해능의 검사도 가능해진다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 종래의 CIS의 단면도이다.

도 2는 종래의 CIS용 라인형 조명 광학계의 분해 사시도이다.

도 3a는 본원발명에 따른 이물·결함 검사 장치의 모식도이다.

도 3b는 이물·결함 검사 장치의 제1 변형예를 도시하는 모식도이다.

도 3c는 이물·결함 검사 장치의 제2 변형예를 도시하는 모식도이다.

도 3d는 이물·결함 검사 장치의 제3 변형예를 도시하는 모식도이다.

도 3e는 이물·결함 검사 장치의 제4 변형예를 도시하는 모식도이다.

도 4a는 본원발명의 산란광의 인접하는 화소에 대한 크로스토크를 나타내는 도면이다.

도 4b는 본원발명의 평행광다발이 수광 렌즈 어레이에 입사하고, 출사 후에 확산되어, 수광 소자 상에서, 백그라운드 노이즈가 되는 것을 나타낸 도면이다.

도 5a는 종래 발명에 있어서 크로스토크 성분과 백그라운드 노이즈 성분이 혼재하고 있는 신호이다.

도 5b는 본원발명에서, 크로스토크 성분이나 백그라운드 노이즈 성분이 거의 없는 경우의 신호이다.

도 6a는 10 μm 입경의 전방 산란을 나타내는 그래프이며, 투과성 매질이 폴리카보네이트, 입자가 실리카인 경우의 Mie 산란을 나타내고 있다(대수 눈금).

도 6b는 10 μm 입경의 전방 산란을 나타내는 그래프이며, 투과성 매질이 폴리카보네이트, 입자가 실리카인 경우의 Mie 산란을 나타내고 있다(대수 눈금).

도 6c는 17 μm 입경의 전방 산란을 나타내는 그래프이며, 투과성 매질이 폴리카보네이트, 입자가 실리카인 경우의 Mie 산란을 나타내고 있다(대수 눈금).

도 6d는 17 μm 입경의 전방 산란을 나타내는 그래프이며, 투과성 매질이 폴리카보네이트, 입자가 실리카인 경우의 Mie 산란을 나타내고 있다(대수 눈금).

도 6e는 25 μm 입경의 전방 산란을 나타내는 그래프이며, 투과성 매질이 폴리카보네이트, 입자가 실리카인 경우의 Mie 산란을 나타내고 있다(대수 눈금).

도 6f는 25 μm 입경의 전방 산란을 나타내는 그래프이며, 투과성 매질이 폴리카보네이트, 입자가 실리카인 경우의 Mie 산란을 나타내고 있다(대수 눈금).

도 6g는 30 μm 입경의 전방 산란을 나타내는 그래프이며, 투과성 매질이 폴리카보네이트, 입자가 실리카인 경우의 Mie 산란을 나타내고 있다(대수 눈금).

도 6h는 30 μm 입경의 전방 산란을 나타내는 그래프이며, 투과성 매질이 폴리카보네이트, 입자가 실리카인 경우의 Mie 산란을 나타내고 있다(대수 눈금).

도 7은 본원발명의 멀티빔 조명-멀티 주사 수광 방식을 도시한 모식도이다.

도 8은 불투과성 「이물·결함」에 의한 광산란을 나타낸 것이다.

도 9a는 반사형의 실시양태를 도시한 모식도이다.

도 9b는 본원발명의 반사형의 별도의 실시양태를 도시한 모식도이다.

도 10은 본원발명의 크로스토크 성분을 더욱 작게 하는 다른 방식의 모식도이다. 수광계의 다안 렌즈 하나하나에 대응한 어퍼처(어레이)를 부여한 방식이다.

도 11은 콜리메이트된 인접한 광빔이 오버랩된 경우를 나타내는 모식도이다(광축 방향으로부터 본 단면도).

도 12a는 본원발명의 엣지법의 실험의 모식도이다.

도 12b는 종래 기술의 엣지법의 실험의 모식도이다.

도 13은 본원발명의 실시예에서의 LD의 빔 프로파일이다.

도 14a는 본원발명의 실시예에 있어서, (1) 확산판 2장의 경우의 엣지 신호의 응답을 나타내는 그래프(규격치), 및, (2) 엣지 응답 신호의 인접 화소간의 차분을 취한 것이다(규격치).

도 14b는 본원발명의 실시예에 있어서, (1) 확산판 3장의 경우의 엣지 신호의 응답을 나타내는 그래프(규격치),

및, (2) 엣지 응답 신호의 인접 화소간의 차분을 취한 것이다(규격치).

도 14c는 본원발명의 실시예에 있어서, (1) 확산판 4장의 경우의 엣지 신호의 응답을 나타내는 그래프(규격치), 및, (2) 엣지 응답 신호의 인접 화소간의 차분을 취한 것이다(규격치).

도 14d는 본원발명의 실시예에 있어서, (1) 확산판 5장의 경우의 엣지 신호의 응답을 나타내는 그래프(규격치), 및, (2) 엣지 응답 신호의 인접 화소간의 차분을 취한 것이다(규격치).

도 15a는 종래 방식에 의한, (1) 확산판 2장의 경우의 엣지 신호의 응답을 나타내는 그래프(규격치), 및, (2) 엣지 응답 신호의 인접 화소간의 차분을 취한 것이다(규격치).

도 15b는 종래 방식에 의한, (1) 확산판 3장의 경우의 엣지 신호의 응답을 나타내는 그래프(규격치), 및, (2) 엣지 응답 신호의 인접 화소간의 차분을 취한 것이다(규격치).

도 15c는 종래 방식에 의한, (1) 확산판 4장의 경우의 엣지 신호의 응답을 나타내는 그래프(규격치), 및, (2) 엣지 응답 신호의 인접 화소간의 차분을 취한 것이다(규격치).

도 15d는 종래 방식에 의한, (1) 확산판 5장의 경우의 엣지 신호의 응답을 나타내는 그래프(규격치), 및, (2) 엣지 응답 신호의 인접 화소간의 차분을 취한 것이다(규격치).

도 16은 본원발명의 시뮬레이션 모델을 도시한 모식도이다.

도 17a는 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프이며, 광산란 투과성 매질 중심에 이물 입자가 위치하고, 광산란 투과성 매질의 산란 입자 농도가 0.00 wt%인 경우를 도시하고 있다.

도 17b는 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프이며, 광산란 투과성 매질 중심에 이물 입자가 위치하고, 광산란 투과성 매질의 산란 입자 농도가 0.04 wt%인 경우를 도시하고 있다.

도 17c는 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프이며, 광산란 투과성 매질 중심에 이물 입자가 위치하고, 광산란 투과성 매질의 산란 입자 농도가 0.08 wt%인 경우를 도시하고 있다.

도 17d는 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프이며, 광산란 투과성 매질 중심에 이물 입자가 위치하고, 광산란 투과성 매질의 산란 입자 농도가 0.12 wt%인 경우를 도시하고 있다.

도 17e는 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프이며, 광산란 투과성 매질 중심에 이물 입자가 위치하고, 광산란 투과성 매질의 산란 입자 농도가 0.16 wt%인 경우를 도시하고 있다.

도 17f는 광산란 투과성 매질 중심에 이물 입자가 위치하는 경우의 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프이며, 광산란 투과성 매질의 각 농도에서의 출력 비교를 나타내고 있다.

도 18a는 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프이며, 광산란 투과성 매질의 광원측 단부에 이물 입자가 위치하고, 광산란 투과성 매질의 산란 입자 농도가 0.00 wt%인 경우를 도시하고 있다.

도 18b는 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프이며, 광산란 투과성 매질의 광원측 단부에 이물 입자가 위치하고, 광산란 투과성 매질의 산란 입자 농도가 0.04 wt%인 경우를 도시하고 있다.

도 18c는 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프이며, 광산란 투과성 매질의 광원측 단부에 이물 입자가 위치하고, 광산란 투과성 매질의 산란 입자 농도가 0.08 wt%인 경우를 도시하고 있다.

도 18d는 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프이며, 광산란 투과성 매질의 광원측 단부에 이물 입자가 위치하고, 광산란 투과성 매질의 산란 입자 농도가 0.12 wt%인 경우를 도시하고 있다.

도 18e는 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프이며, 광산란 투과성 매질의 광원측 단부에 이물 입자가 위치하고, 광산란 투과성 매질의 산란 입자 농도가 0.16 wt%인 경우를 도시하고 있다.

도 18f는 광산란 투과성 매질의 광원측 단부에 이물 입자가 위치하는 경우의 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프이며, 각 농도에서의 출력 비교를 나타내고 있다.

도 19a는 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프이며, 광산란 투과성 매질의 수광 센서측 단부에 이물 입자가 위치하고, 광산란 투과성 매질의 산란 입자 농도가 0.00 wt%인 경우를 도시하고 있다.

도 19b는 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프이며, 광산란 투과성 매질의 수광 센서측 단부에 이물 입자가 위치하고, 광산란 투과성 매질의 산란 입자 농도가 0.04 wt%인 경우를 도시하고 있다.

도 19c는 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프이며, 광산란 투과성 매질의 수광 센서측 단부에 이물 입자가 위치하고, 광산란 투과성 매질의 산란 입자 농도가 0.08 wt%인 경우를 도시하고 있다.

도 19d는 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프이며, 광산란 투과성 매질의 수광 센서측 단부에 이물 입자가 위치하고, 광산란 투과성 매질의 산란 입자 농도가 0.12 wt%인 경우를 도시하고 있다.

도 19e는 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프이며, 광산란 투과성 매질의 수광 센서측 단부에 이물 입자가 위치하고, 광산란 투과성 매질의 산란 입자 농도가 0.16 wt%인 경우를 도시하고 있다.

도 19f는 광산란 투과성 매질의 수광 센서측 단부에 이물 입자가 위치하는 경우의 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프이며, 각 농도에서의 출력 비교를 나타내고 있다.

도 20은 주주사 방향으로 배열된 복수의 광원과 적어도 하나의 수광 소자로 이루어진 복수의 화소가 일대일의 대응을 나타내는 모식도이다.

도 21은 종래 기술에 의한 검사 방식의 개념도이다.

도 22는 검사 대상물이 두꺼운 경우, 또한, 수광 렌즈 어레이의 피사계 심도가 검사 대상물의 두께보다 좁은 경우에, 피사계 심도 위치를 광축 방향으로 어긋나게 하고, 빔 스플리터로 산란광을 분기하여, 검사 대상물의 두께 방향 전반에 검출 가능하게 하는 방식을 도시하는 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하, 본원발명에서는, 전술한 이물이나 두께가 있는 검사 대상물에서의 손상, 요철, 결함, 결락, 부착된 이물 등을 단순히 「이물·결함」로 부르기로 한다. 본원발명에 따른 이물·결함 검사 장치의 일례를 모식도로서 도 3에 도시한다. 다만, 이물·결함 검사 장치에 있어서 취득한 신호를 화상 정보로 가공하고, 출력하는 화상 생성 장치를 제공하는 것도 가능하다.

[0030] 도 3a의 31은 광원이다. 상기 광원(31)는, 복수의 LD(레이저 다이오드) 또는 복수의 LED를 라인형으로 이격하여 배열한 것이다. 도 3a에 실선으로 나타내는 광원(31)은 측면도이며, 상기 광원(31)의 정면도를, 실선으로 나타낸 광원(31)의 측방에 이점쇄선으로 가상적으로 도시하고 있다. 복수의 광원(31)으로부터 출사되는 각 광빔은, 도광 수단(32)에 의해 검사 대상물(34)로 유도된다.

[0031] 도광 수단(32)에는, 콜리메이터 렌즈 어레이(32a), 광파이버 어레이(32b) 및 렌즈 어레이(32c) 등이 포함된다. 콜리메이터 렌즈 어레이(32a)에는, 복수의 콜리메이터 렌즈(32d)가 일직선상에 배열되어 있다. 배열된 콜리메이터 렌즈(32d)의 수는 광원(31)의 수와 동수이지만, 서로 인접하는 콜리메이터 렌즈(32d)의 간격은 서로 인접하는 광원(31)의 간격보다 작다. 렌즈 어레이(32c)에는 복수의 렌즈(32f)가 일직선상에 배열되어 있다. 배열된 렌즈(32f)의 수는 광원(31)의 수와 동수이며, 서로 인접하는 렌즈(32f)의 간격도 서로 인접하는 광원(31)의 간격과 일치한다. 광파이버 어레이(32b)는, 콜리메이터 렌즈 어레이(32a)와 렌즈 어레이(32c)를 광학적에 접속하고 있다. 구체적으로는, 광파이버 어레이(32b)에는, 광원(31)의 수와 동수의 광파이버(32e)가 포함되어 있고, 각 광파이버(32e)가 각 콜리메이터 렌즈(32d) 및 각 렌즈(32f)에 일대일 대응하고 있다.

[0032] 렌즈 어레이(32c)의 각 렌즈(32f)는 각 광원(31)의 위치에 대향하고 있다. 렌즈 어레이(32c)는, 각 광원(31)으로부터의 광을 각 광파이버(32e)로 유도하기 위한 것이며, 각 렌즈(32f)가 각 광파이버(32e)의 입사측 단부면에 대략 밀착하여 배치되어 있다. 상기 렌즈 어레이(32c)에 이용하는 렌즈(32f)는, 마이크로볼 렌즈나 굴절률 분포 렌즈 등이 바람직하다. 각 광파이버(32e)는, 출사측에서 라인형으로 배열 고정되고, 또한, 입사측보다 간격이 좁고, 수광 소자 어레이(38)(포토다이오드 어레이)에서의 수광 소자의 피치와 등간격으로 한다. 즉, 복수의 광원(31)으로부터 출사되는 각 광빔이 입사하는 복수의 광파이버(32e)는, 각각의 출사단(콜리메이터 렌즈(32d)측의 단부)의 간격이, 각각의 입사단(렌즈측의 단부)의 간격보다 작다. 이것에 의해, 복수의 광원(31)으로부터 출사되는 각 광빔의 광축의 간격을 상기 복수의 광원(31)의 배열 방향으로 축소시켜 검사 대상물(34)로 유도할 수 있다.

[0033] 각 광파이버(32e)를 출사한 광은, 예컨대 마이크로볼 렌즈 등의 미소 렌즈에 의해 구성되는 콜리메이터 렌즈(32d)를 투과하는 것에 의해, 콜리메이트된 광빔이 된다. 이와 같이, 복수의 콜리메이터 렌즈(32d)는, 각 광파이버(32e)의 출사단에 일대일 대응하여 각 광파이버(32e)로부터의 출사광을 콜리메이트한다. 복수의 광원(31)과 동수 배열된 복수의 콜리메이터 렌즈(32d)는, 그 배열 방향이 수광 소자의 배열 방향과 일치한다. 광파이버(32e)의 배열 방향의 피치는, 수광 소자(포토다이오드)와 대략 동일한 피치가 필요해지므로, 외경(클래드 직경

혹은 피복 직경)이 작은 광파이버(32e)가 바람직하다. 또한, 광원(31)도 가(可)간섭성이 낮은 것이 바람직하다. 상기 광파이버(32e)로서, SI(스텝 인덱스)형, GI(그레이디드 인덱스)형, 싱글 모드형 등을 들 수 있다. 또한, 조명계의 배열 방향과 수광계의 소자의 배열 방향은 평행하다.

[0034] 상기 이점은, 광원(31)의 크기의 제약이 적어져, 출사측의 라인 조명계를 광원(31)측보다 치밀하게 배열 가능해지는 것이다. 또한, 방열 대책도 비교적 용이해져, LD나 LED의 광량 업(up), 동작의 안정성이나 내구성의 향상 등으로 이어진다.

[0035] 각 광파이버(32e)로부터 출사한 광은, 콜리메이터 렌즈(32d)에 의해 콜리메이트되고, 광원(31)의 수와 동수의 대략 평행 빔(33)이 된다. 도 3a에 실선으로 나타내는 콜리메이터 렌즈 어레이(32a)는 측면도이며, 상기 콜리메이터 렌즈 어레이(32a)의 정면도를, 실선으로 나타낸 콜리메이터 렌즈 어레이(32a)의 측방에 이점쇄선으로 가상적으로 도시하고 있다. 복수의 대략 평행 빔(33)은, 검사 대상물(34)에 입사하고, 검사 대상물(34) 중의 「이물·결함」(35)에 의해 산란된 산란광(36)이 수광 렌즈 어레이(37)의 피사계 심도 내에서 보충되고, 상기 수광 렌즈 어레이(37)의 초점 위치(39)에 집광되고, 수광 소자 어레이(38)에 입사한다. 수광 소자 어레이(38)는, 부주사 방향으로 1라인을 갖는 라인 센서가 일반적이지만, 부주사 방향으로 복수 라인을 갖는 라인 센서, 혹은 영역 센서이어도 좋다. 수광 렌즈 어레이(37)는, SELFOC 렌즈로 대표되는 굴절률 분포 렌즈 어레이가 바람직하지만, 다른 구면 렌즈 등을 복수개 라인형으로 배열한 렌즈 어레이여도 좋다. 또한, 콜리메이터 렌즈(32d)에 의해 콜리메이트한 광이, 더욱 대략 집광되는 구성이어도 좋다. 여기서, 「대략 집광」에는, LED의 발광한 광이 집광되는 구성에 한정되지 않고, 수속 렌즈 등을 이용하여 레이저 빔의 빔 웨이스트를 형성하는 경우도 포함된다. 콜리메이터 렌즈(32d)에 의해 콜리메이트한 광빔, 혹은 상기 콜리메이트한 광빔을 더욱 대략 집광한 광빔의 사이즈(빔 직경)는, Mie 산란 영역의 「이물·결함」 입자에 대응할 수 있는 10 μm로부터 기하 광학적 근사 영역의 「이물·결함」 입자에 대응할 수 있는 1000 μm 정도인 것이 바람직하다. 다만, 광산란 투과성 매질의 깊이·두께에 따라서, 콜리메이터 렌즈(32d)에 의해 콜리메이트한 광을 좁히도록 조정하거나, 또는, 넓히도록 조정해도 좋다.

[0036] 검사 대상물에 「이물·결함」이 없는 경우는, 대략 평행 빔 그대로 상기 수광 렌즈 어레이(37)에 입사하기 때문에, 초점이 맞지 않고, 수광 렌즈 어레이(37)의 초점 위치(39)에서 발산하고, 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(38)에 있어서, 직접광은 감쇠하여 바이어스 성분이 된다. 그 때문에, 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(38)에는, 직접광의 바이어스 성분이 가산 혹은 감산된 「이물·결함」에 의한 산란광(36)의 신호 성분(변동 성분)만이 검지된다.

[0037] 여기서, 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(38)에서의 크로스토크 성분의 억제 방법에 관해 설명한다. 동시에 광원을 점등시킨 경우에는, 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(38)의 배열 방향으로 광이 라인형으로 조명된다. 그 때문에, 「이물·결함」이 배열 방향으로 나열되어 있는 상황에서는, 동시에 별개의 위치에 있는 「이물·결함」의 산란광을 동일한 수광 소자(포토다이오드)가 수광해 버려, 위치의 특정이 어려워진다. 즉, 위치 검출 분해능이 저하하게 된다. 크로스토크 회피 방법은, 하나의 포토다이오드에 대하여 하나의 광원을 대응시키는 것이다. 즉, 광원과 수광 소자(포토다이오드)를 1화소 단위로 일대일 대응시키는 것이 크로스토크를 회피시키는 수단의 하나이다. 1화소는, 적어도 하나의 수광 소자로 이루어지고, 1화소가 하나의 수광 소자로 이루어진 구성에 한정되지 않고, 1화소가 복수의 수광 소자로 이루어진 구성이어도 좋다.

[0038] 도 3a에 관해 다시 설명한다. 도 3a에 있어서, 검사 대상물의 하나의 검사면 상에 대하여, 광원과 수광 소자의 조합을 복수개 갖고 있다. 이 경우, 복수의 광원을 순차적으로 점등시키는 것에 의해 주주사 방향(복수의 광원의 배열 방향)으로 광빔을 주사하고, 인접하는 광원이 동시에 점등하지 않도록 하는 것이 바람직하다. 이 때, 각 광원의 동작을 개별로 제어할 수 있는 제어부(도시하지 않음)가, 광빔을 주사시키기 위한 광주사 수단으로서 기능한다. 상기 광주사 수단, 광원(31) 및 도광 수단(32) 등은 조명 광학계를 구성하고 있다. 한편, 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(38)는 수광 광학계를 구성하고 있다. 또한, 수광 렌즈 어레이(37)는, 검사 대상물의 검사면을 투과한 광을 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(38)의 수광 소자 상에 결상시키는 렌즈계를 구성하고 있고, 상기 렌즈계는 수광 광학계에 포함된다. 조명 광학계와 수광 광학계의 조가, 광축 방향으로 이동 가능해도 좋고, 복수의 검사면에 대응한 광축 방향으로 피사계 심도가 중복되지 않는 복수의 상기 조명 광학계 및 수광 광학계이어도 좋다. 조명 광학계가 복수인 경우는, 예컨대 라인형으로 이격하여 배열된 복수의 광원(31)이 복수의 라인을 갖는 구성이어도 좋다. 이 경우, 동일 파장의 복수의 라인형의 광원(31)이어도 좋고, 상이한 복수의 파장의 라인형의 광원(31)이어도 좋다. 수광 광학계만 광축 방향으로 중복되지 않는 경우는, 수광 광학계에 광을 분기하는 각종 수단을 이용한다. 예컨대, 빔 스플리터 등의 광학 소자를 하나 또는 복수 이용하

는 방법이 있다. 혹은 다이크로익 미러로 각 파장을 분리하여, 이물의 종류를 판별하는 방법도 있다.

[0039] 도 3b는, 「이물·결함」 검사 장치의 제1 변형예를 도시하는 모식도이다. 이 도 3b는, 수광 소자(포토다이오드)의 피치를 더욱 좁게 하여, 더욱 해상도를 향상시키는 경우의 구조를 도시한 것이다. 이 예에서는, 도광 수단(32)에, 복수의 렌즈의 조합으로 이루어진 조합 렌즈(축소 조합 렌즈)(32g)가 포함된다.

[0040] 조합 렌즈(32g)는, 광파이버 어레이(32b)와 검사 대상물(34) 사이, 보다 구체적으로는, 콜리메이터 렌즈 어레이(32a)와 검사 대상물(34) 사이에 배치되어 있다. 조합 렌즈(32g)는, 예컨대 볼록형-볼록형의 조합으로 이루어진 1조의 실린드리컬 렌즈에 의해 구성되어 있다. 이것에 의해, 조합 렌즈(32g)를 통과하여 출사되는 각 광빔의 광축의 간격이, 조합 렌즈(32g)에 입사하는 각 광빔의 광축의 간격보다 작아진다. 이와 같이, 촛점 거리가 상이한 1조의 실린드리컬 렌즈에 의해, 콜리메이트된 광빔의 피치는 축소 배율에 따라 적절하게 축소되고, 해상도를 향상시킨, 보다 정밀한 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)의 피치와 같게 하는 것이 가능해진다.

[0041] 도 3c는, 「이물·결함」 검사 장치의 제2 변형예를 도시하는 모식도이다. 이 도 3c는, 도 3b의 경우와 마찬가지로, 수광 소자(포토다이오드)의 피치를 더욱 좁게 하여, 더욱 해상도를 향상시키는 경우의 구조를 도시한 것이다. 이 예에서는, 도광 수단(32)에 포함되는 조합 렌즈(축소 조합 렌즈)(32h)가, 볼록형-볼록형의 조합이 아니라, 볼록형-오목형의 조합으로 이루어진 1조의 실린드리컬 렌즈에 의해 구성되어 있다. 볼록형의 실린드리컬 렌즈는 콜리메이터 렌즈 어레이(32a)측에 배치되고, 오목형의 실린드리컬 렌즈는 검사 대상물(34)측에 배치되어 있다. 이러한 구성이라 하더라도, 조합 렌즈(32h)를 통과하여 출사되는 각 광빔의 광축의 간격을, 조합 렌즈(32h)에 입사하는 각 광빔의 광축의 간격보다 작게 할 수 있다.

[0042] 도 3a~도 3c에서는, 광파이버 어레이(32b)를 이용한 구성에 관해 설명했지만, 이러한 구성에 한정되는 것은 아니다. 현재, LED는, LED 프린터로 대표되는 바와 같이 고밀도화가 진행되고 있고, 1200 dpi가 이미 달성되었다. 이 LED 어레이를 이용하면 고해상도를 실현할 수 있다. 즉, LED 어레이로부터 출사한 출사광을 콜리메이트하고, 상기 콜리메이트된 광빔을 도 3b 또는 도 3c의 광원으로 바꿔 이용하면 된다. 렌즈 어레이는, LED 프린터의 경우, 굴절률 분포형 렌즈의 등배 결상계이지만, 본원발명에서 이용하는 굴절률 분포형 렌즈는 한쪽의 촛점이 무한원(無限遠)에 있는 것을 이용한다. 또한, VCSEL 등의 고밀도의 LD 어레이를 이용하는 것이 더욱 바람직하다. 상기 방식에 관해, 구체예를 이하에 설명한다.

[0043] 도 3d는, 「이물·결함」 검사 장치의 제3 변형예를 도시하는 모식도이다. 이 예에서는, 광파이버 어레이(32b) 대신에 조합 렌즈(축소 조합 렌즈)(32i)를 이용하여, 복수의 광원(31)으로부터 출사되는 각 광빔의 광축의 간격을 상기 복수의 광원(31)의 배열 방향으로 축소시켜 검사 대상물(4)로 유도할 수 있다. 즉, 도광 수단(32)에는, 복수의 렌즈의 조합으로 이루어진 조합 렌즈(32i)가 포함된다.

[0044] 31은, 광원인 LED 또는 LD 어레이이다. 32a는, 콜리메이터 렌즈 어레이이다. 도 3d에 실선으로 나타내는 광원(31) 및 콜리메이터 렌즈 어레이(32a)는 측면도이며, 상기 광원(31) 및 콜리메이터 렌즈 어레이(32a)의 정면도를, 실선으로 나타낸 광원(31) 및 콜리메이터 렌즈 어레이(32a)의 측방에 각각 이점쇄선으로 가상적으로 도시하고 있다. 34는 검사 대상물, 35은 검사 대상물 중의 이물 혹은 결함이다. 37은, 수광 렌즈 어레이이다. 38은, 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)이다. 또한, 30은, 광원(31)으로부터 출사한 광다발이며, 33은, 콜리메이터 렌즈 어레이(32a)로부터 출사한 콜리메이트된 광빔이다. 콜리메이트된 광빔(33)은, 검사 대상물(34)에 입사하고, 이어서 「이물·결함」(35)에 입사한다. 「이물·결함」(35)에 입사한 광다발(33)은 「이물·결함」(35)에 의해 산란되고, 산란광(36)이 되어 수광 렌즈 어레이(37)에 입사하고, 이어서 수광 소자 어레이(38)에 입사한다.

[0045] 조합 렌즈(32i)는, 복수의 광원(31)과 검사 대상물(34) 사이, 보다 구체적으로는, 콜리메이터 렌즈 어레이(32a)와 검사 대상물(34) 사이에 배치되어 있다. 조합 렌즈(32i)는, 예컨대 볼록형-볼록형의 조합으로 이루어진 1조의 실린드리컬 렌즈에 의해 구성되어 있지만, 볼록형-오목형의 조합으로 이루어진 것이어도 좋다. 이것에 의해, 조합 렌즈(32i)를 통과하여 출사되는 각 광빔의 광축의 간격이, 조합 렌즈(32i)에 입사하는 각 광빔의 광축의 간격보다 작아진다.

[0046] 도 3e는, 「이물·결함」 검사 장치의 제4 변형예를 도시하는 모식도이다. 이 예에서는, 도 3d의 구성에, 조합 렌즈(확대 조합 렌즈)(32k)가 추가되어 있다. 다만, 도 3d의 구성이 아니라, 도 3b 또는 도 3c의 구성에 조합 렌즈(32k)를 추가하는 것도 가능하다.

[0047] 조합 렌즈(32k)는, 검사 대상물(34)과 수광 소자 어레이(38) 사이, 보다 구체적으로는, 검사 대상물(34)과 수광 렌즈 어레이(37) 사이에 배치되어 있다. 조합 렌즈(32k)는, 예컨대 볼록형-볼록형의 조합으로 이루어진 1조의

실린드리컬 렌즈에 의해 구성되어 있지만, 볼록형-오목형의 조합으로 이루어진 것이어도 좋다. 이것에 의해, 조합 렌즈(32k)를 통과하여 출사되는 각 광빔의 광축의 간격이, 조합 렌즈(32k)에 입사하는 각 광빔의 광축의 간격보다 커진다.

[0048] 이 예와 같이, 축소 광학계에 의해 빔 컴프레스하고, 이물 통과후에 빔 익스팬드(빔 간격을 확대)하면, 수광 소자의 간격을 넓게 취할 수 있다. 그 때문에, 수광 소자 어레이의 사이즈를 크게 취할 수 있기 때문에, 이물에 대한 분해능은 확보하면서, 수광 소자 어레이의 수광 영역을 넓게 할 수 있고, 그 결과 S/N을 양호하게 할 수 있다.

[0049] 도 3b~도 3e에 도시한 조합 렌즈(32g, 32h, 32i, 32k)를 구성하는 복수의 렌즈는, 각각 복수의 광원(31)의 배열 방향으로 파워를 갖는다. 여기서, 렌즈의 파워란, 촛점 거리의 역수이며, 렌즈의 굴절력을 나타내는 척도이다. 조합 렌즈(32g, 32h, 32i, 32k)는, 각각 파워가 상이한 렌즈의 조합에 의해 구성되어 있다. 즉, 파워가 큰 렌즈와 파워가 작은 렌즈의 조합에 의해 압축률을 바꿀 수 있다. 예컨대, 파워비가 1:3이면, 압축률이 1/3이 되고, 빔 간격이 1/3이 된다.

[0050] 조합 렌즈(32g, 32h, 32i, 32k)를 구성하는 렌즈의 수는, 2개에 한정되지 않고, 3개 이상이어도 좋다. 또한, 조합 렌즈를 구성하는 렌즈는, 실린드리컬 렌즈에 한정되지 않고, 파이버 옵티컬 플레이트 등의 다른 축소·확대 광학 소자이어도 좋다. 또한, 파워가 상이한 실린드리컬 미러와 실린드리컬 미러의 조합, 또는, 파워가 상이한 실린드리컬 미러와 실린드리컬 렌즈의 조합 등이어도 좋고, 구면 렌즈나 구면 미러의 각종 조합이어도 좋다. 그 밖에도, 프레넬 렌즈 등의 각종 렌즈를 이용하는 것이 가능하다.

[0051] 다음으로, 빔 스플리터로 분기하는 방법에 관해, 도 22에 도시한다. 도 22는, 검사 대상물(34)이 두꺼운 경우, 또한, 수광 렌즈 어레이(37)의 피사계 심도가 검사 대상물(34)의 두께보다 좁은 경우에, 피사계 심도 위치를 광축 방향으로 어긋나게 하고, 빔 스플리터(40a, 40b)로 산란광을 분기하여, 검사 대상물(34)의 두께 방향 전반에 검출 가능하게 하는 방식을 도시하는 것이다. 도 22에서는, 각각 3개의 수광 렌즈 어레이(37a, 37b, 37c) 및 수광 소자 어레이(38a, 38b, 38c)와, 2개의 빔 스플리터(40a, 40b)가 설치되어 있다. 검사 대상물(34)은, 광축 방향으로 복수의 피사계 심도 영역(A1~A3)을 갖고 있다. 수광 렌즈 어레이(37a) 및 수광 소자 어레이(38a)는 피사계 심도 영역(A1)에 대응하고, 수광 렌즈 어레이(37b) 및 수광 소자 어레이(38b)는 피사계 심도 영역(A2)에 대응하고, 수광 렌즈 어레이(37c) 및 수광 소자 어레이(38c)는 피사계 심도 영역(A3)에 대응하고 있다. 검사 대상물(34)을 투과한 광의 일부는, 빔 스플리터(40a)에서 반사되고, 수광 렌즈 어레이(37a)에 의해 집광되어 수광 소자 어레이(38a)에 입사한다. 또한, 빔 스플리터(40a)를 통과한 광의 일부는, 빔 스플리터(40b)에서 반사되고, 수광 렌즈 어레이(37b)에 의해 집광되어 수광 소자 어레이(38b)에 입사한다. 빔 스플리터(40b)를 통과한 광은, 수광 렌즈 어레이(37c)에 의해 집광되어 수광 소자 어레이(38c)에 입사한다. 각 빔 스플리터(40a, 40b)의 투과율, 반사율은 각 수광 소자 어레이(38a, 38b, 38c)에 대하여 균등해지도록 한다. 예컨대, 도 22에 도시하는 바와 같이, 3분기하는 경우는, 최초에 입사하는 빔 스플리터(40a)의 반사율을 대략 33%, 다음에 입사하는 빔 스플리터(40b)의 반사율을 50%로 하는 것에 의해, 각 수광 소자 어레이(38a, 38b, 38c)에 입사하는 광량을 거의 1:1:1로 하고, S/N도 거의 동등하게 할 수 있다. 빔 스플리터로는, 파장 의존성이 없고, 간섭 효과를 이용하지 않는 것이 바람직하다.

[0052] 여기서, 본원발명의 방식에 관해, 한번 더 정리해 둔다. 도 20은 본원발명의 복수의 광원이 적어도 하나의 수광 소자를 포함하는 복수의 화소와 일대일 대응하고 있는 것을 도시하는 모식도이다.

[0053] 다음으로, 종래 기술에 의한 검사 방식의 개념도를 도 21에 도시한다. 단, 간단하게 하기 위해 수광 렌즈계는 도시하지 않는다. 도 21의 종래 기술의 광원은 검사 대상물 전체를 조명하고 있다. 또한, 수광 소자는, 산란광 및 직접 수광 소자로 향하는 비산란광으로 나누어져 비산란광이 이물 검출에 기여하는 것이지만, 이물에 입사하지 않고, 이물 이외의 검사 대상물의 다른 경로로부터 직접 수광 소자로 향하는 비산란광에 혼입되어, 크로스토크하고 있는 것을 알 수 있다.

[0054] 이것에 대하여, 도 20의 경우에는, 주주사 방향으로 이격하여 배열된 복수의 광원(광원 어레이)이 적절하게 일대일 대응하고 있다. 도 20에 도시하는 개념도에서는 광원과 수광 소자가 일대일 대응하고 있기 때문에, 산란광이 수광 소자에 입사하기 어려워, 크로스토크를 억제할 수 있는 것을 알 수 있다.

[0055] 실제의 「이물·결함」은, 완전한 구체가 아닌 것이 대부분이지만, 간략하게 하기 위해 대표적으로 구형 입자로 한다. 이물이 수십 μm 이하 파장 정도의 입자 직경인 경우, Mie 산란 영역의 산란이 생긴다. 또한 수백 μm 정도의 빗방울 정도의 크기가 되면, 기하 광학 근사를 적용할 수 있다. 예컨대, 10 μm 직경의 구입자이며, 광산

란 투과 매질이 수지이며, 이물이 실리카인 경우에 관해 생각한다. 광원의 광의 파장은, 1파장에 한정되지 않고, 복수 파장의 조명 광원이 구비되어 있어도 좋다. 지금, 광원의 광의 파장을 근적외선 영역의 λ=830 nm, 그 때의 상기 수지를 폴리카보네이트로 하고, 상대 굴절률을 Nm=1.57, 이물 입자를 실리카로 하고, 그 상대 굴절률을 Np=1.45로 하면, 전방 산란이 생긴다. 수백 μm 정도의 크기의 입경에 대해서는, 광원 파장에 대하여, 투과성이 있으면, 렌즈 효과에 의해 전방 산란적으로 집속·확산되고, 투과성이 전혀 없으면, 기하 광학적 산란 단면적인 원을 투입한 그림자가 된다. 그림자는, 흡수·확산 반사, 투과 확산된 광의 강약에 의해 표시된다. 이물 입자의 가장자리에 의한 회절의 영향도 고려하는 것이 필요해지는 경우는 있지만, 화소에 회절을 포함하는 산란광이 투입되는지, 그림자가 투입되는지이며, 그 콘트라스트에 대한 감도가 예민하면 된다. 일례로서, 상기 구 입자의 산란의 산란광 강도를 도 6a~도 6d에 도시한다. 도 6a 및 도 6b는, 10 μm 입경, 도 6c 및 도 6d는 17 μm 입경의 전방 산란을 나타내는 그래프이며, 투과성 매질이 폴리카보네이트, 입자가 실리카인 경우의 Mie 산란을 나타내고 있다(대수 눈금). 전방 산란광의 강도가 매우 강한 것을 알 수 있다. 0도 방향(화살표 방향)이 광의 진행 방향이다. 또한, 동시에 10 μm보다 17 μm 입경이 전방 산란능이 수배 정도 큰 것도 알 수 있다. 또한, 입경 25 μm의 이물 입자의 전방 산란을 나타내는 그래프를 도 6e, 도 6f에 도시한다. 단, 입사광의 파장은 λ=1.55 μm이다. 이 경우의 전방 산란 강도는, 10 μm 입경과 17 μm 입경 사이에 있다. 참고로, 25 μm 입경은 1200 dpi(화소 분해능 : 약 21 μm)의 해상도에 가깝고, 10 μm 입경은 2400 dpi(화소 분해능 : 10 μm 다소위)의 해상도에 가깝다. 또한, 입사광의 파장이 1.55 μm인 30 μm 입경의 이물 입자의 Mie 산란을 나타내는 그래프를 도 6g, 도 6h에 도시한다. 입경 30 μm의 전방 산란 강도는 25 μm 입경의 경우에 비교하여 약 2배인 것을 알 수 있다.

[0056] 이하, Mie 전방 산란 영역의 산란광에 관해, 크로스토크 성분의 억제 방법을 간략하게 기재한다. 우선, 도 4a를 이용하여 설명한다. 도 4a는, 「이물·결함」으로부터의 산란광을 수광하는 모식도이며, 산란광의 인접하는 화소에 대한 크로스토크를 나타내고 있다. 별모양의 마크(41)가 이물(결함)을 나타낸다. 이물(결함)(41)로부터의 산란광은, 수광 렌즈 어레이(42)에 의해, 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(43)에 집광·결상된다. 도 4a에서는, 별개의 독립된 복수의 광빔이 이물에 동시에 입사하는 경우를 도시하고 있다.

[0057] 도 4a의 좌측의 조종(釣鐘)형의 광강도 분포 파형(If)이 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(43)에 입사한 산란광의 강도 분포를 나타낸다. 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(43)에 입사한 산란광은, 수광 렌즈의 수차 및 회절의 영향에 의해, 「이물·결함」의 실치수보다 크고, 소위 흐려진 상태로 결상한다. 즉, 가령 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(43)의 나열 방향에 있어서, 수광 소자(포토다이오드)의 1화소분의 치수와 「이물·결함」의 치수가 동일한 크기라 하더라도, 수광 소자(포토다이오드)(43) 상에서의 「이물·결함」의 결상 치수는, 수광 렌즈의 수차나 회절의 영향에 의해, 「이물·결함」의 치수보다 커진다. 검사 대상물의 검사면을 투과한 광 중 광산란에 의해 생기는 산란광, 확산광, 또는, 흡수·확산 반사, 투과 확산된 강약을 갖는 광의 수광 렌즈에 대한 입사각에 대하여, 수광 렌즈의 개구각은 충분히 작은 것이 바람직하다. 예컨대, 개구각은 5 mrad~15 mrad 정도가 바람직하고, 원하는 W, D.에 따라서 1 mrad로부터 20 mrad이어도 좋다. 개구각은, 작아지면 수광량이 적어지기 때문에, 광원측의 파워로 상대적으로 보충할 필요가 있다. 또한, 광산란성 투과 매질의 두께에 의존하는 투과율이 수광 센서의 게인에 직접 관계되므로, 수광 센서에 오토 게인 컨트롤(AGC로 기재함)을 구비한 회로 구성으로 함으로써, 각종 투과율에 의존하지 않는 S/N가 좋은, 다이나믹 레인지가 넓은 수광계를 구축할 수 있다. 또한, 그 때에는, 임의의 화소에 대하여, 임의의 화소의 출력에 대한 직전까지의 출력의 평균치를 이용한 피드백계(신호 처리 회로계)를 이용하는 것도 가능하다. 또한, 동시에, 신호를 라인마다 받아들인 위치-출력 정보의 종합적인 정보(출력 데이터)의 검사 대상물의 깊이 방향에서의 2차원적인 해석을 동시에 진행시키면, 실시간 검사도 가능해진다. 어떻게 하든, 신호의 S/N을 양질로 하기 위해 수광 센서의 최대 감도 영역에 맞추도록 노력하는 것이, 신호의 S/N을 보다 향상시키고, 그 결과 「결함·이물」 검사에서의 적용 범위를 넓히는 것으로 이어지는 것이다. 도 4a의 우측의 조종형의 광강도 분포 파형(Ir)은, 본원발명의 이물을 조명하는 하나하나의 광빔의 강도 분포이다. 전술한 좌우의 광강도 분포 파형의 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(43)측의 배열 방향에서의 폭을 비교하면 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(43)측의 광강도 분포 파형(If)이 입사측의 광강도 분포 파형(Ir)보다 넓어진 것을 알 수 있다.

[0058] 다음으로, 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(43)의 2개의 광강도 분포 파형(If)에 관해 설명한다. 광산란 매질(Ms) 중에는, 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(43)에 대향하여 2개의 「이물·결함」(Mf1, Mf2)이 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(43)에 평행하게 배치되고, 또한, 그 간격은 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(43)의 소자 간격과 동일하다. 또한, 수광 렌즈 어레이(42)는 등배계이며, W.D.를 미리 길게 했다.

[0059] 이 경우, 「이물·결함」(Mf1, Mf2)의 한쪽의 「이물·결함」이 결상되어 생긴 광강도 분포 파형(If1)이, 자신

과 대향하는 수광 소자(포토다이오드)(PD1)에 인접하는 수광 소자(포토다이오드)(PD2) 상에도 확산되어, 크로스토크가 발생한 것을 알 수 있다. 크로스토크가 발생한 부분이, 각 광강도 분포 파형의 해칭 부분(Cr1, Cr2)이다.

[0060] 바꿔 말하면, 서로 인접한 화소로부터 밀려 나온 광강도 성분(Cr1, Cr2)이 자신의 순수한 신호 성분에 가해진다. 이것이 서로의 수광 소자(포토다이오드)의 순수한 신호 성분에 혼입되는 크로스토크 성분이 노이즈가 되기 때문에, 다이나믹 레인지가 좁아지고, 신호의 SNR(Signal to Noise Ratio : S/N과 동의)을 열화시키는 요인의 하나가 된다.

[0061] 다음으로, 도 4b에 관해 설명한다. 도 4b는, 콜리메이트된 광빔이 수광 렌즈 어레이(42)에 입사하고, 출사 후에 확산되어, 수광 소자(PD1, PD2) 상에서 백그라운드 노이즈가 되는 것을 나타낸 모식도이다. 종래의 CIS 등에 이용되는 조명은, 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(43)의 긴 방향으로 연속된 광강도 분포를 갖는다. 광산란 매질(Ms) 중의 「이물·결함」에 의해 산란된 광이 도 4a의 44이며, 이것에 더하여 수광 렌즈 어레이(42)에는 콜리메이트된 광빔(45)이 입사한다. 수광 렌즈 어레이(42)는 등배계에 설정되어 있기 때문에, 그 피사계 심도 근방 이외로부터의 광은 거의 초점을 맞추지 않는다. 즉 발산하여, 결상에 기여하지 않기 때문에, 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(43) 상에서 확산된다. 즉, 수광 렌즈 어레이(42)에 콜리메이트된 광빔이 입사하면, 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(43) 상에서 크게 확산되고 백그라운드 노이즈 성분(46)이 되어, S/N의 열화 요인이 된다. 백그라운드 노이즈 성분(46)을 네모난 점선으로 둘러싸인 부분으로 도시한다. 백그라운드 노이즈가 증가하면, 콘트라스트의 열화로 이어진다. 즉, 「이물·결함」 검출에 있어서, 백그라운드 노이즈 성분에 파묻혀, 검출이 어려워진다.

[0062] 실제로 검출되는 신호는, 전술한 크로스토크 성분과 백그라운드 노이즈 성분이 혼재하고, 결국 도 5a에 도시하는 바와 같은 신호가 된다. 도 5b는, 크로스토크 성분이나 백그라운드 성분이 거의 없는 경우를 도시한 것이다. 또한, 기하 광학적 산란의 경우는, 차폐 효과에 의해, 「이물·결함」의 강도 분포가 후술하는 도 8과 유사한 분포가 된다.

[0063] 본원발명의 도 3a~도 3e에 도시한 수광 소자(포토다이오드)와 광원을 1화소 단위로 일대일 대응시켜 조명하는 방식에 더하여, 크로스토크 성분을 더 적게 하는 방법에 관해 설명한다. 도 3a~도 3e에 도시한 바와 같이, 동시에 라인형으로 조명하는 방법에서는, 인접하는 포토다이오드에 인접하는 광원으로부터의 성분이 혼입된다. 이것을 회피하는 방법은, 동시에 점등하는 것이 아니라, 일대일 대응시킨 1쌍의 광원과 1화소 단위의 수광 소자(포토다이오드)만을 동작시키고, 다음으로 이웃하는 일대일 대응하는 1쌍의 광원과 1화소 단위의 수광 소자(포토다이오드)의 조합으로 이동하고, 그것을 종단까지 차례대로 반복하는 것이다. 즉, 주주사 방향의 임의의 위치에서의 광원으로부터의 광빔을 대응하는 1화소 단위의 수광 소자에서만 검출시킨다. 이러한 제어는, CPU를 포함하는 제어부(도시하지 않음)가, 각 광원 및 각 수광 소자의 ON/OFF를 개별적으로 전환하는 것에 의해 행할 수 있고, 이 때 제어부는 검출 수단으로서 기능한다. 보다 구체적으로는, 조명 광학계에서의 광빔의 주사와 동기하여, 복수의 수광 소자에서의 각 주사 위치에서의 광빔의 중심부 근방의 수광 소자에 관해서만 신호 출력한다. 이렇게 함으로써, 가령 광빔 직경이 크고, 하나의 광원으로부터 출사하고, 콜리메이터 렌즈에 의해 콜리메이트된 광빔이 「이물·결함」으로 산란되고, 그 산란광이 1화소 단위로 일대일 대응하는 수광 소자(포토다이오드)에 입사했을 때에 인접하는 화소, 혹은, 근린의 화소에 입사했다 하더라도, 인접 또는 근린 화소가 출력하지 않기 때문에, 일대일 대응하는 광원과 1화소 단위의 적어도 하나의 수광 소자(포토다이오드)에 대응한 「이물·결함」에 대한 순수한 신호만이 얻어진다. 이 때 전술한 크로스토크 성분은, 다른 화소로부터 출력하지 않기 때문에, 수광 렌즈 어레이에 입사한 콜리메이트된 광빔 성분이 수광될 뿐이며, 크로스토크는 매우 적다.

[0064] 이것을 도 7에 도시한다. 도 7은, 멀티빔 조명-멀티 주사 수광 방식을 도시한 모식도이다. 71은 입사광 빔의 광강도 분포이며, 72는 산란광이다. 73은, 수광 렌즈 어레이(74)를 통과한 광을 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(75)에 집광할 때의 광다발이다. 검사 대상물(76) 중의 「이물·결함」 Mr1 및 Mr2의 산란광의 투영 이미지가 Imf1, Imf2이다. 이 때의 결상 사이즈는, 전술한 바와 같이 「이물·결함」의 실물의 크기보다 커서, 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(75)의 배열 방향으로의 결상 사이즈는, 수차나 회절에 의해 커지고 흐려져 버린다. 그러나, 광빔이 입사하고 있는 개소가 한정되어 있고, 일대일 대응하는 화소 이외의 화소의 출력은 제한되어 있기 때문에, 입사광 빔에 대응한 화소(77) 이외의 화소로부터의 출력은 없다.

[0065] 또한, 크로스토크를 문제시하지 않는 위치에 있는 별도의 화소(77)에, 일대일 대응하는 입사광 빔은 동시에 조사되어도 좋다. 그 경우는, 도 7에 도시한 바와 같이, 동일한 타이밍에 동시에 다수개 조명할 수 있기 때문에, 주사 시간이 짧아진다는 메리트가 생긴다. 이 방식을 「멀티빔 조명-멀티 주사 수광 방식」으로 부르고, 앞서

설명한 「1빔 조명-1주사 수광 방식」과 구별한다.

[0066] 적어도 하나의 수광 소자로 이루어진 1화소 단위의 공간 분해능은, 검사 대상물의 검사면 상의 광빔의 공간 분해능 이상이다. 여기서, 광빔의 공간 분해능은, 검사 대상물의 검사면 상에서의 광빔의 빔 직경에 대응하고 있다. 즉, 적어도 하나의 수광 소자로 이루어진 1화소 단위에 있어서, 광빔의 빔 직경 이하에 근접하는 2점을 변별할 수 있는 능력을 갖고 있다. 바꿔 말하면, 광빔의 공간 분해능이 주주사 방향으로 배열된 적어도 하나의 수광 소자로 이루어진 화소 단위의 공간 분해능 이하이다.

[0067] 광빔의 주사 간격은, 주주사 방향으로 배열된 적어도 하나의 수광 소자로 이루어진 화소 단위의 공간 분해능 이하이어도 좋다. 바꿔 말하면, 적어도 하나의 수광 소자로 이루어진 화소 단위의 공간 분해능은 광빔의 주사 간격 이상이다. 즉, 적어도 하나의 수광 소자로 이루어진 1화소 단위에 있어서, 광빔의 주사 간격(광원의 간격)으로 근접하는 2점을 변별할 수 있는 능력을 갖고 있다.

[0068] 다음으로 검사 대상물 중의 「이물·결함」이 기하 광학적 산란 영역, 혹은, 불투과성인 경우에 관해 기재한다. 상기 「이물·결함」의 산란을 도 8에 도시한다. 도 8의 Cr(해칭한 부분)이 인접하는 화소(77)분의 조명 빔을 동작하고 있는 소자(중심)의 크로스토크 성분이다. 투과 성분은 이웃하는 조종형의 강도 분포의 산보다 낮은 강도 분포이다. 중심의 화소의 출력이 낮고, 인접하는 화소의 출력이 높기 때문에, 「이물·결함」 (Mr)이 존재하는 것을 검출할 수 있다.

[0069] 이상과 같이, 검사 대상물 중의 「이물·결함」이 Mie 산란 영역인지, 기하 광학적 산란 영역인지, 또는, 투과성인지 불투과성인지, 나아가, 표면성이나 유전율 등에 따라 신호의 형태가 변하는 것이지만, 검출한 신호의 고저에 의해 「이물·결함」을 검지할 수 있고, 또한, 이물에 의한 신호의 강약과 신호 파형을 미리 룩업 테이블로 하여 레퍼런스 데이터로 해 두면, 그 레퍼런스 데이터와 대조하는 것에 의해, 「이물·결함」의 종류의 변별이 가능해진다.

[0070] 지금까지, 검사 대상물이, 광산란 투과 매질에 한정하여 설명했지만, 본원발명은 반사 매질에도 응용 가능하다. 도 9a에 예를 도시한다. 또, 도 9a 및 후술하는 도 9b에서는, 설명의 간략화를 위해 도광 수단(32)의 일부를 생략하고 있다. 도 9a는, 반사형의 실시양태를 도시한 모식도이며, 측정계의 긴 방향에 대하여 그 단면을 도시한 것이다. 91은 전자 기판, 지엽류, 필름 등의 검사 대상물이다. LED나 LD 등의 광원(92)으로부터 출사한 광은, 굴절률 분포형 렌즈, 볼 렌즈 등의 콜리메이트 렌즈(94)로 콜리메이트되어, 검사 대상물(91) 상에 조사된다. 수광 광학계는, 굴절률 분포 렌즈로 대표되는 렌즈를 어레이형으로 하고, 또한, 입사광 빔과 반사광이 끼인각이 되도록 배치해 둔다. 수광 렌즈 어레이(95)의 수광 소자측의 초점 위치에는 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(96)를 배치한다.

[0071] 검사에 있어서는, 미리, 레퍼런스가 되는 검사 대상물(91)의 정보를 취득해 두고, 다음으로 제품의 검사를 실시한다. 레퍼런스가 되는 검사 대상물(91)의 정보는 메모리에 미리 기억되어 있다. 공정에서 진행되는 제품의 검사를 실시했을 때에, 미리 기억한 레퍼런스 정보와 대조한다(베리파이의 실시). 또한, 검사 대상물(91)에 「이물·결함」이 부착·혼입 혹은 존재한 경우를 별표(98)로 도시한다. 검사 대상물(91) 상에 「이물·결함」이 있으면, 레퍼런스 데이터와 상이한 데이터가 취득되고, 취득 데이터와의 차분이 구해지고, 검사 대상물(91) 상에 「이물·결함」이 존재한다고 판단되어 공정으로부터 제거된다. 또한, 도 9a의 90Mf에, 소자(97)가 결락된 경우에 관해 점선으로 도시한다. 점선의 소자가 결락되어 있으면, 상기와 마찬가지로 레퍼런스 데이터와 상이한 데이터가 취득되기 때문에 그 차분으로부터, 소자가 결락되었다고 판단되어, 공정으로부터 제거된다. 또한 전자 기판 상 혹은 내부의 미세한 배선이 단선된 경우에도 마찬가지로 「이물·결함」으로서 검출된다.

[0072] 또한, 전자 기판에 돌기물이 있고, 「이물·결함」이 상기 돌기물의 그림자에 가려진 경우에도, 입사광 빔을 양측으로부터 대칭 각도로 조사하는 것에 의해, 또한, 수광 광학계를 대칭으로 끼인각에 배치하는 것에 의해, 검출 가능하다. 또한, 도 9a에서는 기판에 대하여, 입사광 빔을 사입사시킨 경우를 도시하고 있지만, 도 9b와 같이 수직 입사시켜, 기판에 대하여 비스듬히 수광해도 좋다. 반사형에 있어서는, 정반사광을 수광하지 않도록 N.A.를 고려한 수광각에 배치한다. 요컨대, 검사 대상물에 따라서 측정계의 배치를 바꾸면 된다.

[0073] 검사 대상물이 인쇄물이나 기능성 필름 등인 경우도 본원발명의 수법이 유효하다. 즉, 투과형 필름에 있어서는, 손상 유무 등의 검사, 지엽류 등의 불투명 인쇄물은, 반사형을 이용하고, 손상은 물론, 인쇄 불량 등의 검사에 유효하다. 더구나, 반송계의 상하 이동이 있는 장소에 있어서도, 본원발명에서는 피사계 심도가 깊기 때문에, 사용 가능하고, 적용 범위가 넓어진다.

[0074] 또한, 광산란 투과형 매질에 있어서, 특히 투과율이 낮은 매질에 있어서는, 상기 광빔을 좁히는 편이 좋은 경우

가 있다. 이 경우는, 수광 소자의 수광 입체각을 고려하여, 광빔을 좁히는 각을 결정한다. 또한, 광산란 투과 매질의 투과율이 높은 경우나 반사 매질의 반사율이 높은 경우는, 어느 정도 광빔을 넓히는 편이 수광 소자의 수광 입체각의 수광하는 광이 백그라운드 노이즈가 되는 것을 적게 하는 효과도 있다. 그 때문에, 검사 대상물의 투과율이나 반사율에 따라서, 광빔을 콜리메이트하는 방법이나 광빔을 좁히거나 넓히는 등의 노력을 하는 것에 의해, 신호의 S/N이 한층 더 향상된다. 또, 「광빔을 좁히거나 넓힌다」란, 콜리메이트한 평행광다발을 더 좁히거나 넓히는 것을 의미한다. 상기는 구체적인 설명은 생략하지만, 간단하게는, 광산란 투과성 매질의 경우는, 심도 방향으로 수광 입체각이 거의 변화하지 않는 경우를 상정하면, 콜리메이트된 평행광 빔이 직접적으로 수광 소자에 입사하는 것을 억제하는 것이 가능하고, 반사 매질이 검사 대상물인 경우는, 검사 대상물의 검사면 상에서 광빔이 넓어진 편이, 수광 입체각에서의 직접 조명 빔의 입사 강도를 낮출 수 있어, 수광 소자가 수광한 광에 기초하는 신호의 S/N이 향상된다. 또, 검사 대상물의 검사면이란, 검사 대상물에서의 광빔이 입사하는 면이며, 1개에 한정되지 않고, 복수의 검사면에 대하여 광빔이 입사하는 구성이어도 좋다.

[0075] 현재, LED는, LED 프린터로 대표되는 바와 같이 고밀도화가 진행되고 있고, 1200 dpi가 이미 달성되어 있다. 이 LED 어레이를 이용하면 고해상도를 실현할 수 있다. 즉, LED 어레이로부터 출사한 출사광을 콜리메이트하고, 상기 콜리메이트한 광빔을 도 3a의 광원으로 바꿔 이용하면 된다. 굴절률 분포 렌즈 어레이는, LED 프린터의 경우, 굴절률 분포형 렌즈의 등배 결상계이지만, 본원발명에서 이용하는 굴절률 분포형 렌즈는 무한원(無限遠)에 초점을 갖는 것을 이용한다. 장래적으로 LD가 고밀도로 배열 가능해지면, 고출력의 LD 어레이를 이용하는 것이 보다 바람직하다. 혹은, VCSEL(수직면 발광 반도체 레이저)로 대표되는 반도체 레이저를 평면 상에 배열한 라인형 광원이나 에어리어형으로 배열한 것이어도 좋다. 라인형 광원은, 복수 라인 배열하고, 복수의 파장에 의한 검사에 의해 검사 정밀도를 더욱 향상시키는 것을 도모할 수도 있다.

[0076] 상기 방식에 관해, 도 3a～도 3e에서 다시 설명한다. 31은, 광원인 LED 또는 LD 어레이이다. 32a는 콜리메이터 렌즈 어레이이다. 34는 검사 대상물, 35는 검사 대상물 중의 「이물·결함」이다. 37은, 수광 렌즈 어레이이다. 38은, 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)이다. 또한, 30은, 광원(31)으로부터 출사한 광빔이며, 33은, 콜리메이터 렌즈(32)로부터 출사한 광빔이다. 상기 광빔(33)은, 검사 대상물(34)에 입사하고, 계속해서 「이물·결함」(35)에 입사한다. 「이물·결함」(35)에 입사한 광빔(33)은 「이물·결함」(35)에 의해 산란되고, 산란광(36)이 되어, 수광 렌즈 어레이(37)에 입사하고, 계속해서 수광 소자 어레이(38)에 입사한다.

[0077] 다음으로, 콜리메이트된 광빔이 수광 렌즈 어레이(42)에 입사하고, 출사 후에 확산되어, 수광 소자(PD1, PD2) 상에서 백그라운드 노이즈가 되는 것을 나타낸 모식도인 도 4b를 이용하여, 도 4b에서 도시한 백그라운드의 노이즈의 더욱 우수한 제거 방법에 관해 설명한다.

[0078] 도 4b의 수광 광학계에서는, 백그라운드 노이즈는 완전히 제거할 수는 없고, 어느 정도 억제할 수 있을 뿐이며, 더욱 제거하여, 필요로 되는 순수한 신호 성분만으로 하기 위해서는, 별도의 노력이 필요하다. 그 노력에 관해 이하에 기재한다. 다안 렌즈의 최대의 결점은, 다안 렌즈라는 이유로 인접하는 다안 렌즈로부터의 크로스토크 성분은 상당히 확산되고, 백그라운드의 노이즈 성분이 수광 소자 어레이(포토다이오드 어레이)(43)의 소자면 상에서 확산되는 것이다. 광다발을 확산하기 위해 감쇠하기 때문에, 크로스토크 성분은 작아진다. 그러나, 아직 개선의 여지는 남겨져 있고, 백그라운드 노이즈를 더욱 작게 함으로써, S/N을 더욱 향상시킬 수 있다. 도 10에 이 방식의 모식도를 도시한다. 도 10은, 수광계의 다안 렌즈 하나하나에 대응한 어퍼처(어레이)를 부여한 방식이다.

[0079] 도 10의 101은, 수광계의 다안 렌즈 하나하나에 대응한 어퍼처를 광축 방향에서 본 것이다. 102는, 어퍼처의 단면을 가상적으로 나타낸다. 동시에 각 어퍼처(101)는, 각 광원, 콜리메이터 렌즈(경우에 따라서는, 빔 웨이스트를 형성하는 수속 렌즈도 포함), 수광 렌즈, 수광 소자의 광축 상에 위치하고 수광 렌즈의 N.A.에 거의 일치하거나, 그것보다 작다. 혹은, 한번 수광 렌즈의 결상면에 어퍼처를 배치하고, 그 확산된 광을 일대일 대응시켜 수광해도 좋다. 이 경우는, 일대일 대응을 미리 보정해 두고, 일대일 대응하는 1화소 단위로부터의 신호만 출력하도록 하면 된다.

[0080] 도 11은, 콜리메이트된 인접한 광빔이 오버랩된 경우를 나타내는 모식도이다. 도 11에 도시하는 바와 같이, 콜리메이션된 광빔은, 수광계의 다안 렌즈의 유효 직경보다 커도 좋다. 크게 함으로써, 검사 대상물 중의 이물·결함을 놓치지 않고 검지할 수 있게 된다. 103이 콜리메이트된 광빔이 중합되는 부분이며, 104가 오버랩되지 않는 부분이다. 「이물·결함」(105)이, 인접한 콜리메이트된 광빔이 오버랩된 상기 광빔에 조사되고, 「이물·결함」(106)이 오버랩되지 않은 광빔에 조사된다. 그 결과, 모든 위치에 있는 「이물·결함」을 검출할 수 있다.

[0081] 본원발명의 실시양태의 일례를 상기 도 3a～도 3e를 이용하여 상세히 설명한다. 광원(31)은 어레이화나 매트릭

스화가 용이하고, 파워가 큰 VCSEL(Vertical Cavity Surface Emitting Laser : 수직 공진기 면발광 레이저)가 바람직하다. 혹은, LED 프린터에서 이용되는 LED 어레이여도 좋다. 상기 VCSEL을 라인형으로 세밀 배열하고, 광원(31)의 피치를 결정한다. 예컨대 600 dpi, 1200 dpi에 맞춘다. 그러나, 화상으로서 처리하는 경우 이외에 이용할 때에는 이것에 한정되지 않는다. 다음으로 VCSEL 어레이를 굴절률 분포형 렌즈 어레이에 평행하게 배치한다. 굴절률 분포형 렌즈 어레이는 콜리메이터로서 이용하기 때문에, 1/4 피치 근방의 피치를 이용한다. 혹은, 3/4 피치 근방이어도 좋다. 즉, 콜리메이트된 광빔으로서 출사할 수 있도록 피치를 결정하면 된다. 또한, 굴절률 분포형 렌즈 이외에는, 구면 렌즈를 미세하게 한 마이크로 렌즈 어레이여도 좋다. 이 경우는, 광원(31)의 광축에 맞춰 마이크로 렌즈를 배열한다. 콜리메이트된 광빔으로 한 경우는, 빔 웨이스트가 VCSEL의 출사면 상에 빔 웨이스트가 있는 것으로 하고, 상기 빔 웨이스트와 콜리메이터 렌즈(32d)의 초점이 일치하도록 콜리메이트한다.

[0082] 본원발명에서는, 광산란 투과 매질에 적합한 파장의 레이저를 이용하고, 특히 식품 관련에서는, 수분에 의한 흡수를 고려하여, λ=800 nm~900 nm 부근의 파장을 이용한다. 식품에도 상기 파장 대역에서는 투과율이 낮은 매질(카카오로 대표되는 과자류)도 있고, 이 경우는, λ=1500 nm 근방의 광통신에 사용되는 파장을 이용하는 경우도 있다. H_2O, CO_2, O_2 등의 물질이 많이 포함되는 재료도 투과율이 높은 파장 영역이 존재하기 때문에, 필요에 따라서 파장을 선택하여 검사 대상물을 조명하면 된다. 또한, 파장을 선택했을 때에는, 선택한 파장에 감도 영역을 갖는 수광 소자를 이용한다. 식품 이외의 롤지나 롤 필름, 지엽류, 수지 필름, 금속 필름 등에 있어서는, 가시영역의 파장을 이용해도 좋다.

[0083] 본 실시예에 있어서는, 근적외 영역의 λ=830 nm을 이용했다. 이 파장에 있어서, 광산란 투과성 매질의 두께를 10 mm로 하고, 광산란 투과율 매질의 중앙부에 빔 웨이스트를 두고 ±5 mm의 거리에서 5% 정도의 빔 직경의 변화로 억제하면 바람직하다. 예컨대, VCSEL의 출사구의 사이즈를 10 μm 직경으로 하면, 식 1에 의해, 콜리메이트후의 빔 직경 d는, SELFOC 렌즈 어레이의 초점 거리를 f로 하고, f=2 mm로 하면, d=210 μm이 된다.

[0084] $$W0=\{4\cdot f\cdot \lambda/(\pi\cdot d)\}/2 \quad \cdots \quad (식\ 1)$$

[0085] 여기서,

[0086] f : 렌즈의 초점 거리

[0087] λ : 레이저 빔의 파장

[0088] d : 빔 직경

[0089] 이다.

[0090] 또한, 광산란 투과 매질의 중앙부에 초점을 맞추는 방법이어도 좋다. 즉, 광산란 투과 매질 중에 있어서 대략 평행 빔이 되도록 빔 웨이스트 길이를 조정하면 된다. 그 경우는, kogelnik의 식 2를 이용하여, 빔 웨이스트 위치의 빔 직경을 구한다. 단, 광산란 투과 매질에 있어서는 공기중(진공중)에서의 굴절률이 다르기 때문에, 빔 웨이스트 위치가 이동하는 것도 고려하여 빔 웨이스트 위치를 결정할 필요가 있고, 상세한 것은 후술한다. 레이저 빔의 전파를 나타내는 Kogelnik의 식 2를 빔의 허용 반경의 범위를 결정할 때 이용한다.

[0091] $$W^2(z)=W0^2[1+\{\lambda\cdot z/(\pi\cdot W0^2)\}^2] \quad \cdots \quad (식\ 2)$$

[0092] 여기서,

[0093] W(z) : 임의의 광축 방향의 위치에서의 빔 반경

[0094] W0 : 빔 웨이스트 반경

[0095] 이다.

[0096] 빔 웨이스트반경 W0는, 식 1에 의해 구하고 있기 때문에, 예컨대 5%의 오차의 빔 직경의 범위를 식 2에 의해 결정할 수 있다. 식 2의 결과는, 217 μm이며 허용 범위로 할 수 있다.

[0097] 공기중(진공중)의 빔 웨이스트 위치가 식 1에 의해 결정되지만, 광산란 투과 매질에 있어서는, 굴절률이 공기중(진공중)보다 커지기 때문에, 실제의 빔 웨이스트 위치는 광원측으로부터 멀어진다. 그리고 수속 각도가 작아진 만큼, 빔 웨이스트 직경도 변화한다. 빔 웨이스트의 이동 거리 Δf는 식 3으로 나타낼 수 있다. 즉 입사 단면에 레이저 빔이 입사할 때의 집광 렌즈의 초점 거리와 콜리메이션 빔의 빔 직경으로 결정할 수 있다. 회절 한계 근

방의 빔을 고려할 필요가 없는 거리이기 때문에, Θ'는 근사적으로 기하 광학을 적용하여, Snell`Law로 구해 둔다.

[0098] $\Delta f=\tan\Theta'/di$ ··· (식 3)

[0099] 여기서,

[0100] Θ : 입사각의 최대치

[0101] Θ' : 굴절각의 최대치

[0102] di : 광산란 투과 매질에 입사하는 입사 단부면에서의 빔 반경

[0103] 이다.

[0104] 광산란 투과 매질에 있어서 Kogelnik의 식을 적용할 수 없게 되므로, 빔 웨이스트 직경은 새롭게 구할 필요가 있다. 그것에는, 빔 웨이스트 근방의 수속각을 이용할 필요는 없기 때문에, 기하 광학 근사의 Snell`Law로 구한 굴절각을 이용한다. 빔의 발산각 Φ은, 회절 한계를 나타내는 식 4로 나타낼 수 있다.

[0105] $\Phi=2\lambda/(\pi\cdot dms)$ ··· (식 4)

[0106] 여기서,

[0107] λ' : 광산란 투과성 매질 중의 파장

[0108] dms : 광산란 투과성 매질 중의 빔 웨이스트 직경

[0109] $\lambda'=N\cdot\lambda$(λ : 공기중(진공중)의 굴절률)

[0110] 이다.

[0111] 이상으로부터, 광산란 투과성 매질 중의 빔 웨이스트 직경 dms는, 초점 거리가 W.D.와 거의 같을수록 장초점이며, 작은 N.A.(Numerical Aperture)인 f=50 mm의 집광 렌즈로 하고, 상기 집광 렌즈를 콜리메이터 렌즈의 뒤쪽이자 광산란 투과성 매질의 광원측에 배치한 경우, 집광 렌즈에의 입사빔 직경을 210 μm로 하면, 광산란 투과성 매질이 없는 경우의 빔 웨이스트 직경 2W0은 252 μm이 된다. 그리고, 상기 초점 거리의 렌즈를 이용했을 때의 광산란 투과 매질 중의 초점 이동 거리는 21 mm인 것을 알 수 있다. 따라서, 중앙부에 빔 웨이스트 위치를 배치하는 경우는, 조명 광학계를 광산란 투과 매질로부터 16 mm 낮추면 된다. 또한, 그 때, 빔 직경 dms는 식 4로부터 377 μm이 된다. 이상으로부터, 검사 대상물의 두께와 굴절률에 따라서 광학계의 위치를 결정하면 된다. 또한, 그와 같이 광학계를 광축 방향으로 이동시킬 수 있는 구조로 해도 좋다.

[0112] 도 12a에 본원발명의 실시예의 엣지법의 실험의 모식도를 도시하고, 도 14a~도 14d에 실측 결과를 도시한다. 도 12b에 종래 기술의 엣지법의 실험의 모식도를 도시하고, 도 15a~도 15d에 종래 기술에 의한 실측 결과를 도시한다. 또, 도 12a 및 도 12b에서는, 설명의 간략화를 위해 도광 수단(32)의 일부를 생략한다. 도 12a 및 도 12b에 있어서, 34a는 확산판이다. 도 14a는 확산판 2장의 경우, 도 14b는 확산판 3장의 경우, 도 14c는 확산판 4장의 경우, 도 14d는 확산판 5장의 경우를 각각 나타내고 있다(규격치). 도 15a는 확산판 2장의 경우, 도 15b는 확산판 3장의 경우, 도 15c는 확산판 4장의 경우, 도 15d는 확산판 5장의 경우를 각각 나타내고 있다(규격치). 이 실측 결과는, 「이물·결함」 대신에, 본원발명의 성능을 검증하기 위해, 측정 대상에 엣지를 이용하여, 그 엣지 신호의 상승 특성을 보았다. 또한, 광산란 투과 매질은, 확산판 쿠라레 코모글라스 432L(두께 : t=2 mm, 전광선 투과율 : 61%, 헤이즈 : 95%)로 하고, 두께 차이를 확인·검증하기 위해, 매수를 2장, 3장, 4장, 5장으로 하고, 최대 두께를 10 mm로 했다. 도 14a의 (1), 도 14b의 (1), 도 14c의 (1), 도 14d의 (1)에 각 매수의 확산판의 결과를, 비교예로서 도 15a의 (1), 도 15b의 (1), 도 15c의 (1), 도 15d의 (1)에 종래 방식의 엣지 신호의 상승 특성을 도시한다. 광원은, LD(파나소닉 LNCT28PS01WW)를 콜리메이트한 광빔을 이용했다. 검사 대상물 중에서의 반도체 레이저의 빔 프로파일을 도 13에 도시한다. 어레이로 간주하므로, 1개의 LD를 화소 피치마다 이동시켜, 차례대로 일대일 대응하는 화소의 신호를 얻었다.

[0113] 도 14a의 (1), 도 14b의 (1), 도 14c의 (1), 도 14d의 (1)은, 본원발명의 실시예의 일례에 있어서, 상기 엣지 응답(상대 강도)을 도시하는 그래프이다. 화소 치수는, 주주사 방향으로 약 62 μm이다. 또한, 도 14a의 (2), 도 14b의 (2), 도 14c의 (2), 도 14d의 (2)는, 인접 화소로부터의 출력의 차분(상대 강도)을 취한 것이다. 도 14a의 (2), 도 14b의 (2), 도 14c의 (2), 도 14d의 (2)로부터 명확한 바와 같이, 이접 화소간의 차가 명확하게 존재하고, 그 상대 강도의 차는 피크치의 10%이므로 1화소마다(400 dpi 상당)의 변별이 가능한 것을 알 수

있다. 소자의 치수를 더욱 작게 하여, 화소 치수, 피치를 작게, 좁게 하면, 600 dpi나 1200 dpi, 나아가, 그 이상의 해상도를 실현할 수 있다. 수광 소자의 사이즈(화소 치수)는, 200 dpi 이상을 만족시키도록 설정되는 것이 바람직하다.

[0114] 도 15a~도 15d에 종래 기술에 의한 엣지 응답(상대 강도)을 비교예로서 도시한다. 본원발명과 종래 기술에서는 명확한 차가 있고, 종래 기술에서는, 어느 확산판에 있어서도 화소 분해능이 없고, 차분을 나타내는 그래프는 이미 백그라운드 노이즈(랜덤 노이즈)에 파묻혀 있어 이물 검출이 불가능하다는 것을 알 수 있다. 그것에 대하여, 본원발명은 어느 확산판의 두께에 있어서도 이물 검출이 가능하다는 것을 알 수 있다.

[0115] 다음으로, 시뮬레이션 모델에 의해, 광축 방향의 두께(t=30 ㎜)의 광산란 투과성 매질 중에 「이물·결함」이 존재했을 때의 수광 센서의 응답을 구한 결과를 나타낸다. 모델의 모식도를 도 16에 도시한다. 또, 도 16에서는, 설명의 간략화를 위해 도광 수단(32)의 일부를 생략한다. 검사 대상물로서 PMMA를 선택하고, 광산란 입자로서 2 ㎛ 입경의 실리콘 진구 입자로 했다. 농도는 0.04 wt%~0.20 wt%까지 변화시켰다. 광원은, 콜리메이트하고, 수광 소자(주주사 방향 사이즈 : 62 ㎛)보다 큰 단면 사이즈인 150 ㎛로 했다. 도 17a~도 17f는 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프이고, 도 17a~도 17f는 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프이다. 이물은, 100 ㎛ 직경의 구로 하고, 투과율 0%의 계면을 갖는 흡수체로 했다. 또한, 이물 입자는 검사 대상물의 중앙에 위치하고 있다. 이물 입자는, 검사 대상물의 중앙에 위치하고 있다. 도 17a는 산란 입자 농도가 0.00 wt%인 경우, 도 17b는 산란 입자 농도가 0.04 wt%인 경우, 도 17c는 산란 입자 농도가 0.08 wt%인 경우, 도 17d는 산란 입자 농도가 0.12 wt%인 경우, 도 17e는 산란 입자 농도가 0.16 wt%인 경우를 각각 도시하고 있고, 도 17f는 각 농도에서의 출력 비교를 나타내고 있다.

[0116] 또한, 도 18a~도 18f, 도 19a~도 19f에 검사 대상물의 중심으로부터 ±14.5 ㎜ 떨어진 위치에 있는 이물 입자의 시뮬레이션 결과인 그래프를 도시한다. 즉, 이물 입자가 검사 대상물의 단부로부터 0.5 ㎜의 깊이에 위치하고 있다. 도 18a~도 18f는, 검사 대상물의 광원측 단부에 이물 입자가 위치하는 경우를 도시하고 있고, 도 19a~도 19f는, 검사 대상물의 수광 소자측 단부에 이물 입자가 위치하는 경우를 도시하고 있다. 이 시뮬레이션 결과에 의하면, 양자 모두 광산란 투과성 매질의 중심부에 있는 이물 입자의 경우와 충분히 닮은 응답이며, 본원발명의 효과를 잘 나타내고 있고, 두께가 있는 광산란 투과성 매질 중의 「이물·결함」 검출에 대한 적정이 매우 우수하다는 것을 알 수 있다.

[0117] 이상과 같이 본원발명이 종래 기술에 대하여, 광확산 투과성 매질 중의 「이물·결함」에 대하여 그 검출 정밀도가 우수하다는 것을 알 수 있다. 또한, 본원발명의 방식은, 반사 매질의 「이물·결함」의 검출에도 적용 가능하다. 또한, 광산란 투과성 매질로부터의 수광 신호에 기초하여, 화상을 생성하고, 검출 신호의 고저로 제거된 불량품의 해석을 더 진행시키는 것도 가능해진다. 이 경우는 온라인이 아니라, 오프라인 검사를 주로 실시하는 것을 상정하고 있지만, 신호 처리 속도를 향상시키는 것에 의해, 온라인에서의 해석도 자동적으로 행하는 것도 가능하다. 이와 같이 종래 기술에서는 적용이 불가능했던 검사가 가능해져, 한층 더 검사의 질이 향상되고, 나아가서는 검사 대상물인 제품의 품질의 향상이 실현 가능해진다.

[0118] <작용 효과>

[0119] 이상과 같이, 충분히 작은 직경의 콜리메이트된 평행광 빔을 이용하거나, 혹은, 광산란 투과성의 검사 대상물 중에 있어서 대략 평행광 빔이 되도록 빔 웨이스트를 조정하여 이용하는 것에 의해, 나아가, 검사 대상물에 따라서, 광빔을 좁히는 각도나 넓히는 각도를 조정하는 것에 의해 광산란(확산)에 의한 광의 확산이 겹치는 것을 억제할 수 있는 것 외에, 각 조사 위치에 광원과 일대일 대응하는 1화소 단위의 수광 소자에서, 상기 광빔의 광축 근방의 신호만을 수광하도록 화소로부터의 출력 신호를 선택하는 것에 의해, 화소간의 크로스토크를 억제할 수 있고, 또한, 산란광(확산광)이나 직접 입사광 등에 의한 백그라운드의 노이즈의 원인이 되는 광과 「이물·결함」에 유래하는 광량 변화를 분리하여 검출하도록 할 수 있기 때문에, 검사 대상물에서의 「이물·결함」 대상을 선명화할 수 있고, 정확한 검사가 가능해진다. 또한, 도광 수단에 의해 고분해능의 검출이 가능해진다. 또한, 한번 축소한 빔 간격을 확대하는 수광계를 구비하는 경우에는, 검사 대상물 중의 「이물·결함」에 대한 분해능을 유지하면서, 수광 소자의 간격을 통일 가능하기 때문에, 비용 절감 효과나 수광 소자의 사이즈를 크게 할 수 있는 것에 의한 S/N의 향상도 가능해진다.

부호의 설명

[0120] 10 : 라인형 조명 광원　　11 : 렌즈 어레이

12 : 수광부

31 : 광원

32 : 도광 수단

32a : 콜리메이터 렌즈 어레이

32b : 광파이버 어레이

32c : 렌즈 어레이

32d : 콜리메이터 렌즈

32e : 광파이버

32f : 렌즈

32g, 32h, 32i, 32k : 조합 렌즈

33 : 광빔

34 : 검사 대상물

36 : 산란광

37 : 수광 렌즈 어레이

38 : 수광 소자 어레이

39 : 초점 위치

42 : 수광 렌즈 어레이

45 : 광빔

74 : 수광 렌즈 어레이

76 : 검사 대상물

77 : 화소

91 : 검사 대상물

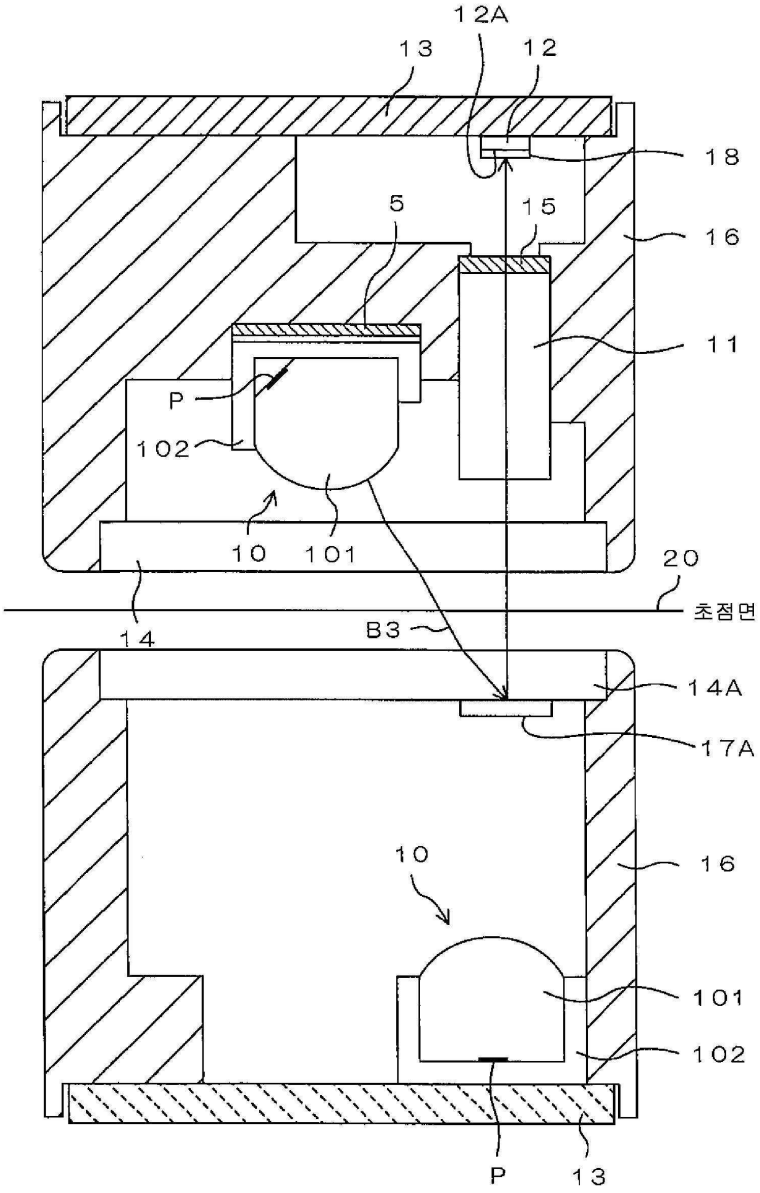
92 : 광원

94 : 콜리메이트 렌즈

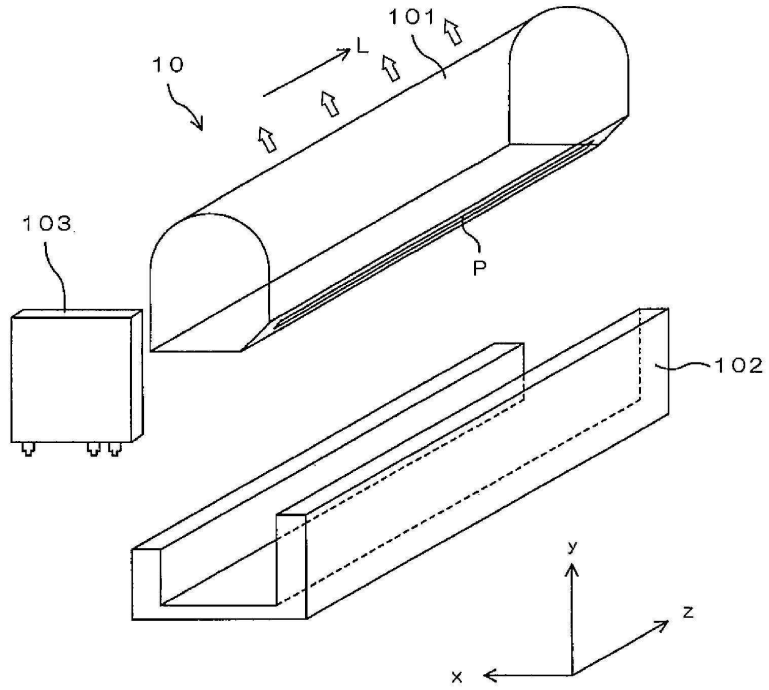
95 : 수광 렌즈 어레이

도면

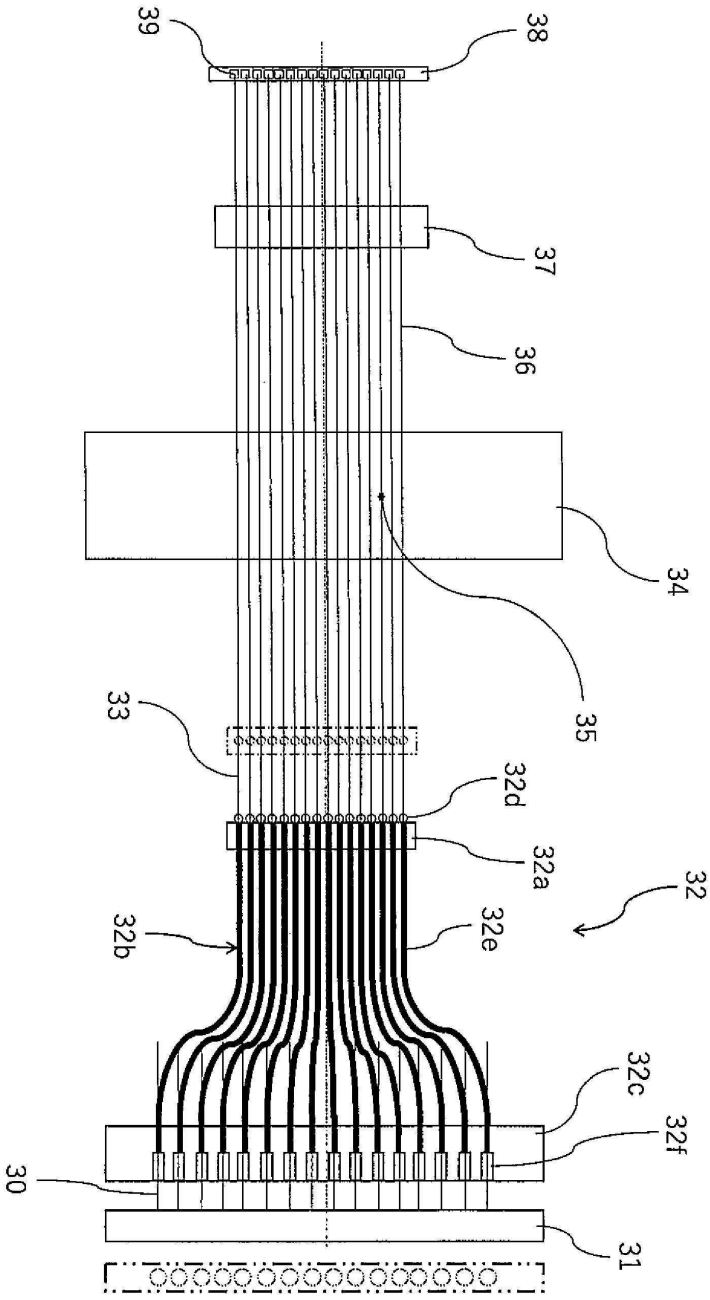
도면1


12A
13
12
18
5
15
16
11
P
102
10
101
20
초점면
14
B3
14A
17A
16
10
101
102
P
13

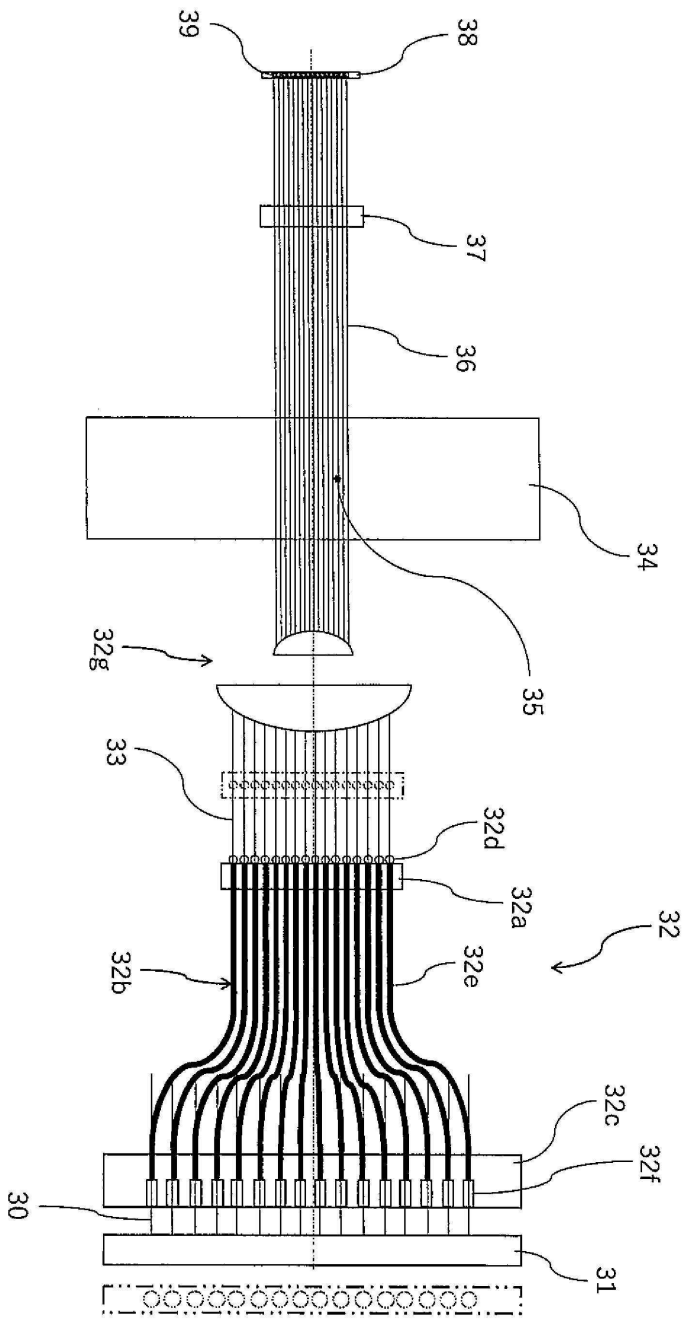
도면2



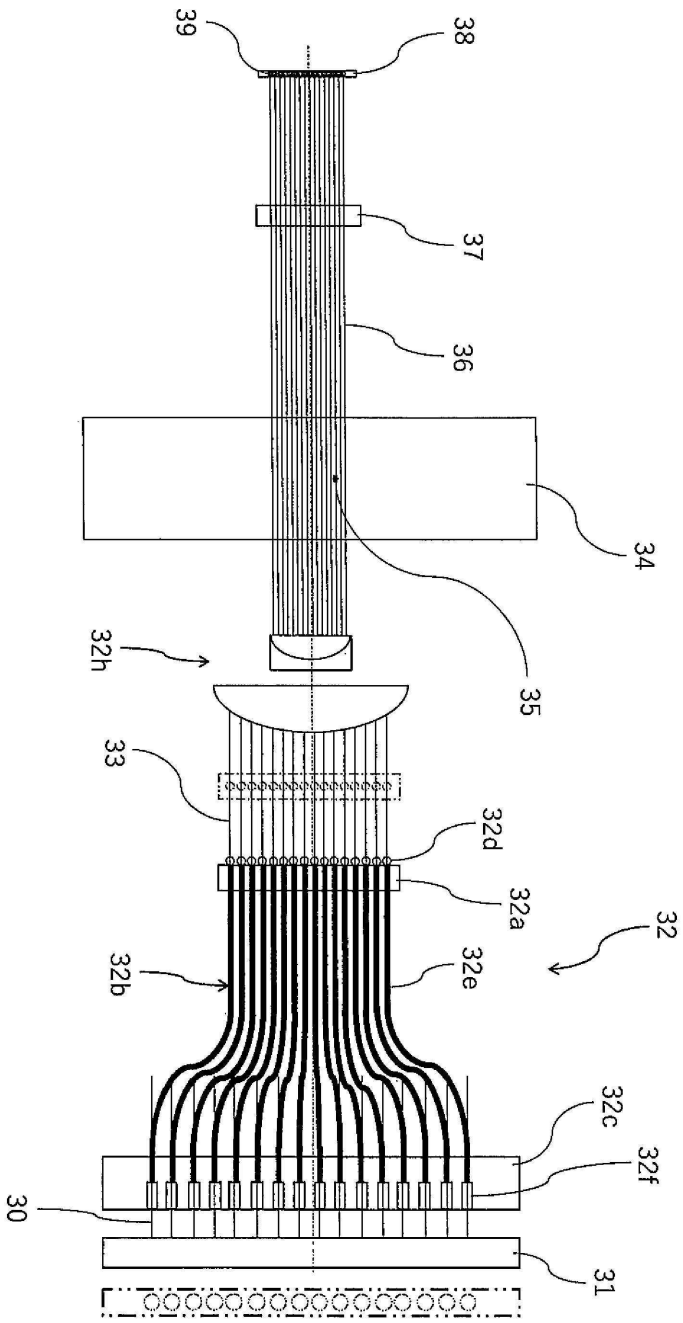
도면3a



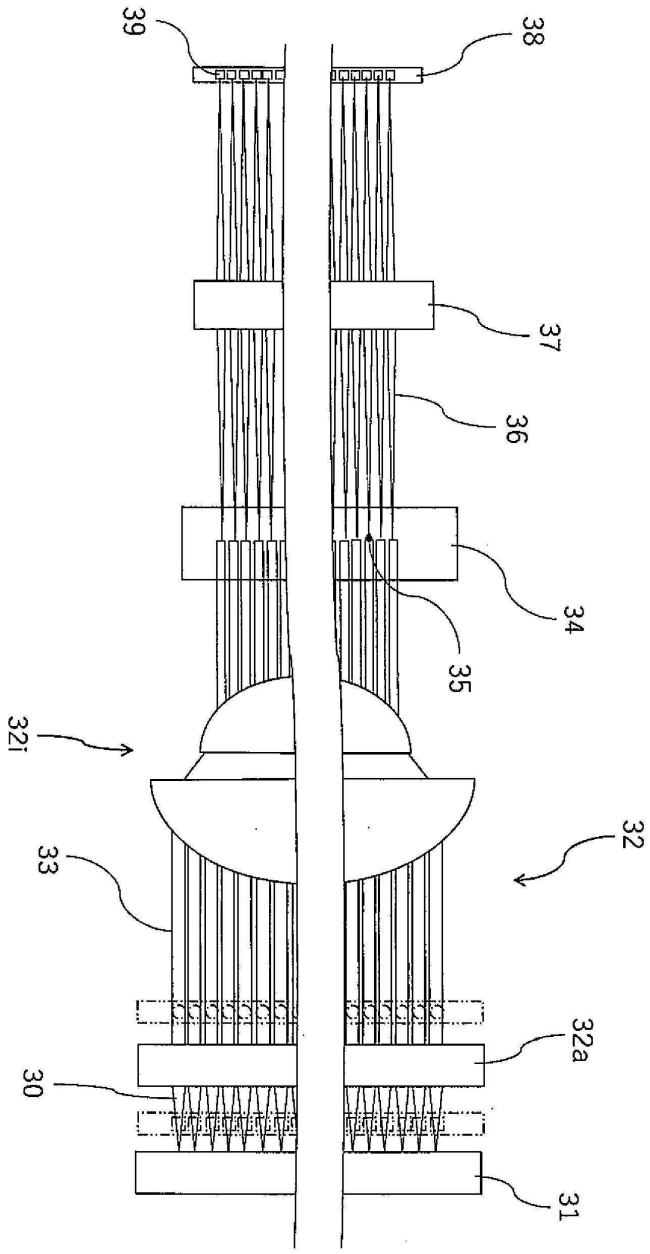
도면3b



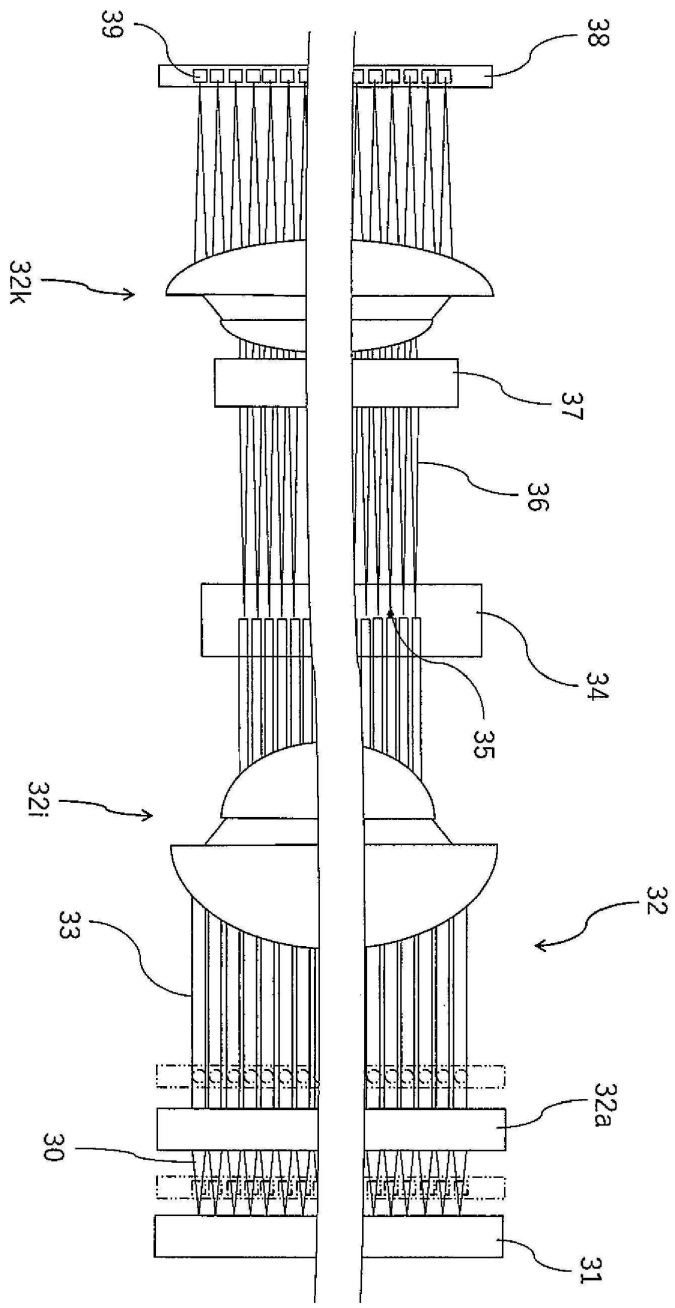
도면3c



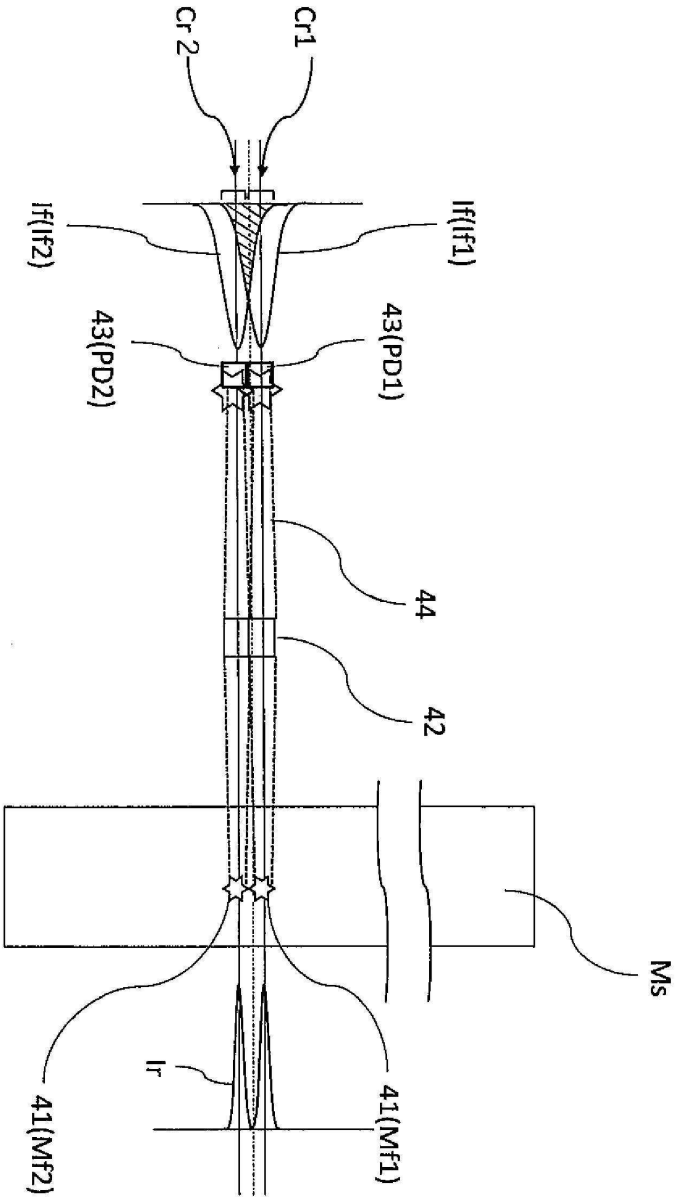
도면3d



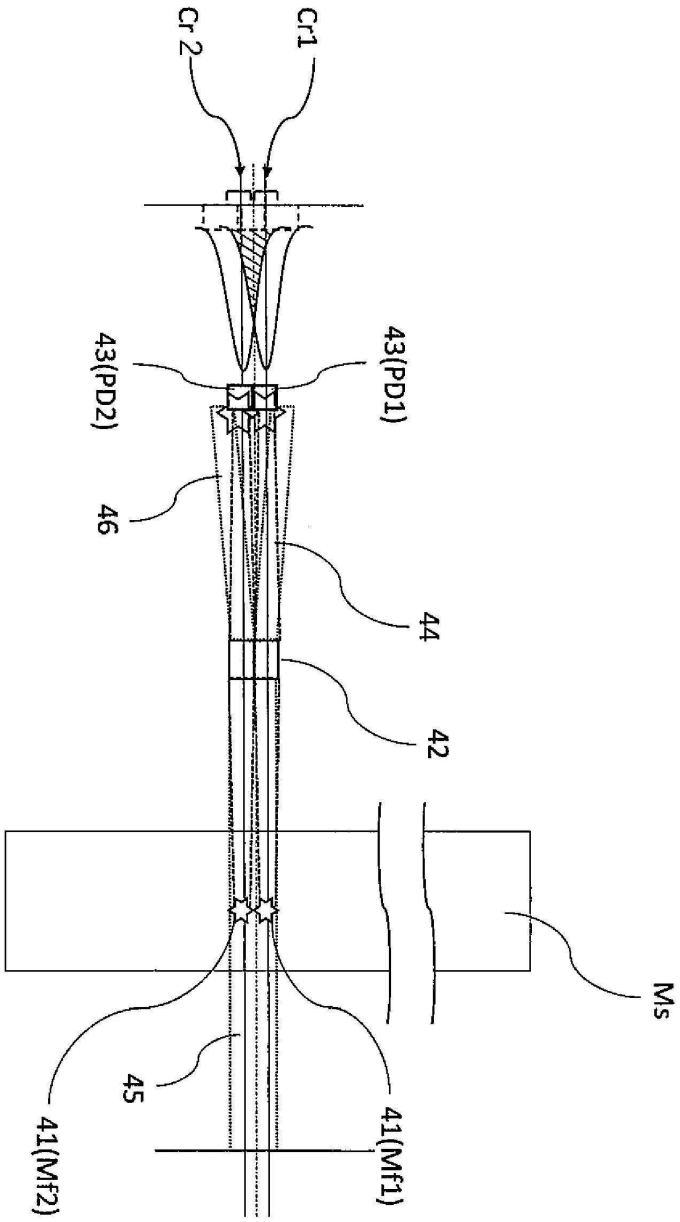
도면3e



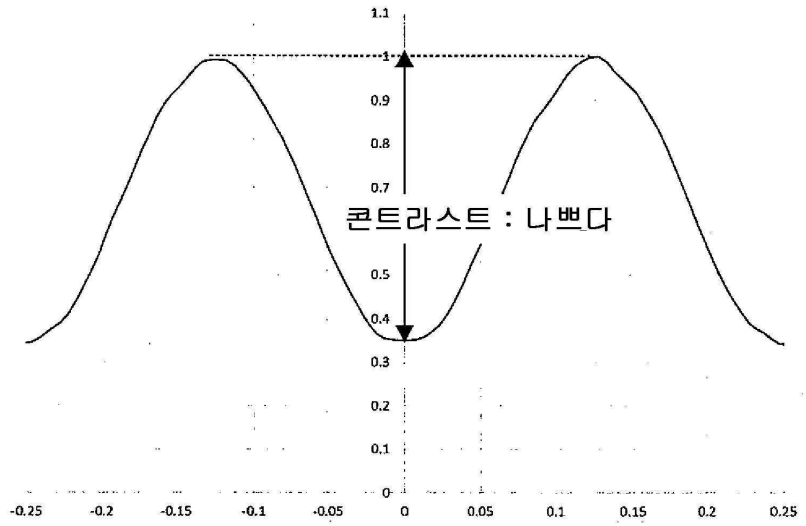
도면4a



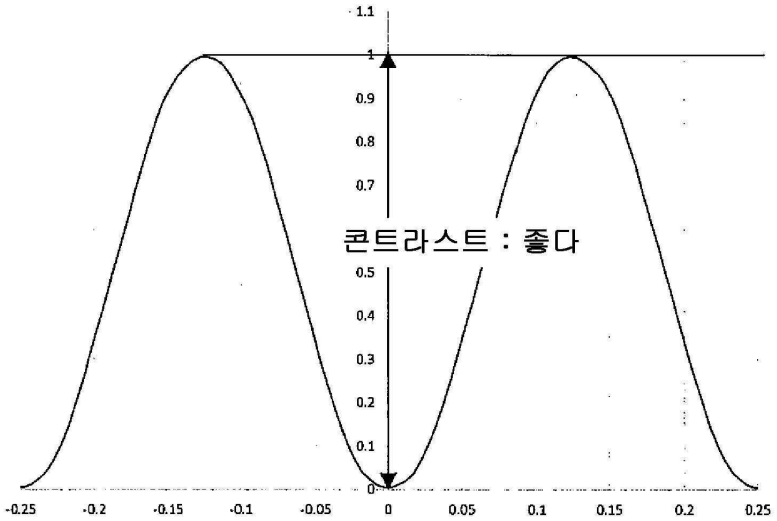
도면4b



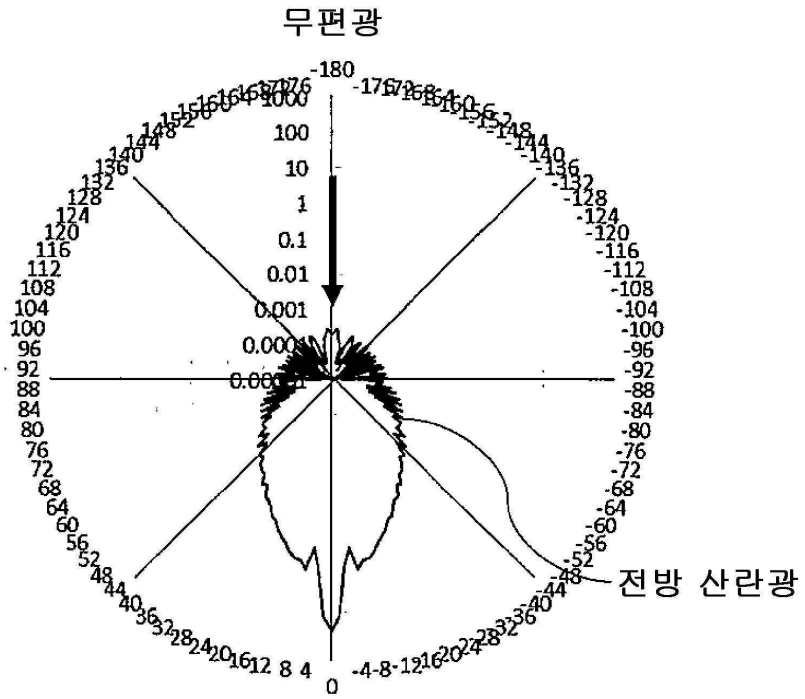
도면5a


콘트라스트 : 나쁘다
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.25
-0.2
-0.15
-0.1
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25

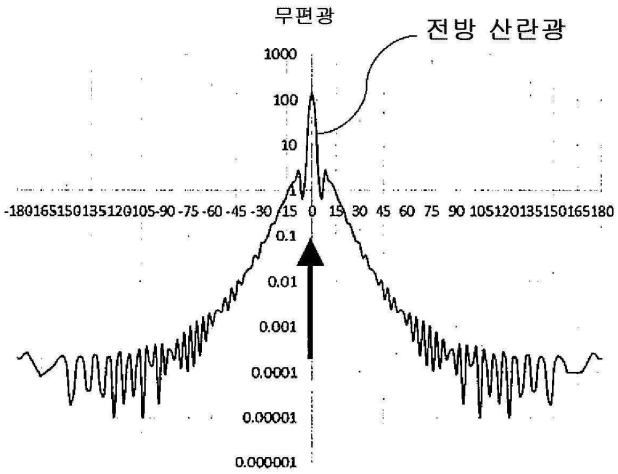
도면5b


콘트라스트 : 좋다
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.25
-0.2
-0.15
-0.1
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25

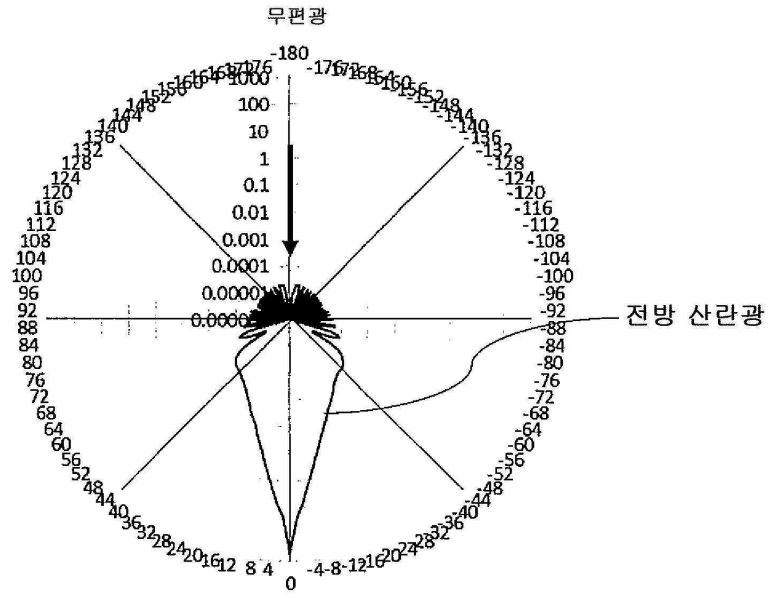
도면6a



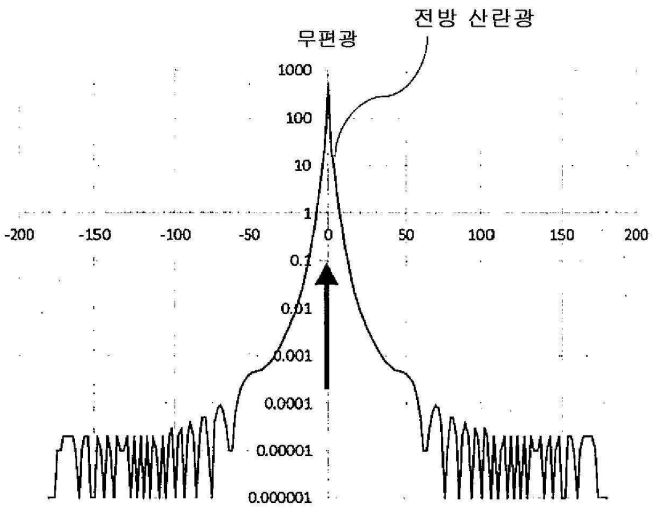
도면6b



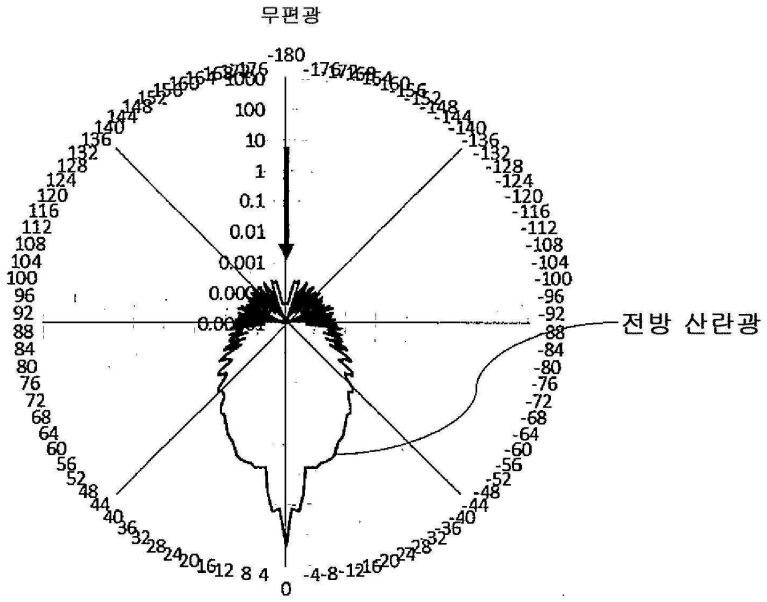
도면6c



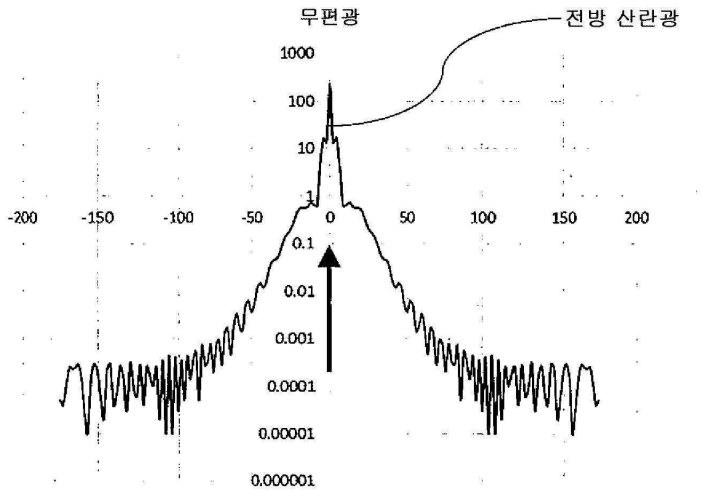
도면6d



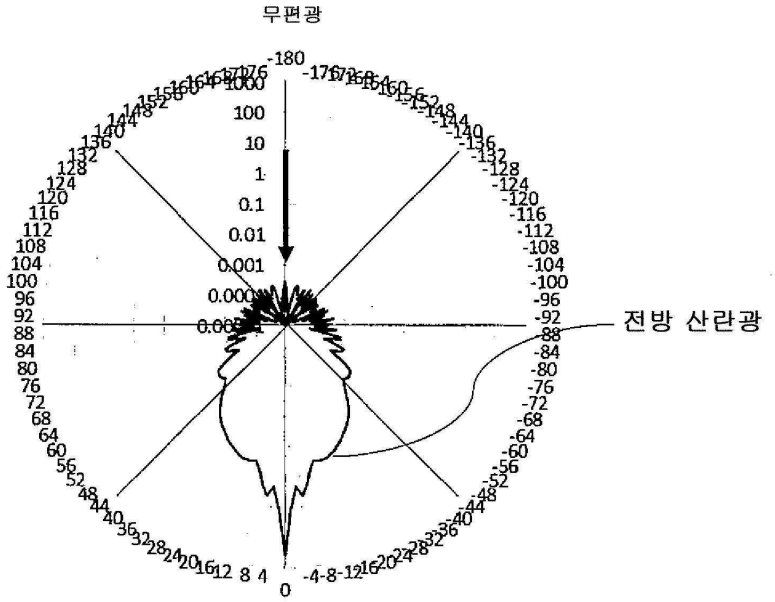
도면6e



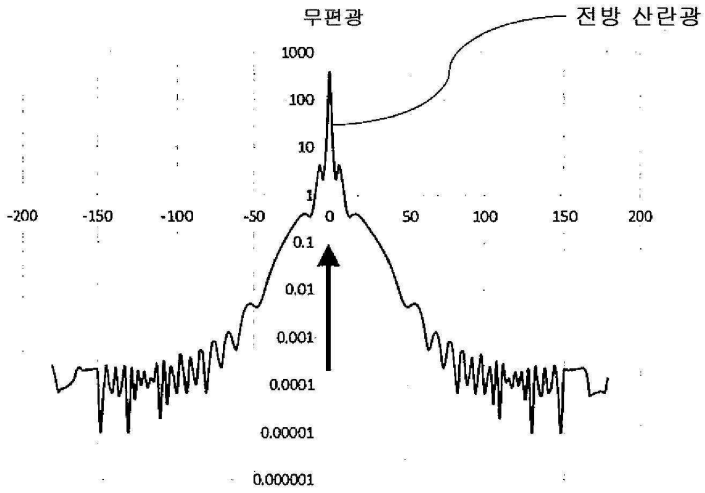
도면6f



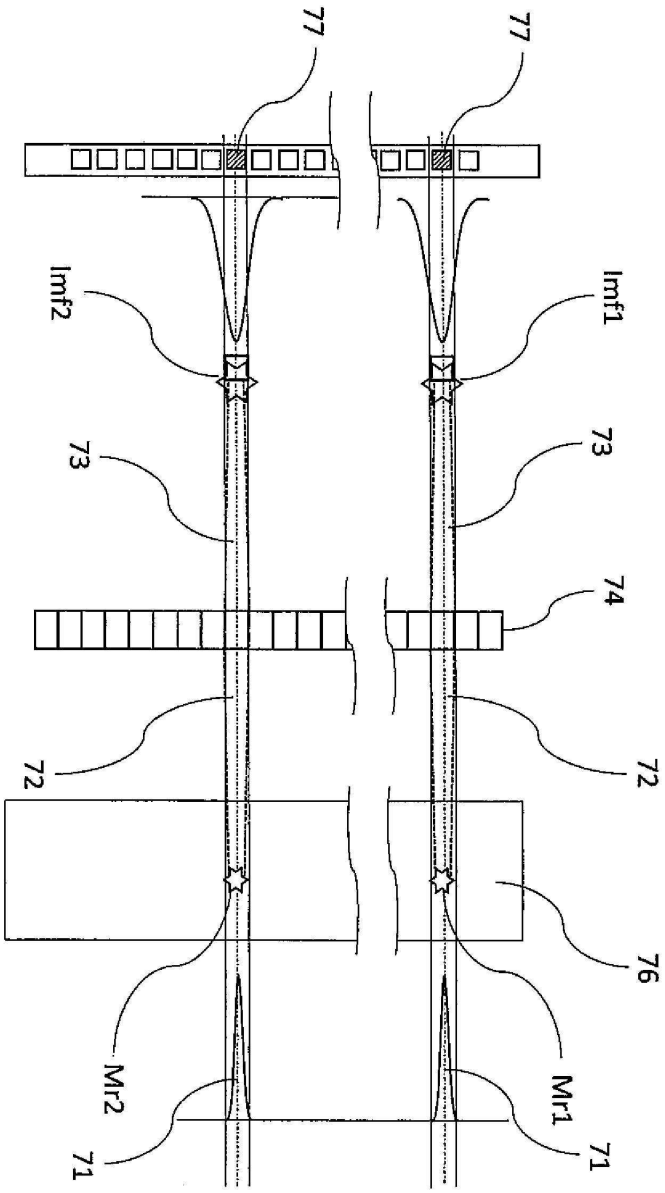
도면6g


무편광
전방 산란광

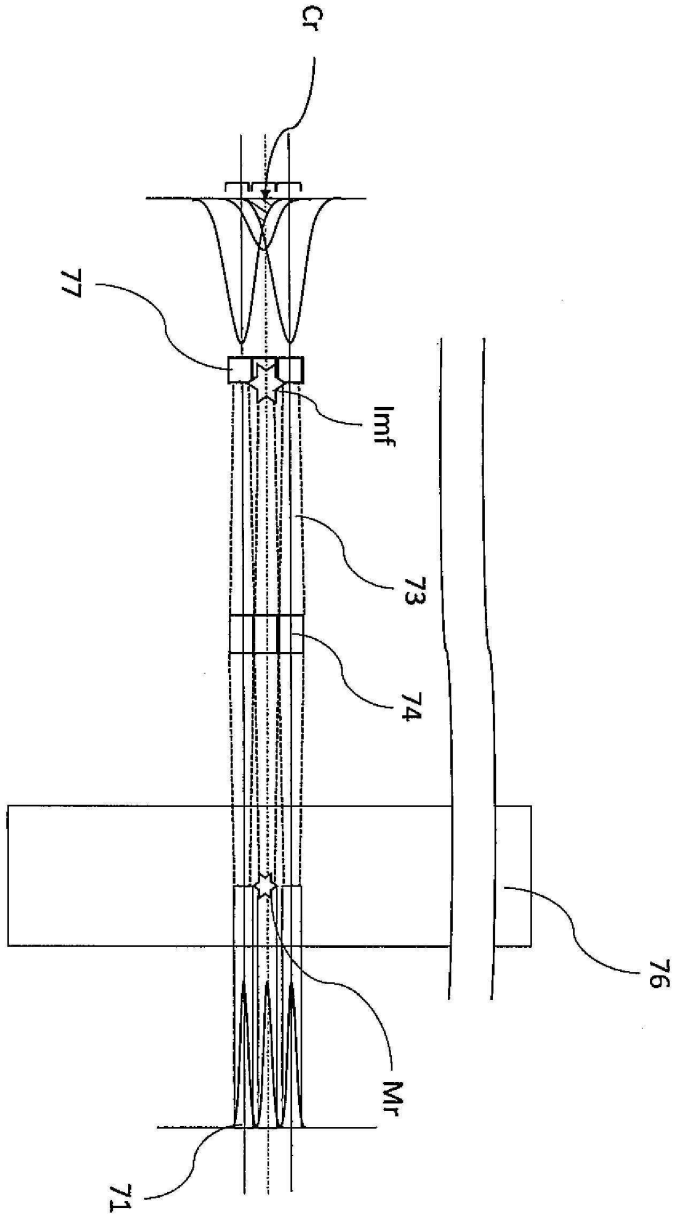
도면6h


무편광
전방 산란광
1000
100
10
1
0.1
0.01
0.001
0.0001
0.00001
0.000001
-200
-150
-100
-50
0
50
100
150
200

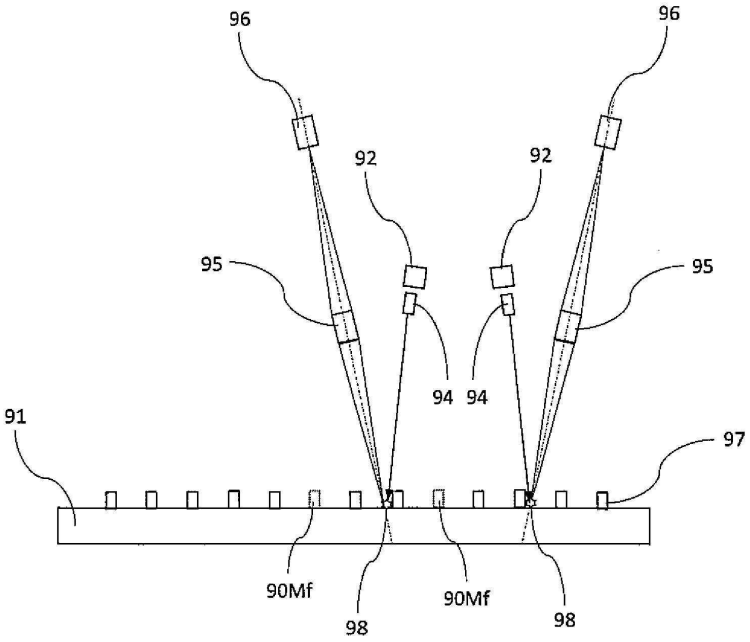
도면7



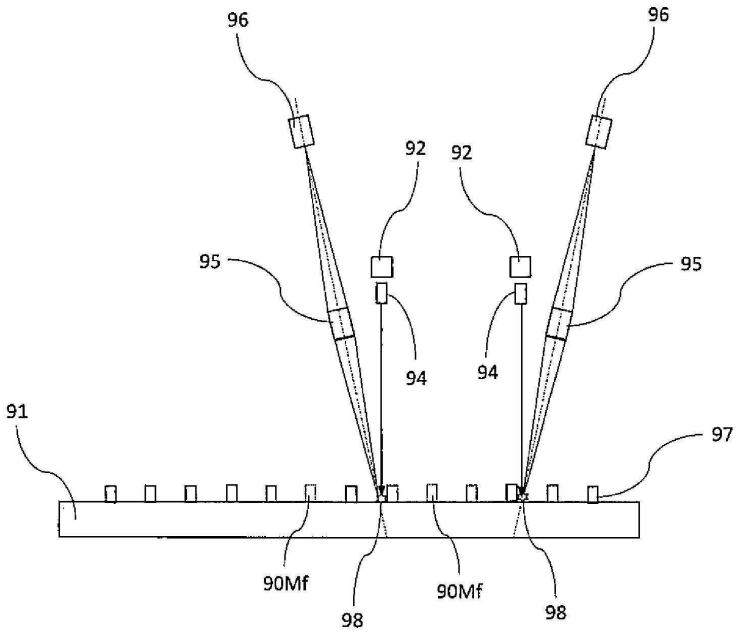
도면8



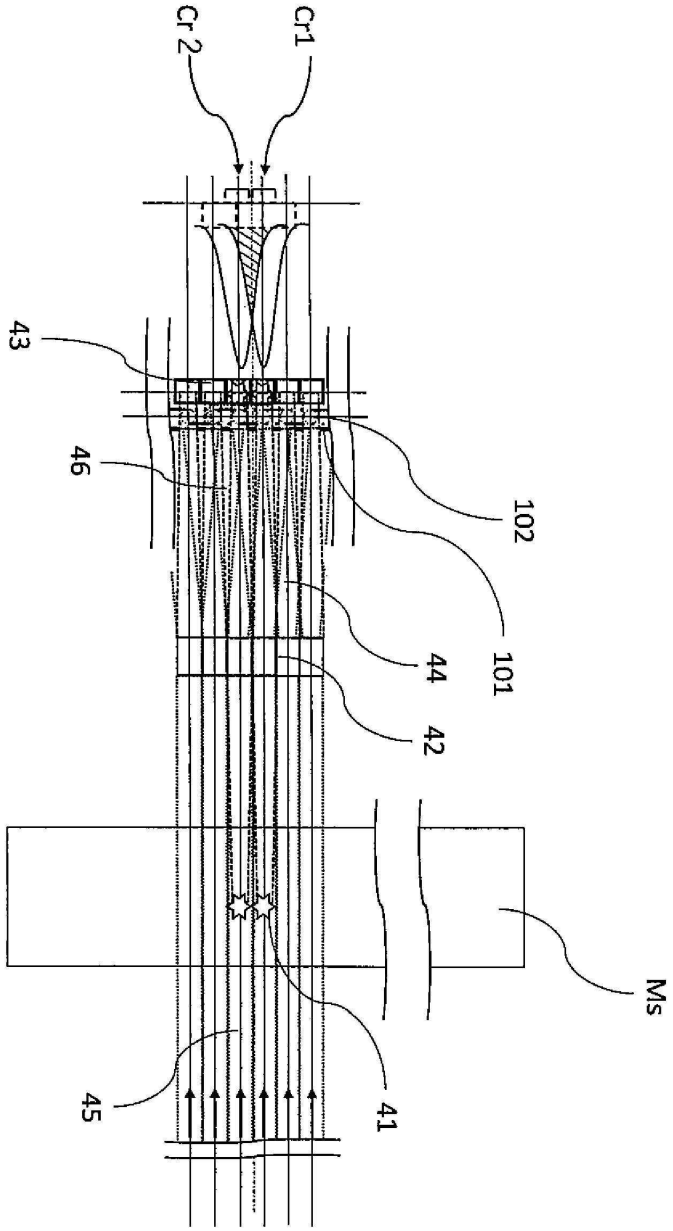
도면9a


96
96
92
92
95
95
94
94
91
97
90Mf
90Mf
98
98

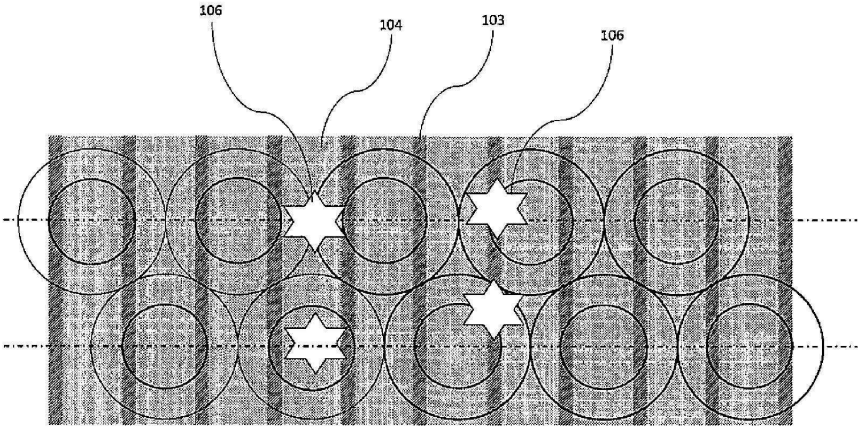
도면9b


96
96
92
92
95
95
94
94
91
97
90Mf
90Mf
98
98

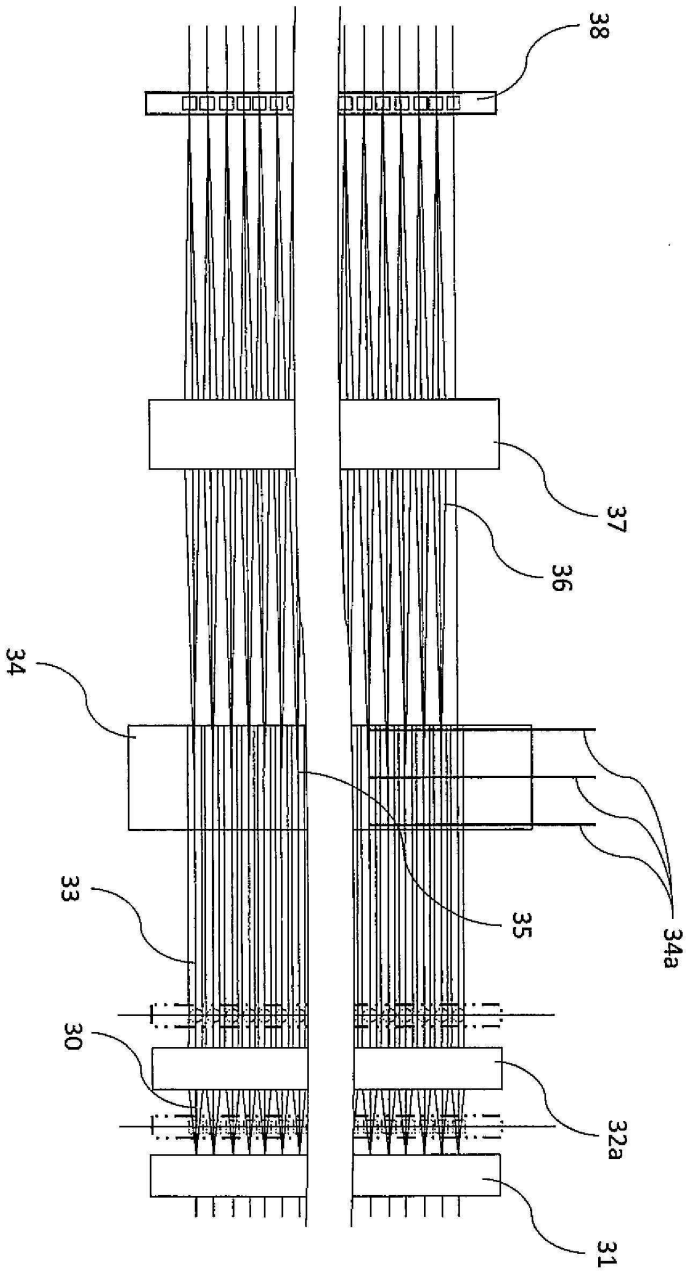
도면10



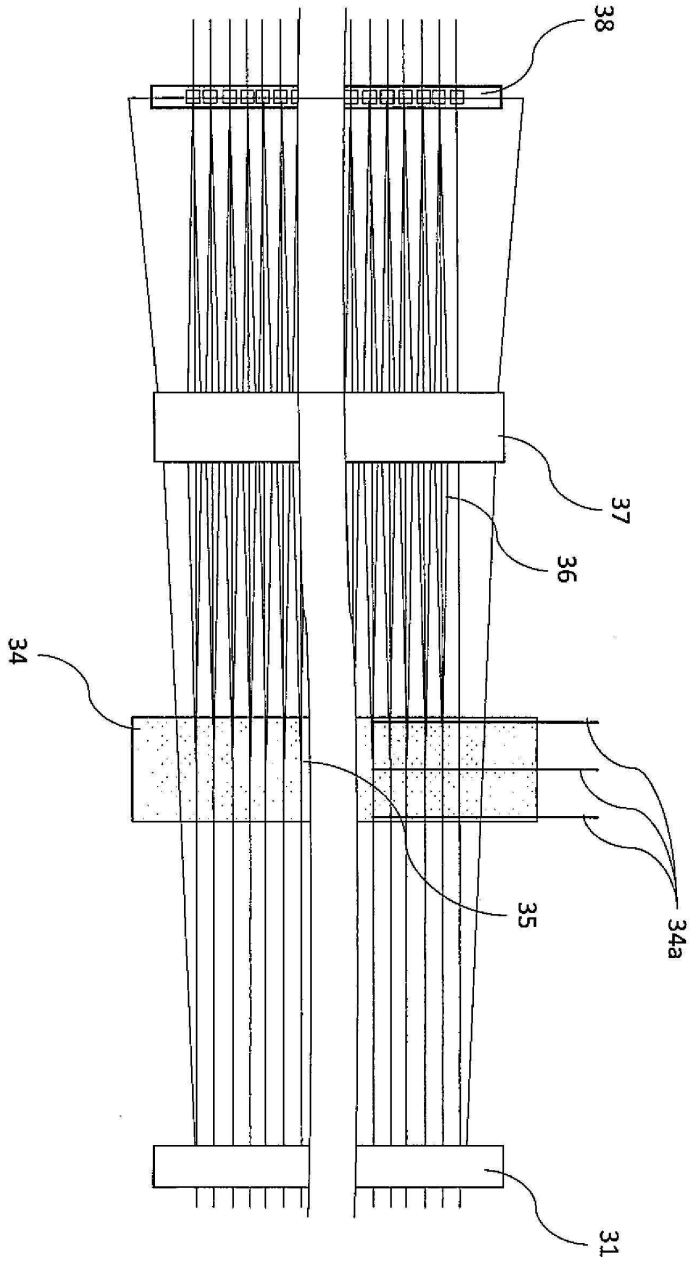
도면11



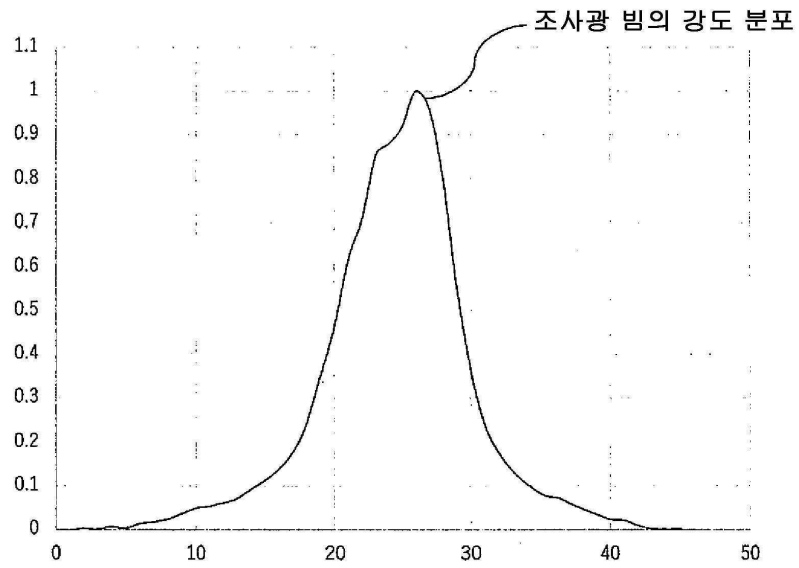
도면12a



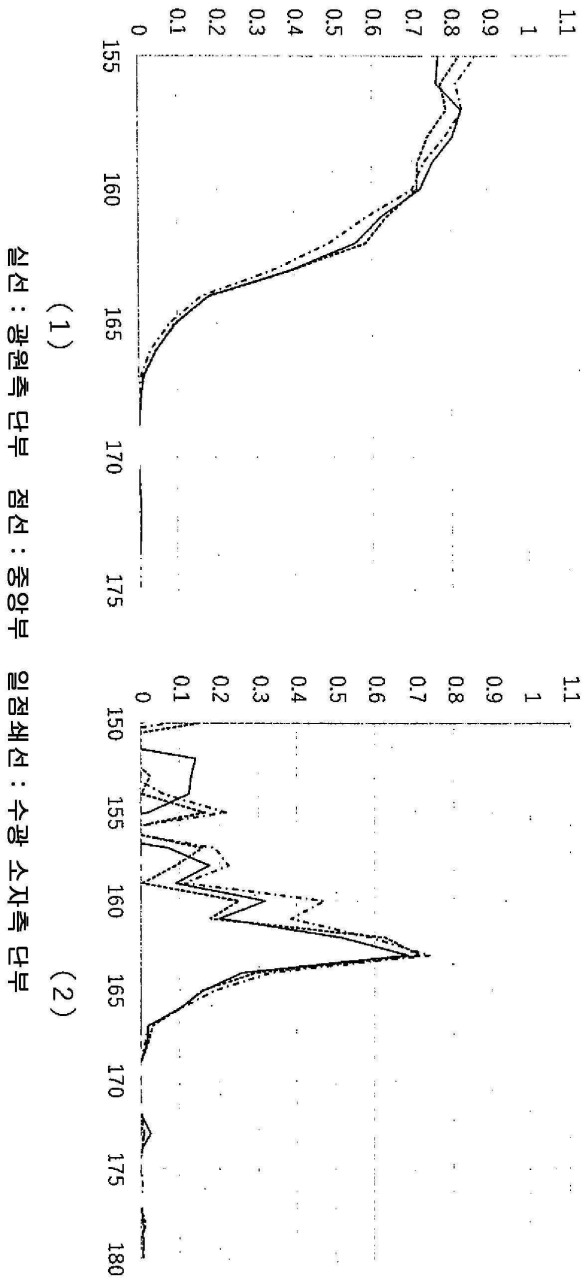
도면12b



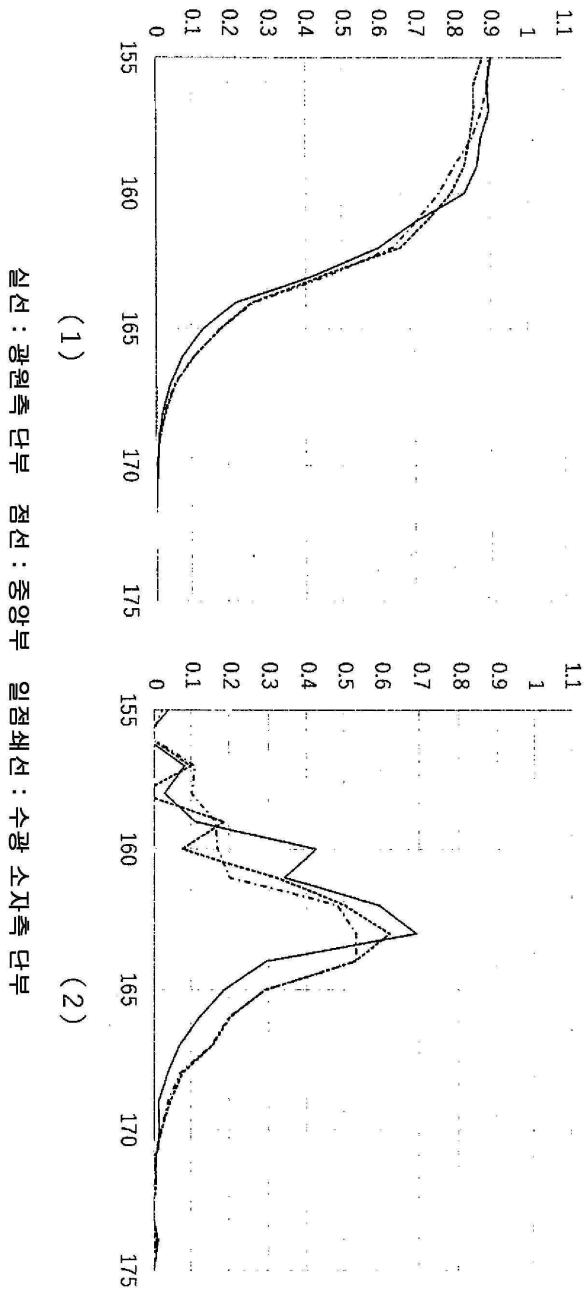
도면13



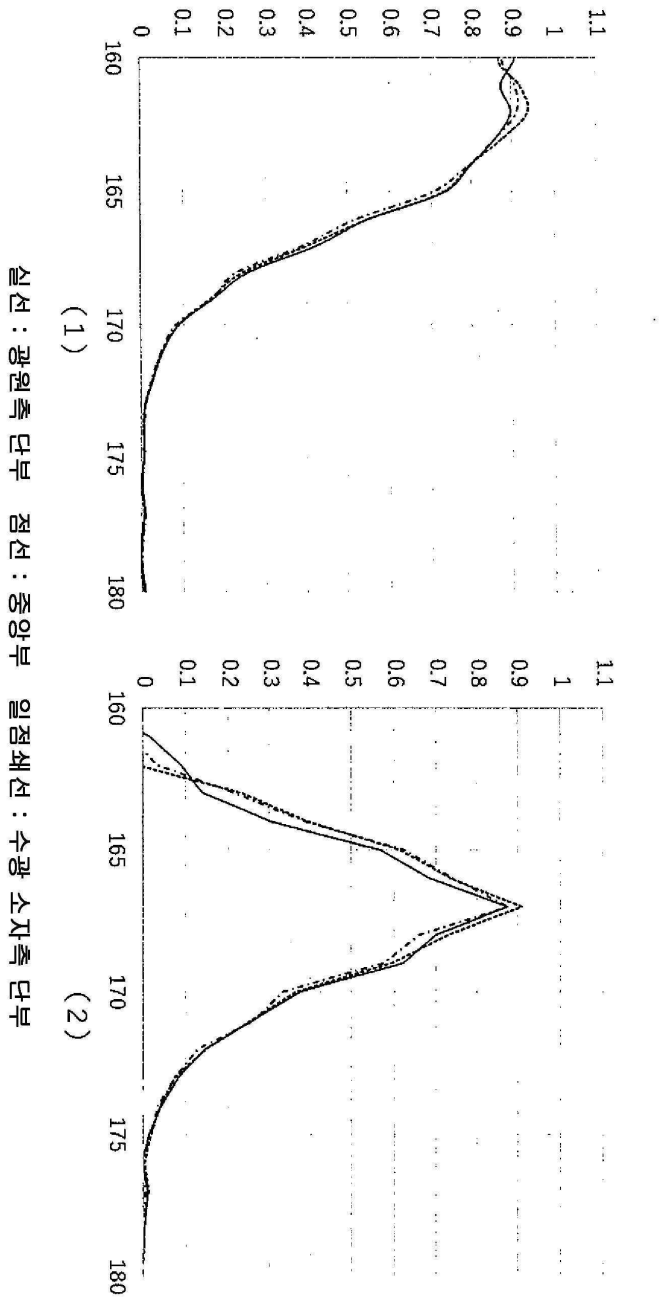
도면14a


1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
155
160
165
170
175
(1)
150
155
160
165
170
175
180
(2)
실선 : 광원측 단부 점선 : 중앙부 일점쇄선 : 수광 소자측 단부

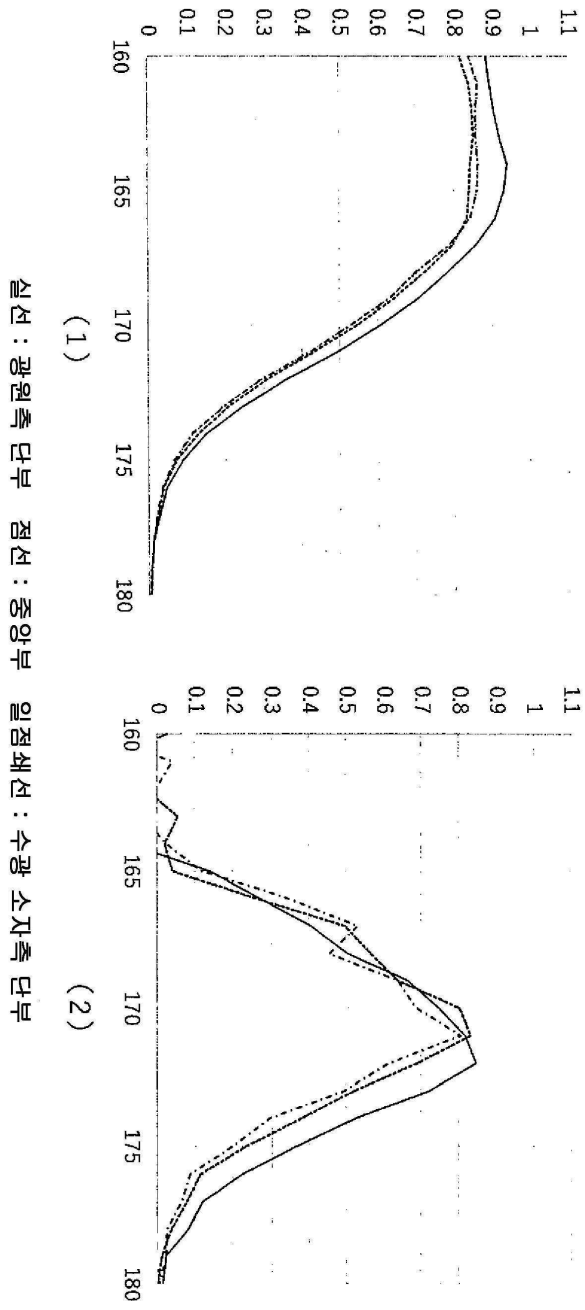
도면14b


1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
155
160
165
170
175
(1)
(2)
실선 : 광원측 단부 점선 : 중앙부 일점쇄선 : 수광 소자측 단부

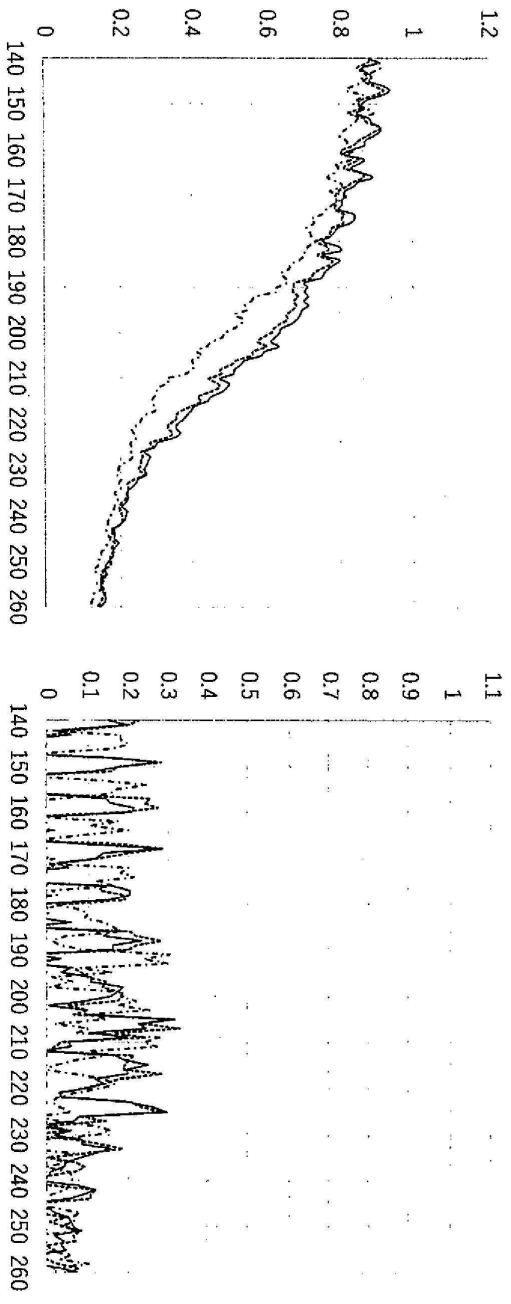
도면14c


1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
160
165
170
175
180
(1)
(2)
실선 : 광원측 단부 점선 : 중앙부 일점쇄선 : 수광 소자측 단부

도면14d

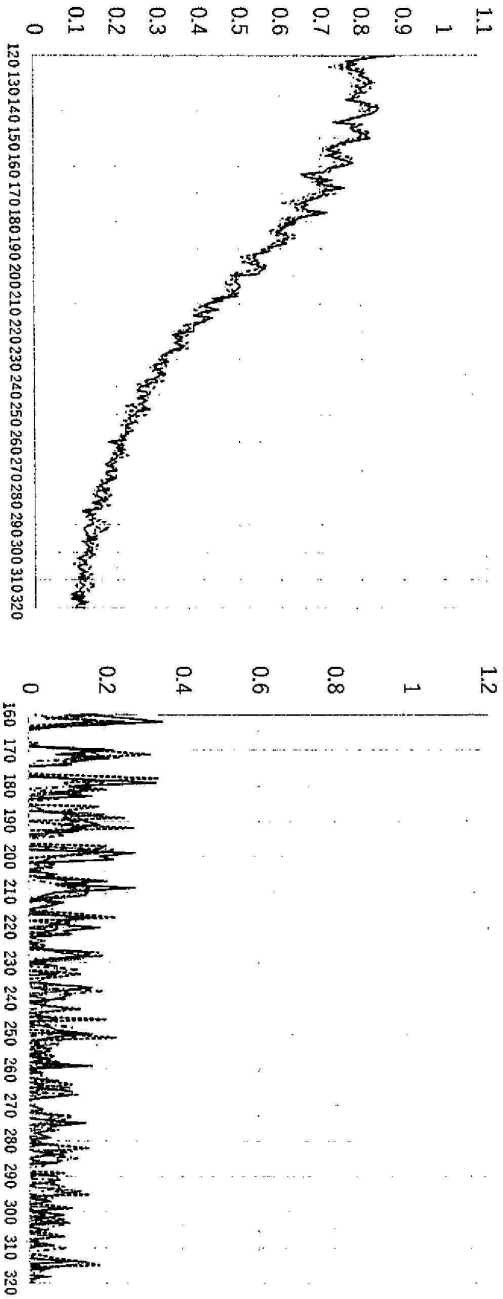

1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
160
165
170
175
180
(1)
(2)
실선 : 광원측 단부 점선 : 중앙부 일점쇄선 : 수광 소자측 단부

도면15a



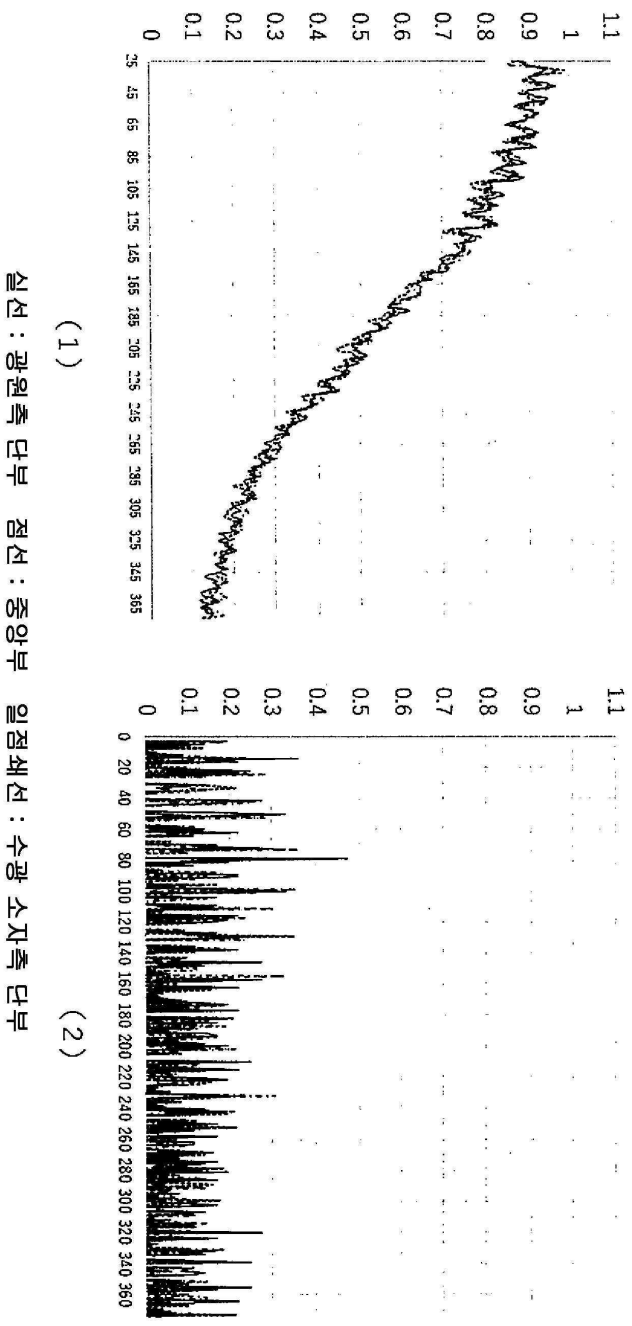
실선 : 광원측 단부 점선 : 중앙부 일점쇄선 : 수광 소자측 단부

도면15b



실선 : 광원측 단부 점선 : 중앙부 일점쇄선 : 수광 소자측 단부

도면15c

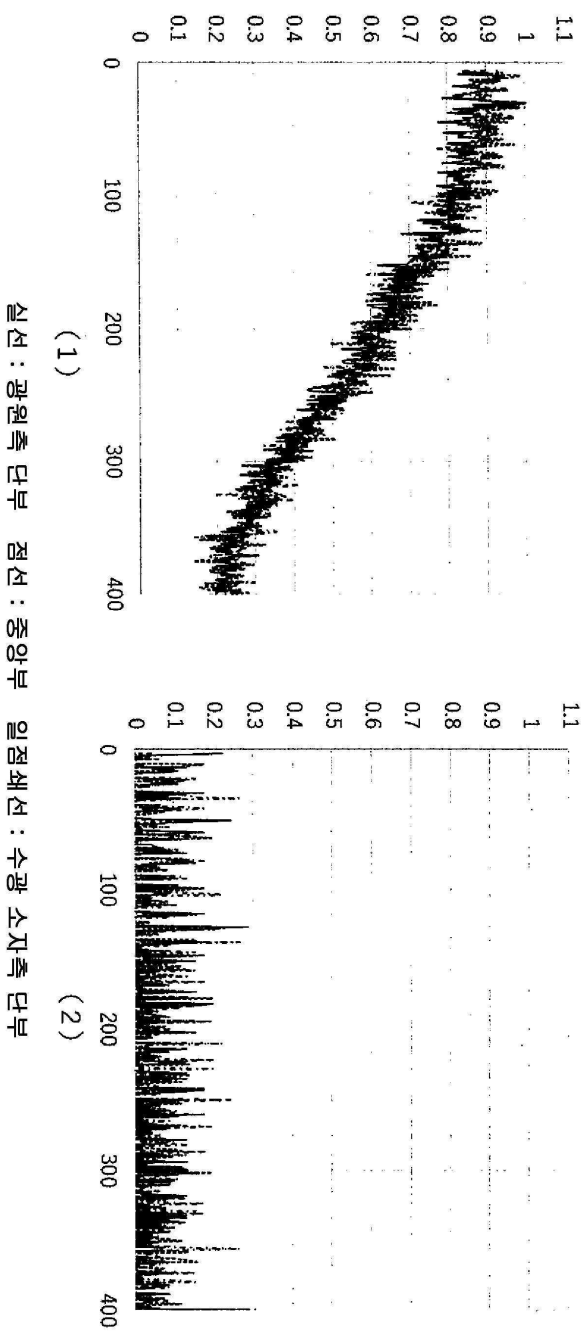


(1)

(2)

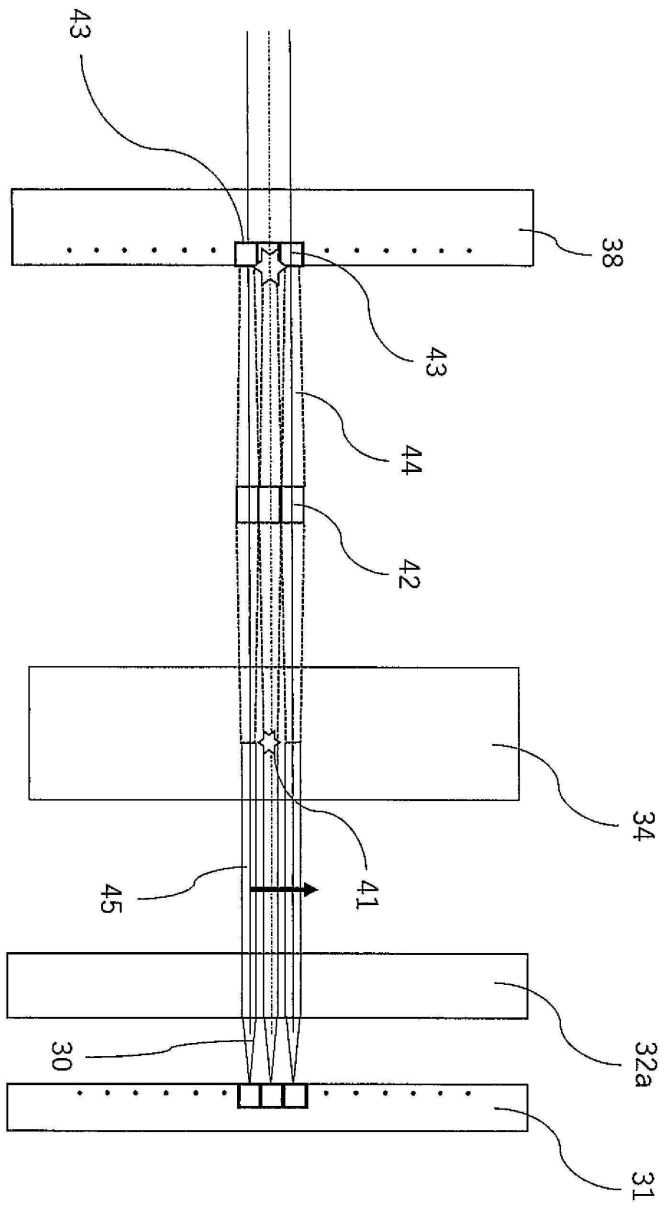
실선 : 광원측 단부 점선 : 중앙부 일점쇄선 : 수광 소자측 단부

도면15d

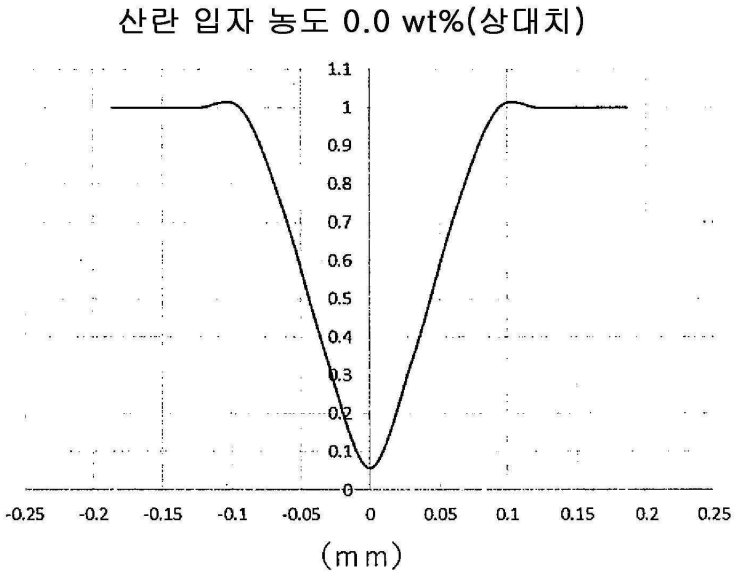


실선 : 광원측 단부 점선 : 중앙부 일점쇄선 : 수광 소자측 단부

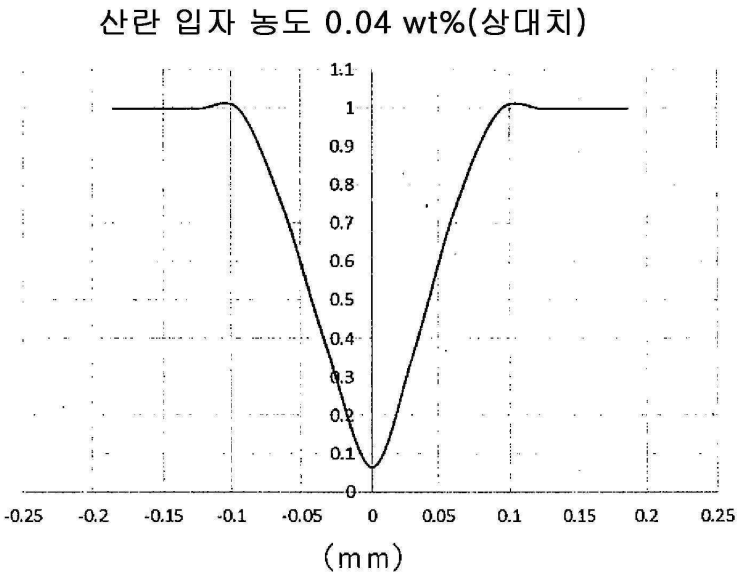
도면16



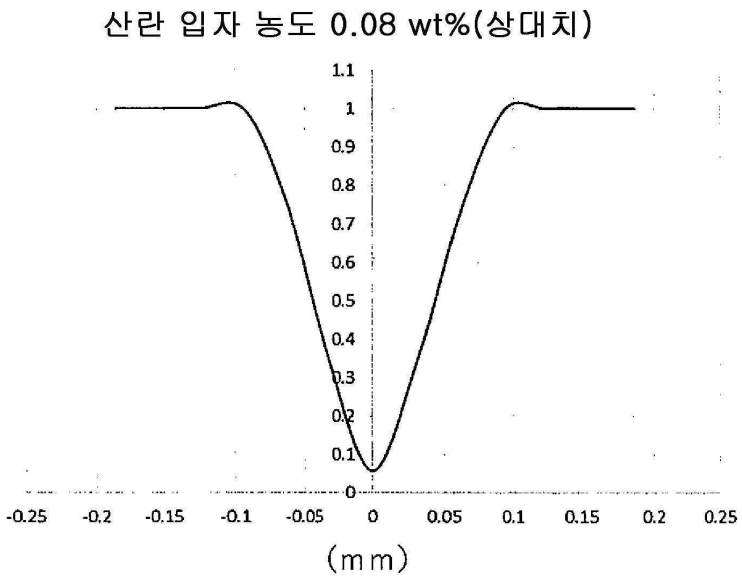
도면17a


산란 입자 농도 0.0 wt%(상대치)
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.25
-0.2
-0.15
-0.1
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
(mm)

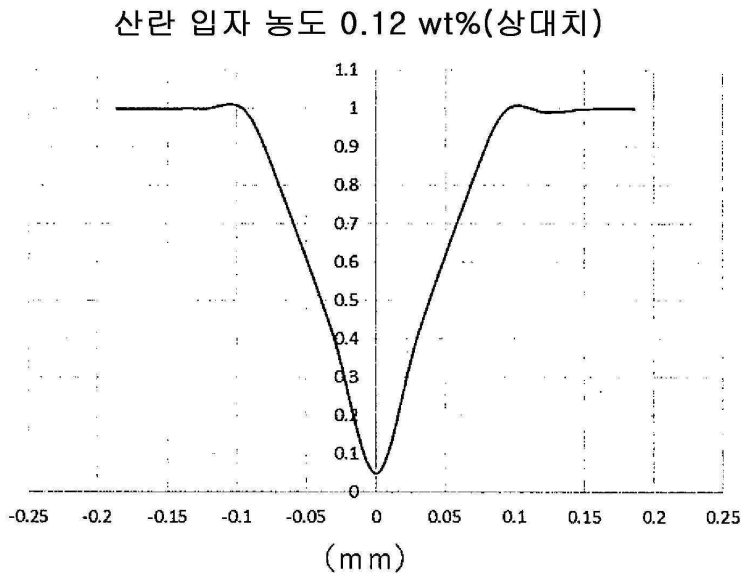
도면17b


산란 입자 농도 0.04 wt%(상대치)
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.25
-0.2
-0.15
-0.1
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
(mm)

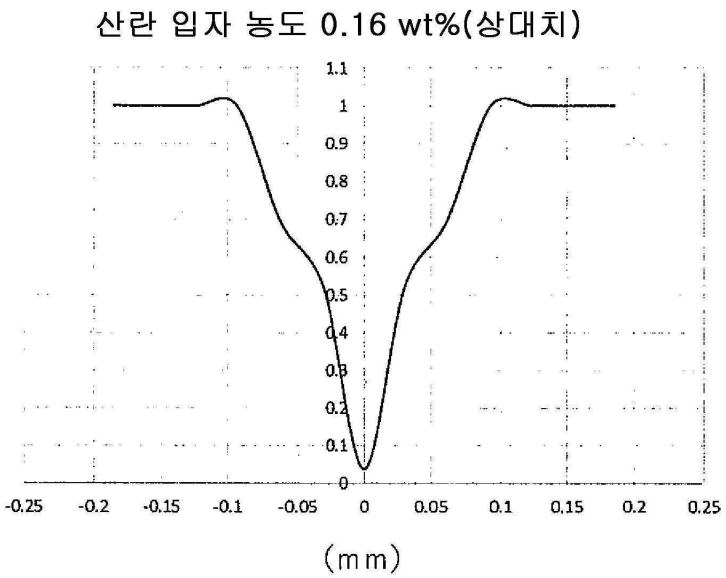
도면17c


산란 입자 농도 0.08 wt%(상대치)
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.25
-0.2
-0.15
-0.1
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
(mm)

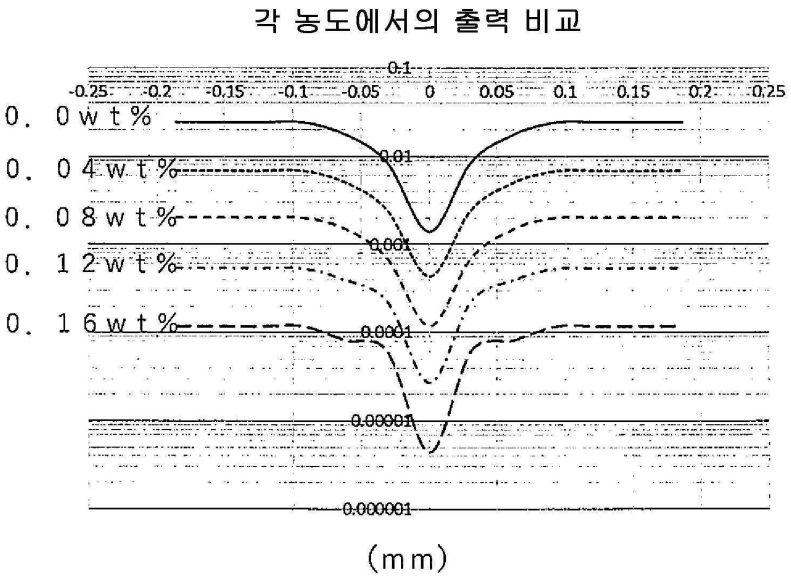
도면17d


산란 입자 농도 0.12 wt%(상대치)
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.25
-0.2
-0.15
-0.1
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
(mm)

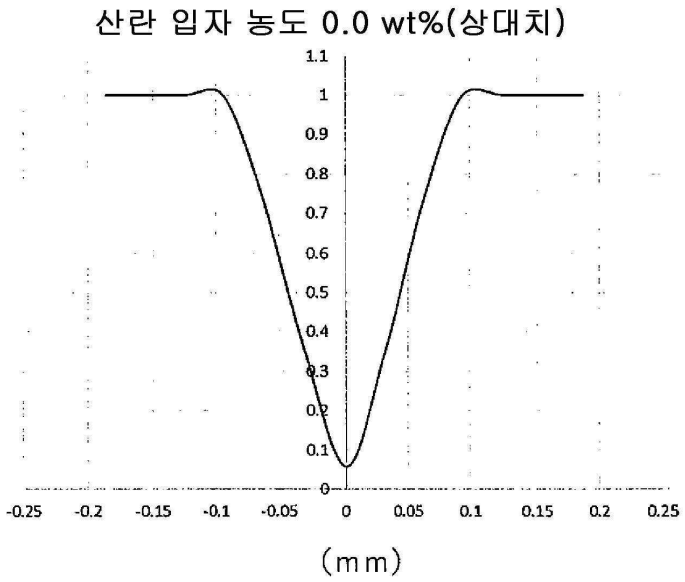
도면17e


산란 입자 농도 0.16 wt%(상대치)
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.25
-0.2
-0.15
-0.1
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
(mm)

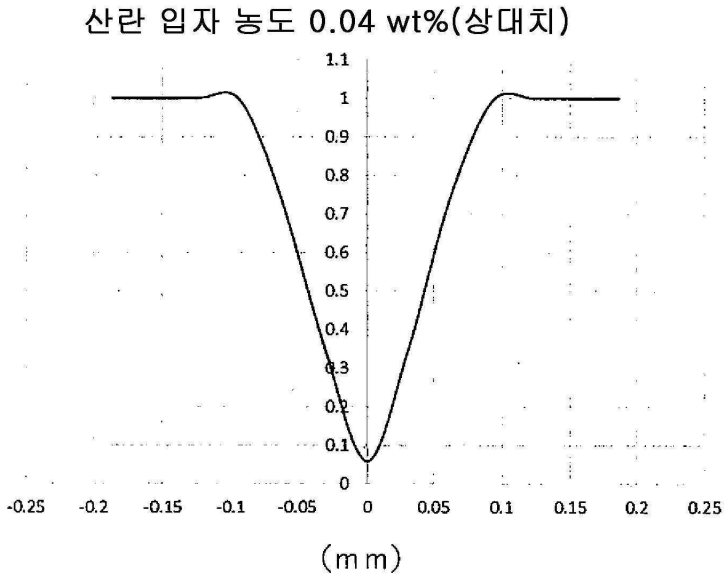
도면17f


각 농도에서의 출력 비교
0.1
0.01
0.001
0.0001
0.00001
0.000001
-0.25
-0.2
-0.15
-0.1
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.0wt%
0.04wt%
0.08wt%
0.12wt%
0.16wt%
(mm)

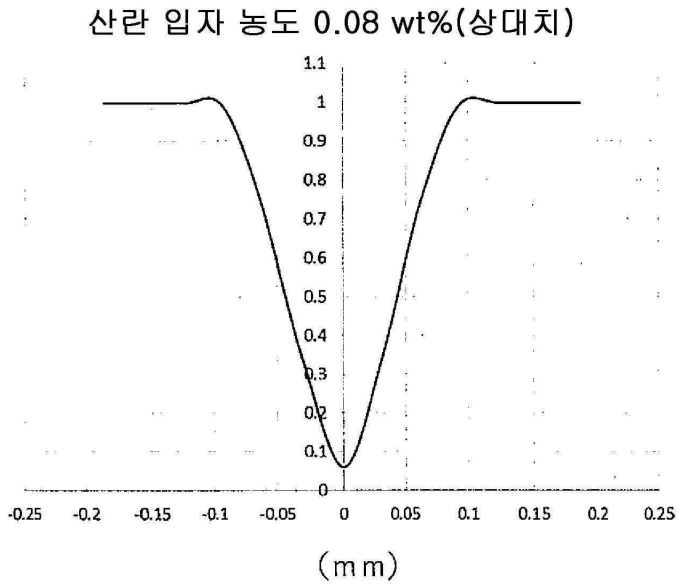
도면18a


산란 입자 농도 0.0 wt%(상대치)
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.25
-0.2
-0.15
-0.1
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
(mm)

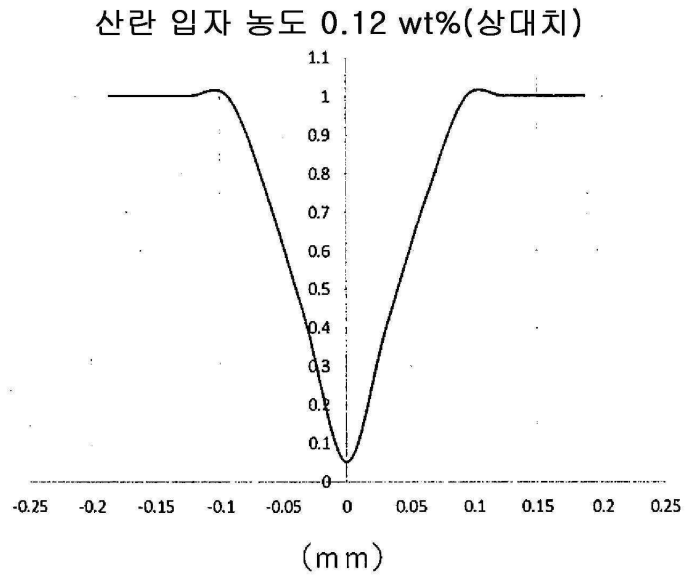
도면18b


산란 입자 농도 0.04 wt%(상대치)
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.25
-0.2
-0.15
-0.1
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
(mm)

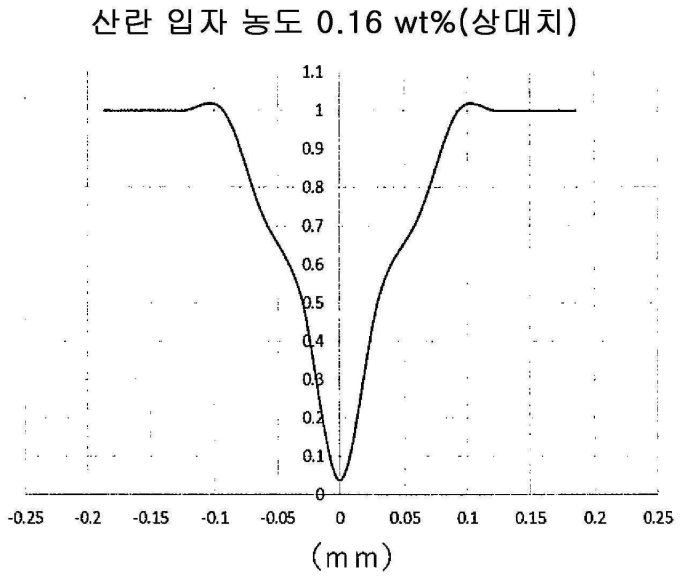
도면18c


산란 입자 농도 0.08 wt%(상대치)
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.25
-0.2
-0.15
-0.1
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
(mm)

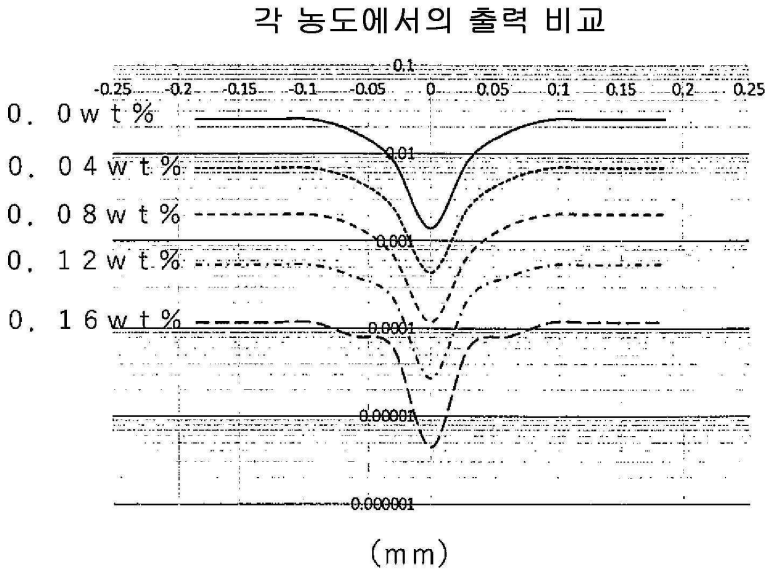
도면18d


산란 입자 농도 0.12 wt%(상대치)
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.25
-0.2
-0.15
-0.1
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
(mm)

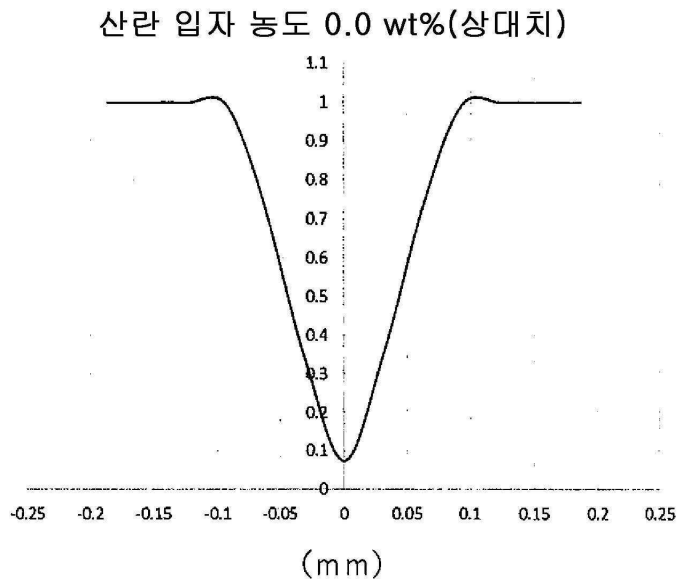
도면18e


산란 입자 농도 0.16 wt%(상대치)
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.25
-0.2
-0.15
-0.1
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
(mm)

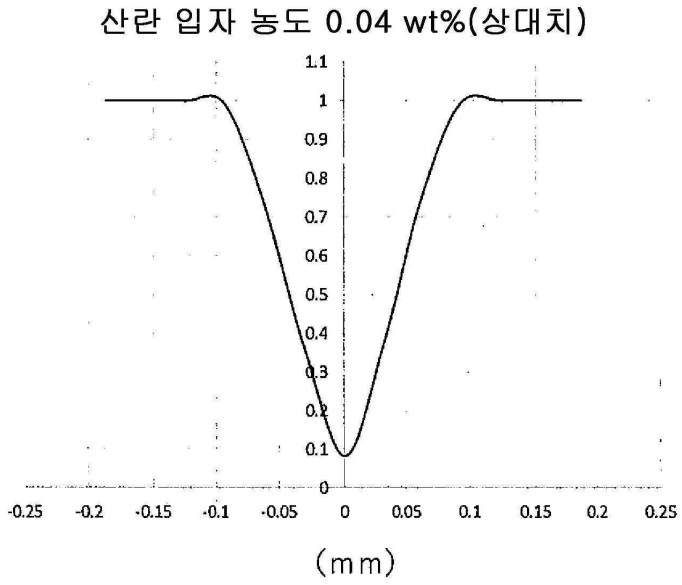
도면18f


각 농도에서의 출력 비교
0.1
0.01
0.001
0.0001
0.00001
0.000001
0.0wt%
0.04wt%
0.08wt%
0.12wt%
0.16wt%
-0.25
-0.2
-0.15
-0.1
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
(mm)

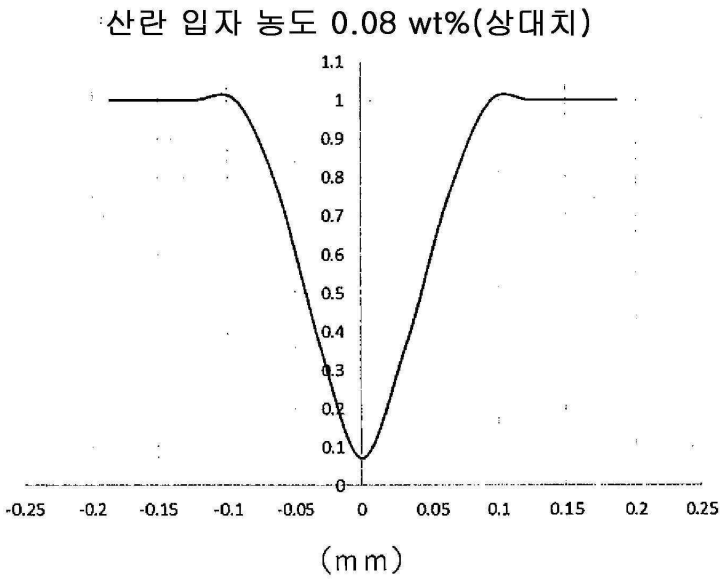
도면19a


산란 입자 농도 0.0 wt%(상대치)
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.25
-0.2
-0.15
-0.1
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
(mm)

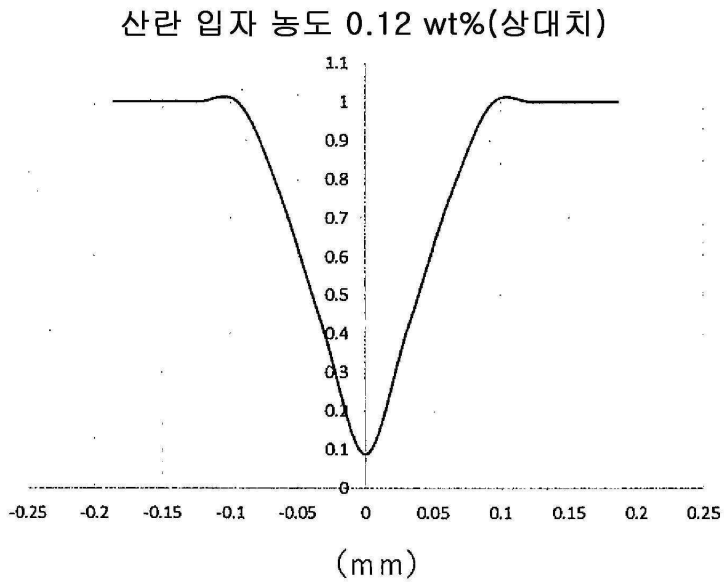
도면19b


산란 입자 농도 0.04 wt%(상대치)
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.25
-0.2
-0.15
-0.1
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
(mm)

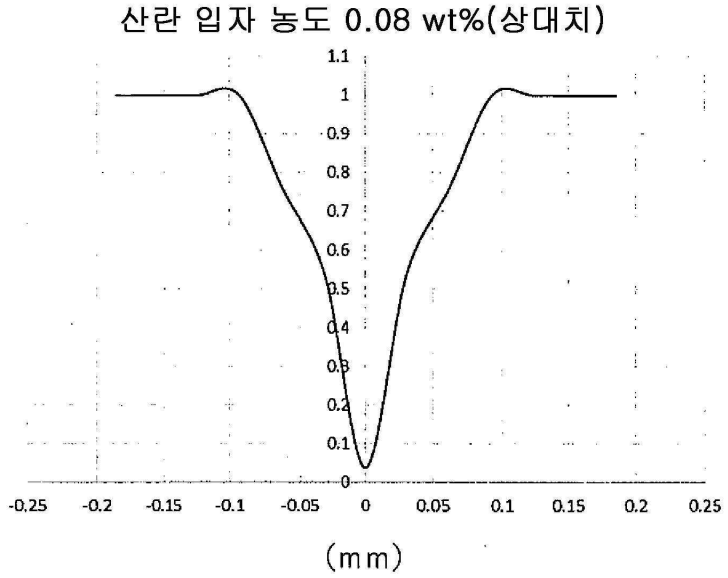
도면19c


산란 입자 농도 0.08 wt%(상대치)
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.25
-0.2
-0.15
-0.1
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
(mm)

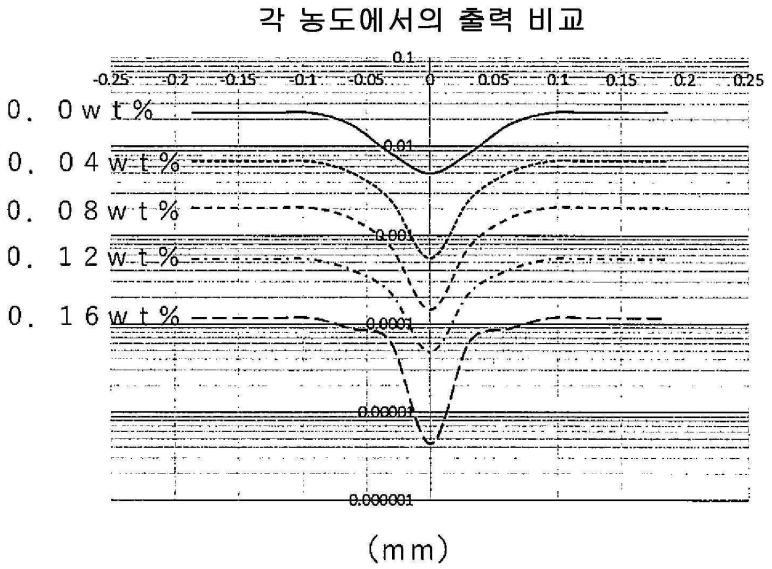
도면19d


산란 입자 농도 0.12 wt%(상대치)
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.1
0.1
0
-0.25
-0.2
-0.15
-0.1
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
(mm)

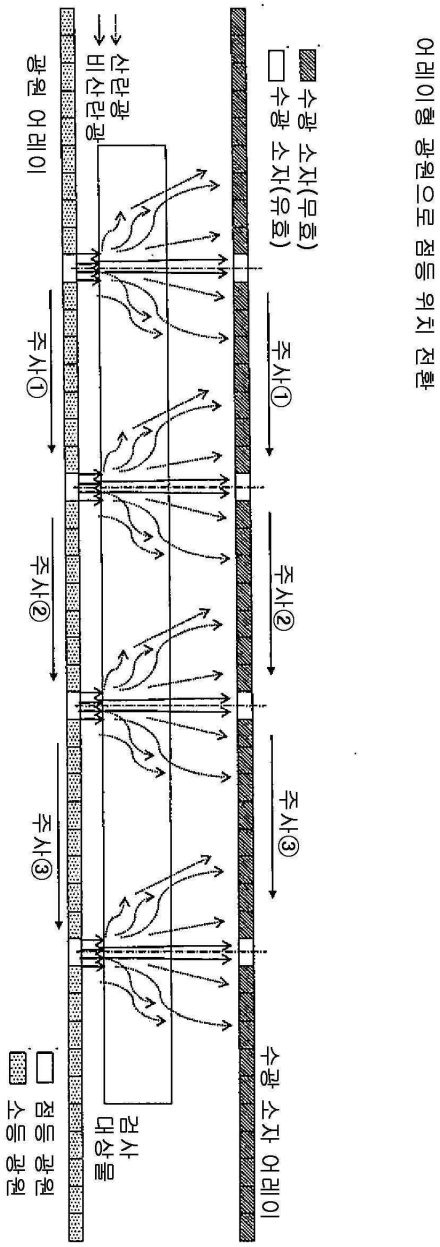
도면19e


산란 입자 농도 0.08 wt%(상대치)
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.25
-0.2
-0.15
-0.1
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
(mm)

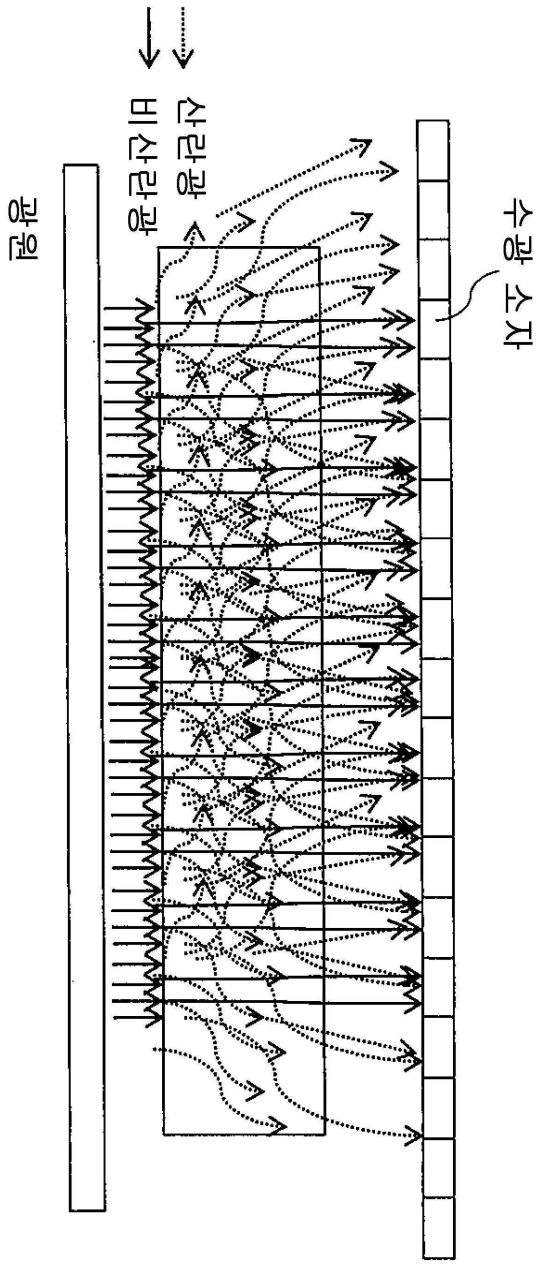
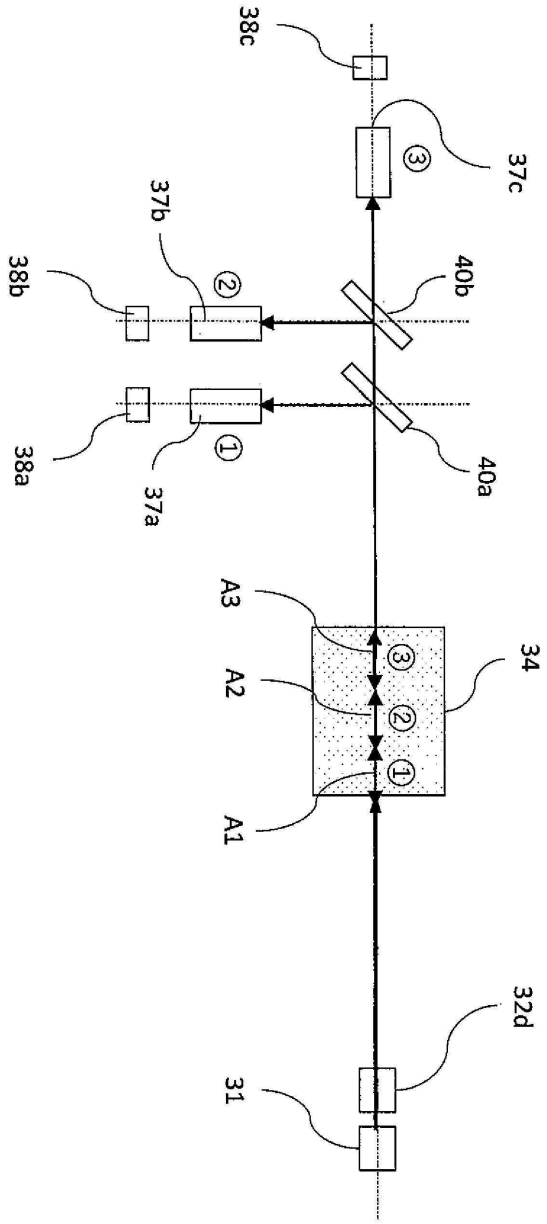
도면19f


각 농도에서의 출력 비교
0.1
0.01
0.001
0.0001
0.00001
0.000001
0.0wt%
0.04wt%
0.08wt%
0.12wt%
0.16wt%
(mm)

도면20


어레이형 광원으로 점등 위치 전환
수광 소자(무효)
수광 소자(유효)
산란광
비산란광
광원 어레이
주사①
주사②
주사③
수광 소자 어레이
검사 대상물
점등 광원
소등 광원

도면21



도면22