(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl. [7]
A61B 8/00

(11) 공개번호 특2002-0087865
(43) 공개일자 2002년11월23일

(21) 출원번호 10-2002-0026148
(22) 출원일자 2002년05월13일

(30) 우선권주장 JP-P-2001-00142708 2001년05월14일 일본(JP)
JP-P-2001-00296344 2001년09월27일 일본(JP)
JP-P-2002-00107850 2002년04월10일 일본(JP)

(71) 출원인 후지 샤신 필름 가부시기가이샤
일본국 가나가와켄 미나미아시가라시 나카누마210반지

(72) 발명자 오가와에이지
일본국카나가와켄아시가라카미군카이세이마치미야노다이798,후지샤신필름가부시기가이샤나이

(74) 대리인 하상구
하영욱

심사청구 : 없음

(54) 초음파 수신장치

요약

광검출방식의 초음파 수신장치에 있어서, 양호한 감도를 얻기 위한 조건을 구비한 초음파 수신장치를 제공한다.

인가되는 초음파에 기초하여 빛을 변조하는 초음파 검출소자로서, 전파하는 초음파의 파장의 3/4이하의 길이를 갖는 초음파 감지부를 갖는 초음파 검출소자(17)와, 초음파 검출소자로부터 출력되는 빛을 검출하는 광검출기(16)를 구비한다.

대표도
도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 제1실시형태에 따른 초음파 수신장치를 원리적으로 나타낸 도이다.

도 2는 도 1의 초음파 검출소자를 확대해서 나타낸 도이다.

도 3은 다른 센서길이를 갖는 센서에 초음파를 인가하여, 센서로부터 출력되는 검출신호를 관측하는 실험결과를 나타낸 도이다.

도 4는 다른 센서길이를 갖는 센서에 초음파를 인가하여, 센서로부터 출력되는 검출신호를 관측하는 시뮬레이션결과를 나타낸 도이다.

도 5는 브래그 그레이팅에 의해 초음파를 검출하는 원리를 설명하는 도이다.

도 6은 도 1의 초음파 수신장치의 변형예를 나타낸 도이다.

도 7은 도 1의 초음파 수신장치의 변형예를 나타낸 도이다.

도 8은 도 7에 나타낸 ASE광원을 원리적으로 나타낸 도이다.

도 9는 본 발명의 제2실시형태에 따른 초음파 수신장치를 원리적으로 나타낸 도이다.

도 10은 도 9의 초음파 검출소자를 확대해서 나타낸 도이다.

도 11은 본 발명의 제3실시형태에 따른 초음파 수신장치의 일부를 원리적으로 나타낸 도이다.

(부호의 설명)

1,2:광증폭기 16,34:광검출기

9:ASE광원 10,12:분파기

11:광원 13,20:광섬유

14,17,18,30:초음파 검출소자 15:결상계

19:협대역 필터 25:수지

31:기판 32:다층막

33:빔익스팬더 91:렌즈

92:브래그 그레이팅부 93:레이저발진기

94:광섬유

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 초음파 수신장치에 관한 것으로, 특히 빛을 이용해서 초음파를 검출하는 초음파 수신장치에 관한 것이다.

종래, 초음파를 이용해서 3차원 화상을 취득할 때에는 심도방향의 단면에 대한 2차원 화상을 복수개 취득해서 합성했다. 이 2차원 화상은 위치센서가 부착된 1차원센서어레이를 이용해서 피검체를 스캔함으로써 얻어지며, 또한 시계열에서 취득한 복수의 2차원 화상을 합성함으로써 3차원 화상이 얻어진다.

그러나, 이 방법에 의하면, 1차원 센서어레이의 스캔방향으로 타임래그가 있으므로, 다른 시각에서의 단면상을 합성하게 되며, 합성화상이 흐릿해지게 된다. 따라서, 생체와 같은 움직임을 동반하는 피사체의 이미징에는 적합하지 않다.

리얼타임으로 3차원 화상을 취득하기 위해서는 센서어레이를 이용해서 피검체를 스캔하는 일없이 2차원 화상을 취득할 수 있는 2차원 센서어레이가 필수이며, 이러한 센서어레이의 개발이 요구되고 있다.

초음파 진단장치에 있어서, 초음파의 송수신을 행하는 소자(진동자 또는 심촉자)로서는 PZT(티탄산 지르콘산납)로 대표되는 압전세라믹이나, PVDF(폴리불화 비닐리덴:polyvinly difluoride) 등의 고분자 압전소자를 이용하는 것이 일반적이며, 이들 소자를 이용해서 2차원 어레이를 제작하는 방법이 검토되고 있다. 그러나, 상술한 PZT나 PVDF를 이용하는 경우에는 소자의 미세가공과, 다수의 미세소자로의 배선이 필요하며, 현상이상의 미세화와 소자집적은 곤란하다. 또, 이들이 해결되었다 해도 소자간의 크로스토오크가 증대하거나, 미세배선에 의한 전기적 임피던스의 상승에 의해 SN비가 열화하거나, 미세소자의 전극부가 파괴되기 쉬워진다라는 문제가 있으므로, PZT나 PVDF를 이용한 2차원 센서어레이의 실현은 곤란하다.

한편, PZT와 같은 압전재료를 이용하지 않는 초음파 센서로서, 광섬유를 이용하여, 초음파신호를 광신호로 변환해서 검출하는 방식(이하, 광검출방식이라함)의 센서도 알려져 있다. 이러한 광검출방식의 초음파센서로서 화이버 브래그 그레이팅(FBG라고 약칭)을 이용하는 것(보우이대학의 TAKAHASHI 등에 의한 「Underwater Acoustic Sensor with Fiber Bragg Grating」OPTICAL REVIEW Vol. 4, No.6(1997)p. 691-694참조)나, 패브리페로공진기(FPR이라 약칭)구조를 이용하는 것(동경 공대의 UNO 등에 의한 「Fabrication and Performance of a Fiber Optic Micro-Probe for Megahertz Ultrasonic Field Measurements」T. IEE Japan, Vol. 118-E, No. 11,'98참조)가 보고되었다.

상기 TAKAHASHI등의 논문에는 FBG를 초음파 센서로서 이용한 경우에, 20kHz정도의 비교적 낮은 주파수 대역의 초음파에 대해서 어느 정도가 얻어지는 것이 기재되어 있다. 그러나, 실제의 초음파 진단에 있어서 이용되는 메가헤르츠의 주파수대역의 초음파에 대해서는 기재되어 있지 않다. 따라서, 초음파 진단에 있어서, 이러한 센서를 실용화하기 위해서는 기재예보다 높은 주파수대역의 초음파에 대한 동작확인을 행하는 동시에, 필요하면 이러한 대역에 있어서 양호한 감도를 얻기 위한 조건을 구하지 않을 수 없다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

그래서, 상기의 점을 감안하여, 본 발명은 광변환방식의 초음파 수신장치에 있어서, 양호한 감도를 얻기 위한 조건을 구비한 초음파 검출소자를 갖는 초음파 수신장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

이상의 과제를 해결하기 위해, 본 발명에 따른 초음파 수신장치는 인가되는 초음파에 기초하여 빛을 변조하는 초음파 검출소자로서, 전파하는 초음파의 파장의 3/4이하의 길이를 갖는 초음파 감지부를 갖는 초음파 검출소자와, 초음파 검출소자로부터 출력되는 빛을 검출하는 광검출기를 구비한다.

본 발명에 의하면, 전파하는 초음파의 파장에 기초하여 초음파 감지부의 길이를 한정하므로, 검출대상인 초음파에 대해서 높은 감도를 갖는 초음파 수신장치를 실현할 수 있다.

이하, 도면에 기초하여 본 발명의 실시형태에 대해서 설명한다. 또, 동일한 구성요소에는 동일한 참조번호를 붙여 설명을 생략한다.

도 1은 본 발명의 제1실시형태에 따른 초음파 수신장치를 원리적으로 나타낸 도이다. 이 초음파 수신장치는 바람직하게는 500 1600nm의 단파장을 갖는 싱글모드레이저광을 발생하기 위한 광원(11)을 보유한다. 광원(11)으로부터 발생한 빛은 하프미러 또는 광서큘레이터 또는 편광빔스프리터 등을 이용해서 구성되는 분파기(12)에 입사된다. 분파기(12)는 제1방향으로부터 입사한 입사광을 제2방향으로 통과시키는 동시에, 제2방향으로부터 되돌아 오는 반사광을 제1방향과는 다른 제3방향으로 통과시킨다. 본 실시형태에 있어서는 분파기(12)로서 하프미러를 이용하고 있다. 하프미러는 입사광을 통과해서 입사방향과 반대의 방향으로부터 되돌아 오는 반사광을 입사방향과 대략 90° 의 각도를 이루는 방향으로 반사한다.

광원(11)을 나와서 분파기(12)를 통과한 빛은 광섬유(13)에 입사한다. 이 광섬유는 싱글모드섬유인 것이 바람직하다.

광섬유(13)의 선단에는 초음파 감지부로서 브래그 그레이팅구조를 갖는 브래그 그레이팅부가 형성되어 있으며, 이것에 의해 초음파 검출소자(17)가 구성된다.

도 2는 도 1에 나타낸 초음파 검출소자를 확대한 도이다. 브래그 그레이팅부는 굴절율이 다른 2종류의 재료층(광전파 매질)을 브래그의 반사조건을 만족하는 피치로 수천층 교대로 겹친 것이다. 도 2에는 굴절율n_1을 갖는 재료층(A)과, 굴절율n_2를 갖는 재료층(B)이 나타내어져 있다. 이들 층의 주기구조의 피치(간격)를 d라고 하고, 입사광의 파장을 λ라고 하면, 브래그의 반사조건은 (1)식으로 나타내어진다. 단, m은 임의의 정수이다.

$$2d \cdot \sin\theta = m\lambda \quad \cdots\cdots (1)$$

여기에서, θ는 입사면으로부터 측정한 입사각이며, θ=π/2로 하면 (2)식과 같이 된다.

$$2d = m\lambda \quad \cdots\cdots (2)$$

브래그 그레이팅부는 브래그의 반사조건을 만족하는 특정의 파장성분을 선택적으로 반사하고, 기타 파장성분을 통과시킨다.

브래그 그레이팅부는 초음파를 전파시키면, 브래그 그레이팅부가 변형되어 상기 주기구조의 피치(d)가 변화하므로, 선택적으로 반사되는 파장성분λ이 변화한다. 브래그 그레이팅부의 반사특성에 있어서는 가장 반사율이 높은(투과율이 낮은) 중심파장의 전후에 반사율이 변화하는 경사대역이 있으며, 이 경사대역의 범위에 중심파장을 갖는 검출광을 브래그 그레이팅부에 입사시키면서 초음파를 가한다. 그러면, 초음파의 세기에 따른 반사광(또는 투과광)의 강도변화를 관측할 수 있다. 이 빛의 강도변화를 환산함으로써 초음파의 강도를 계측할 수 있다.

다시 도 1을 참조하면 광섬유(13)에 입사한 빛은 브래그 그레이팅부에 의해 변조되어 반사된다. 이 반사광은 다시 분파기(12)에 입사해서 진로가 변경되며, CCD나 MOS형 센서나 포토다이오드(PD) 등으로 구성되는 광검출기(16)에 입사한다. 여기에서 반사광은 직접 또는 광섬유 등을 통해 광검출기(16)에 입사하도록 해도 좋고, 분파기(12)의 후단에 렌즈 등의 결상계(15)를 설치해서, 이것을 통해 광검출기(16)에 결상하도록 해도 좋다.

여기에서, 브래그 그레이팅부는 일반적으로는 감도가 높은 데다가 제작하기 쉽다. 그러나, 초음파진단에 있어서와 같이 고감도의 센서로서는 통상 일반적으로 사용되고 있는 브래그 그레이팅을 그대로 이용할 수는 없다. 화이버 브래그 그레이팅을 이용한 초음파센서에 관한 기술로서는 예를 들면 보우이대학의 TAKAHASHI 등에 의한 「Underwater Acoustic Sensor with Fiber Bragg Grating」OPTICAL REVIEW Vol. 4, No.6(1997)p. 691-694참조)를 들 수 있다.

이 논문에 있어서는 20kHz정도의 낮은 주파수대역의 초음파에 대해서는 소정 감도가 얻어진다고 되어 있지만, 통상의 초음파진단에 있어서 사용되는 메가헤르츠의 주파수대역의 초음파에 관한 기술은 없다.

그래서, 통상 일반적으로 사용되고 있는 브래그 그레이팅을 도 1에 나타낸 초음파 수신장치에 적용하여, 20kHz보다 높은 주파수대역의 초음파에 대한 동작확인을 행했다. 그 결과, 축방향으로부터 입사하는 초음파에 대해서는 충분한 감도가 얻어지지 않는 것이 확인되었다. 또, 브래그 그레이팅부의 길이를 바꾸어서 동작확인을 행한 결과, 하기의 (3)식으로 나타내는 브래그 그레이팅부에 있어서의 초음파파장 λ_s의 개략 3/4보다 큰 경우에는 검출된 파형이 실제로 수신한 초음파의 파형과 비교해서 저주파측으로 변형되는 동시에, 센서의 감도가 낮아지는 것이 확인되었다.

(초음파파장길이 λ_s)=(브래그 그레이팅부에 있어서의 음속)/(초음파의 주파수) ----------(3)

이하, 이 동작확인에 대해서 구체적으로 설명한다.

먼저, 브래그 그레이팅부의 길이(센서길이)를 변화시켜서 브래그 그레이팅의 동작을 비교하는 실험을 행했다. 이 실험에 있어서는 PZT를 이용해서 발생시킨 주파수대역 3.5MHz의 초음파를 센서길이 $3/4\lambda_s$ 및 센서길이 $3/2\lambda_s$를 갖는 2종류의 브래그 그레이팅에 인가했다. 이 때, 상기 2종류의 센서로부터 각각 출력된 검출신호의 파형을 도 3의 (a) 및 (b)에 나타낸다.

도 3의 (a)에 나타내듯이, 센서길이가 $3/4\lambda_s$의 경우에는 인가되는 초음파에 따라 검출신호의 진폭이 관측되었다. 이것에 대해서, 도 3의 (b)에 나타내듯이, 센서길이가 $3/2\lambda_s$의 경우에는 검출신호의 진폭의 변화는 거의 관측되지 않았다. 이것으로부터, 센서길이가 길어지면, 센서의 감도가 현저히 악화되는 것을 알 수 있다.

다음에, 다른 센서길이를 갖는 브래그 그레이팅에 대해서 초음파를 인가함으로써 출력되는 검출신호의 파형을 시뮬레이션에 의해 구했다. 이 시뮬레이션에 있어서는 센서길이 $1/2\lambda_s$, $3/4\lambda_s$, λ_s, $3/2\lambda_s$를 갖는 4종류의 센서에 대해서, 사인파의 2파장에 상당하는 2주기에 걸쳐서 초음파를 인가한다라고 가정했다. 또, 초음파가 센서에 입사했을 때에는 파형강도에 대응한 응력분포가 센서길이방향으로 발생하고, 센서내에서의 평균응력에 비례한 신호강도가 얻어진다라고 가정했다. 이 시뮬레이션결과를 도 4에 나타낸다.

도 4에 있어서, 센서길이가 $(1/\infty)\lambda_s$, 즉 무한소일 때의 파형은 인가되는 3.5MHz의 초음파의 2주기분의 파형을 나타내는 이상적인 파형이다. 이것에 대해서, 다른 센서길이를 이용했을 때의 파형은 센서길이가 길어짐에 따라 검출신호의 진폭은 작아지며, 검출신호의 위상은 느려진다. 또, 센서길이가 λ일 때에는 1/2파장을 검출한 후에 진폭이 0으로 되어 있는 부분이 계속되고 있다. 이것은 초음파가 센서내를 전파하는 도중에, 센서내에 존재하는 진폭의 평균값이 0이 되는 상태가 계속되고 있기 때문이라고 생각된다. 또한, 센서길이가 $3/2\lambda_s$일 때에는 진폭이 보다 작아지며, 파형이 초음파의 수신파형의 상이형으로도 되어 있지 않다. 이와 같이, 센서길이가 길어지면, 센서의 성능이 나빠진다. 이 때문에 위상 및 진폭을 포함하는 초음파의 파형을 센서로부터 출력되는 검출신호에 의해 충실하게 재현하기 위해서는 센서길이를 무한으로 짧게 할 필요가 있다. 그러나, 도 4에 나타내듯이, 센서길이가 $3/4\lambda_s$일 때의 파형정도의 검출신호를 얻을 수 있으면, 미리 위상변형을 얻고, 이 위상변형을 이용해서 초음파의 수신파형을 재현하는 것은 가능하다. 또, 일반적인 초음파 수신장치에 있어서, 검출신호는 위상정합처리나 로우패스 필터처리 등을 경유하여 화상화되므로, 검출신호를 화상화할 때에는 검출신호의 파형으로서는 반드시 초음파의 수신파형을 충실하게 재현할 필요는 없다. 예를 들면, 도 4에 나타낸 센서길이가 $3/4\lambda_s$일 때의 파형정도의 변형이면, 초음파의 수신파형을 완전하게 재현하지 않아도 실용상 문제는 되지 않는다. 따라서, 센서길이가 $3/4\lambda_s$이하이면 화상화하기 위해 필요한 검출신호를 얻을 수 있다라고 생각된다.

이와 같이, 실험이나 시뮬레이션에 있어서, 센서길이가 긴 경우에, 검출신호의 파형변형이 관측되었지만, 이 원인으로서는 다음과 같은 것이 고려된다. 여기에서, 도 5를 참조하면, 브래그 그레이팅부가 브래그 그레이팅부를 전파하는 초음파파장이상의 길이를 갖는 경우에, 초음파가 브래그 그레이팅부를 전파하는 과정이며, 브래그 그레이팅부내에 신축의 위상이 반전하는 부분이 발생하게 된다. 이 때문에, 센서부 전체로서 본 경우에, 신축의 위상이 상쇄되어 버리는 것이 원인이라고 생각된다.

이러한 현상을 피하기 위해서는 브래그 그레이팅부의 길이를 브래그 그레이팅부에 있어서의 초음파파장보다 짧게 할 필요가 있으며, 바람직하게는 초음파파장의 약 3/4이하, 더욱 바람직하게는 절반 정도로 하면 좋다. 예를 들면, 검출대상인 초음파의 주파수가 3.5MHz, 브래그 그레이팅부의 재질중의 음속이 5500m/s일 때, 브래그 그레이팅부를 전파하는 초음파의 파장 λ_s 은 다음과 같이 산출된다.

$\lambda_s = 5500/(3.5\times10^6) = 1571.4(\mu m)$

따라서, 브래그 그레이팅부의 길이의 상한은 다음과 같이 산출된다.

$1571\times(3/4) = 1178.5(\mu m)$

이것으로부터, 브래그 그레이팅부의 길이를 1178.5㎛이하(예를 들면, 1mm정도)로 하면, 브래그 그레이팅부내의 신축위상의 반전에 의한 영향을 억제할 수 있다. 따라서, 특히 축방향으로부터의 초음파에 대해서 높은 감도를 얻을 수 있다.

도 6은 본 실시형태에 따른 초음파 수신장치의 변형예이다. 이 초음파 수신장치는 도 1에 나타낸 초음파 수신장치에, 광증폭기(1)와 광증폭기(2) 중 적어도 한 쪽을 추가한 것이다. 광증폭기(1)는 광원(11)과 분파기(12)사이에 배치되며, 광원(11)으로부터 입사한 빛을 증폭해서 분파기(12)에 출사한다. 한편, 광증폭기(2)는 분파기(12)와 렌즈 등의 결상계(15)사이에 배치되며, 분파기(12)로부터 입사한 빛을 증폭해서 결상계(15)에 출사한다. 결상계(15)를 이용하지 않는 경우에는 광증폭기(2)는 분파기(12)와 광검출기(16)사이에 배치되며, 분파기(12)로부터 입사한 빛을 증폭해서 광검출기(16)에 출사한다.

광증폭기로서는 예를 들면, 어븀(Er)을 도프한 광섬유증폭기EDFA(Er-Doped Optical Fiber Amplifier)를 사용한다. 이 EDFA는 빛의 강도를 약 1자리에서 2자리 상승시킬 수 있다.

이러한 광증폭기를 광원(11)과 광섬유(13)사이에 배치한 경우에는 초음파 검출소자(17)에 입사하는 입사광의 강도가 증폭된다. 또, 광증폭기를 광섬유(13)와 광검출기(16)사이에 배치한 경우에는 초음파 검출소자(17)에 입사하는 입사광의 강도는 변화하지 않지만, 광검출기(16)에 입사하는 반사광의 강도가 증폭된다. 이 경우에는 수신한 초음파에 의해 변조된 반사광의 강도변화도 증폭되게 된다.

어느 것으로 해도, 빛의 상태에서 강도를 증폭함으로써 광검출기(16)에 입사하는 반사광의 광량이 증가하므로, 광검출기(16)에 있어서의 전기적인 노이즈의 영향을 저감하고, 초음파 수신장치의 SN비를 향상시킬 수 있다. 또한, 양자를 병용하는 경우에는 보다 더 한층 SN비의 향상이 실현가능하다.

다음에, 본 실시형태에 따른 초음파 수신장치의 다른 변형예에 대해서, 도 7을 참조하면서 설명한다. 도 7에 나타낸 초음파 수신장치는 도 1에 나타낸 초음파 수신장치의 광원을 변경한 것이다. 즉, 도 7에 나타낸 예에 있어서는, 광대역광원으로부터 발생하는 빛을 협대역화필터에 의해 협대역화해서 이용하고 있다.

광대역광원으로서는 예를 들면, 증폭된 자연방출광을 방출하는 ASE(Amplified Spontaneous Emission)광원이나, 광대역섬유광원을 이용할 수 있다. 도 7에 있어서는 광대역광원으로서 ASE광원(9)을 사용하고 있다. ASE광원(9)은 광대역광증폭기(Broadband Optical Fiber Amplifier)의 구조를 증폭된 자연방출광을 발생시킬 수 있도록 바꾼 것이다. 광대역광증폭기의 상세에 대해서는 예를 들면 오코에하루키씨에 의한 「광대역광증폭기」(전자정보통신학회지 Vol. 82, No. 7, p. 718 724, 1999년 7월)를 참조한다.

도 8에 나타내듯이, ASE광원(9)은 광증폭용 광섬유(94)를 포함하고 있다. 광섬유(94)의 한쪽의 단부에는 렌즈(91)가 부착되어 있으며, 다른 쪽의 단부에는 여기광반사용 브래그 그레이팅부(92)가 형성되어 있다. 렌즈(91)의 도면중 좌측에는 레이저발진기(93)가 여기광원으로서 배치되어 있다. 레이저발진기(93)에 있어서 발생한 빛은 렌즈(91)를 통해 광섬유(94)에 입사해서 증폭되며, 증폭된 빛의 일부는 자연방출광으로서 브래그 그레이팅부(92)를 투과한다.

다시 도 7을 참조하면, ASE광원(9)이 발생시킨 빛은 분파기(10)에 입사한다. 분파기(10)는 제1방향으로부터 입사한 빛을 제2방향으로 통과시키는 동시에, 제2방향으로부터 되돌아 오는 반사광을 제1방향과는 다른 제3방향으로 통과시킨다. 도 7에 있어서는 분파기(10)로서 하프미러를 이용하고 있지만, 이것외에, 광서큘레이터나 편광빔스프리터를 이용해도 좋다.

ASE광원(9)을 나와서 분파기(10)를 통과한 빛은 광섬유(20)에 입사한다. 광섬유(20)의 선단에는 브래그 그레이팅부에 의해 구성된 협대역필터(19)가 설치되어 있다. 광섬유(20)에 입사한 빛은 협대역필터(19)의 브래그 그레이팅부에 의해 반사되며, 다시 분파기(10)에 입사한다. ASE광원(9)으로부터 발생한 자연방출광은 협대역필터(19)를 통과함으로써 협대역화된다.

협대역필터(19)에 의해 반사된 빛은 다시 분파기(10)에 입사하며, 진로를 변경하여 분파기(12)에 입사한다. 분파기(12)를 통과한 빛은 광섬유(13)에 입사하고, 광섬유(13)의 선단에 설치된 초음파 검출소자(17)에 의해 변조된다.

여기에서, 브래그 그레이팅부는 온도의 변화에 의해 반사광의 중심파장이 0.01nm/℃의 비율로 변화한다. 그 때문에, 단일파장의 레이저광을 발생하는 광원을 이용하면, 브래그 그레이팅부에 의해 구성된 초음파 검출소자(17)의 감도가 온도의 변화에 따라 크게 변화하게 된다라는 문제가 있었다.

그러나, 도 7에 나타내듯이, ASE광원(9)으로부터 발생한 자연방출광을 협대역필터(19)에 의해 협대역화하면, 단일파장의 레이저광에 가까운 대역을 확보하는 동시에, 온도의 변화에 의한 초음파 수신장치의 감도의 변화를 저감할 수 있다.

즉, 협대역필터(19)와 초음파 검출소자(17)를 동일한 재료로 형성하고, 예를 들면 협대역 필터(19)와 초음파 검출소자(17)를 열전도율이 높은 재료로 결합하거나, 협대역 필터(19)와 초음파검출소자(17)를 물리적으로 근접시킴으로써 열적 결합을 꾀하고 있다. 또는, 협대역 필터(19)와 초음파검출소자(17)의 둘레에 열파이프를 배치해도 좋다.

이것에 의해, 협대역 필터(19)의 브래그 그레이팅부와 초음파 검출소자(17)의 브래그 그레이팅부가 거의 동일한 온도가 되므로, 온도에 의해 초음파 검출소자(17)의 반사특성이 변이해도 초음파검출소자(17)에 입사하는 빛의 파장도 마찬가지로 변이해서 초음파 수신장치의 감도의 변화를 저감할 수 있다.

다음에, 본 발명의 제2실시형태에 따른 초음파 수신장치에 대해서, 도 9 및 도 10을 참조하면서 설명한다. 이 초음파 수신장치는 본 발명의 제1실시형태에 따른 초음파 수신장치에 있어서의 초음파 검출소자(17)를 초음파 검출소자(다층막센서)(30)로 변경한 것이다.

도 9는 본 실시형태에 따른 초음파 수신장치를 원리적으로 나타낸 도이다. 이 초음파 수신장치는 초음파 감지부로서, 브래그 그레이팅구조를 갖는 초음파 검출소자(30)를 가지고 있다. 초음파 검출소자(30)는 직경 2cm정도의 원이나 그 이상의 면적을 갖고 있으며, 초음파를 인가함으로써 변형을 발생한다.

도 10은 도 9에 나타낸 초음파 검출소자(30)의 구조를 확대해서 나타내고 있다. 초음파 검출소자(30)는 기판(31)과, 기판(31)상에 다른 굴절율을 갖는 2종류의 재료층을 교대로 적층함으로써 형성된 다층막(32)을 포함하고 있다. 도 10에는 굴절율n_3을 갖는 재료층(C)과, 굴절율n_4을 갖는 재료층(D)이 나타내어져 있다. 기판(31)으로서는 예를 들면 석영유리(SiO_2)나 BK7(쇼트사의 제품) 등의 광학유리 등이 이용된다.

재료층(C, D)에 이용되는 물질로서는 굴절율이 서로 10%이상 다른 물질의 조합이 바람직하다. 즉, $n_3 < n_4$일 때, $n_3 \times 1.1 \leq n_4$를 만족하는 물질을 선택한다. 이것은 재료층(C)과 재료층(D)의 경계면에서, 높은 반사율을 얻기 위함이다. 또, 재료층(C,D)은 신축하기 쉬운 물질인 것이 바람직하다. 이것은 초음파가 인가되었을 때의 변형량을 증대하고, 결과적으로 시스템의 감도를 높이기 위함이다. 이러한 조건을 만족하는 물질의 조합으로서, SiO_2와 산화티탄(Ti_2O_3)의 조합이나, SiO_2와 산화탄타르(Ta_2O_5)의 조합 등을 들 수 있다. 예를 들면, 전자의 경우에, 1520nm의 레이저광에 대한 SiO_2의 굴절율은 약 1.45, Ti_2O_3의 굴절율은 약 2.0이며, 이것은 굴절율이 10%이상 다르다라는 상기 조건을 충분히 만족하고 있다.

각각의 재료층(C,D)의 층두께(막두께)는 초음파 검출소자(30)에 입사하는 빛의 파장λ의 대략 1/4정도인 것이 바람직하다. 여기에서, 막두께란 재료층의 굴절율(n)과 재료층의 두께(t)의 곱으로 나타내어지는 광학거리이다. 즉, nt=λ/4가 조건이 된다. 이것에 의해, 다층막(32)의 주기구조의 피치가 입사광의 파장이 대략 1/2정도로 되며, 브래그의 반사조건의 식(2)을 만족하는 파장성분을 선택적으로 반사하며, 기타의 파장성분을 투과시키도록 된다.

또는, 층두께 λ/4를 갖는 재료층(C,D)을 교대로 적층하고, 각각 층두께 λ/2를 갖는 재료층(C) 또는 재료층(D) 중 어느 한 쪽을 적층해도 좋다.

이러한 재료층(C) 및 재료층(D)이 기판(31)상에 진공증착이나 스퍼터링 등의 방법에 의해 다층(예를 들면, 각 100층) 형성되어 있다.

여기에서, 본 실시형태에 있어서도, 제1실시형태와 마찬가지로, 초음파 감지부의 길이, 즉, 다층막(32)의 두께는 신장/축소의 위상이 센서내에서 대략 일치하도록, 전파하는 초음파의 파장의 3/4이하의 길이인 것이 바람직하다.

이러한 초음파 검출소자를 기판에 SiO_2, 재료층에 SiO_2 및 Ti_2O_3를 이용해서 제작했다. 다층막(32)의 층수는 각 층 100층씩 총 200층으로 했다. 이 초음파 검출소자에 레이저광을 입사하는 시뮬레이션을 행한 결과, 다음과 같은 결과가 얻어졌다. 즉, 입사광의 파장의 변화에 대한 반사율의 경사는 반사율 25%에 있어서, 2.8dB/0.01nm였다.

이와 같이, 다층막(32)의 층수를 늘림으로써, 반사율이 높아지는 동시에, 파장의 변화에 대해서 반사율은 급격한 변화를 나타내게 되며, 센서의 감도를 향상시킬 수 있다.

다시 도 9를 참조하면, 광원(11)으로부터 발생한 레이저광은 분파기(12)를 통과하여, 초음파 검출소자(30)의 다층막(32)측에 입사한다. 여기에서, 입사광이 분파기(12)를 통과하기 전에 빔엑스펜더(33)에 의해 입사광을 확대해도 좋다.

한편, 초음파 검출소자(30)에 초음파를 전파시키면, 초음파의 전파에 따라 초음파 검출소자(30)가 변형하며, 다층막(32)의 주기구조의 피치가 변화한다. 이것에 따라 선택적으로 반사되는 빛의 파장성분도 변화하므로, 초음파의 강도에 따른 반사광의 강도변화를 관측할 수 있다. 여기에서 초음파 검출소자(30)는 초음파를 면으로 받으므로, 초음파의 2차원 강도분포정보를 취득할 수 있다.

초음파 검출소자(30)로부터 반사된 빛은 분파기(12)에 의해 반사되며, 광검출기(34)에 반사한다. 광검출기(34)는 복수의 CCD나 PD 등으로 구성되는 2차원 어레이검출기이며, 반사광은 여기에서 화소분할되어 검출된다. 이 때, 반사광은 직접 또는 광섬유 등을 통해 광검출기(34)에 입사하도록 해도 좋고, 분파기(12)의 후단에 렌즈 등의 결상계(15)를 설치해서 이것을 통해 광검출기(34)에 결상하도록 해도 좋다.

본 실시형태에 따른 초음파 수신장치에 있어서는, 이밖에, 도 6에 나타낸 변형예와 같이 광증폭기(1,2)를 다시 설치하거나, 도 7에 나타낸 변형예와 같이 광대역광원을 협대역화해서 이용해도 좋다. 후자를 이용할 때에는 협대역 필터(19)의 브래그 그레이팅부대신에 본 실시형태에 있어서의 초음파 검출소자를 이용하여, 초음파 검출용 초음파 검출소자와 열적 결합을 꾀하면 좋다.

본 실시형태에 의하면, 다층막 센서를 이용함으로써, 초음파를 2차원적으로 검출할 수 있다. 이와 같은 다층막 센서는 화이버 브래그 그레이팅을 어레이화하기 보다 저렴하게 제작할 수 있으므로, 2차원 센서를 제작할 때의 비용을 낮출 수 있다. 또, 다층막은 증착이나 스퍼터링 등으로 1층마다 제막되므로, 굴절율차가 큰 부재를 선택할 수 있다. 이것에 의해, 반사율의 경사를 올리는 것이 가능하게 되며, 초음파 수신장치의 감도를 향상시킬 수 있다.

다음에, 본 발명의 제3실시형태에 따른 초음파 수신장치에 대해서 도 11을 참조하면서 설명한다. 이 초음파 수신장치는 본 발명의 제1실시형태에 따른 초음파 수신장치에 있어서의 초음파 검출소자(17)를 초음파 검출소자(18)로 변경한 것이다.

도 11에 나타내듯이, 광섬유(13)의 선단에는 초음파 검출소자(18)가 설치되어 있다. 초음파 검출소자(18)는 브래그

그레이팅부(17)와, 패브리페로공진기(14)의 양쪽을 포함하고 있다. 즉, 광섬유(13)의 선단에 브래그 그레이팅부(17)를 형성하고, 다시 그 끝에 하프미러(도면중 우측) 및 전체반사미러(도면중 좌측)를 갖는 퍼브리페로공진기(14)를 형성하고 있다. 본 실시형태에 있어서도, 브래그 그레이팅부(17)와 패브리페로공진기(14)를 포함하는 초음파 감지부의 길이는 위상의 신축에 의한 영향을 억제하기 위해, 전파하는 초음파의 파장의 3/4이하의 길이, 바람직하게는 절반정도의 길이를 갖는 것으로 한다.

여기에서, 패브리페로공진기에 대해서 설명한다. 패브리페로공진기는 싱글모드광섬유의 끝에 금증착 등에 의해 하프미러를 형성하고, 그 끝에 폴리에스테르수지 등에 의해 형성되는 캐비티를 설치하고, 다시 그 끝에 금증착 등에 의해 전체반사미러를 형성한 것이다. 캐비티를 형성하는 부재는 초음파가 인가됨으로써 기하학적 변위를 받는다.

이 패브리페로공진기에, 하프미러측으로부터 검출광을 입사시키고, 전체반사미러측으로부터 초음파를 인가하면, 초음파의 음압변화에 의해 캐비티의 광로길이가 변화하므로, 패브리페로공진기로부터 반사되는 빛의 강도가 변화한다. 따라서, 이 빛의 강도변화를 환산함으로써 초음파의 강도를 계측할 수 있다. 이 패브리페로공진기는 센서길이가 짧기 때문에, 센서의 축방향의 분해능이 높다라는 특징을 가지고 있다.

이러한 패브리페로공진기를 브래그 그레이팅부와 조합해서 이용함으로써, 브래그 그레이팅부(17)에 의해 반사되지 않은 빛을 패브리페로공진기에 의해 반사할 수 있다.

발명의 효과

이상 서술한 바와 같이, 본 발명에 의하면, 전파하는 초음파의 파장에 기초하여 초음파 감지부의 길이를 측정하므로, 상기 초음파 감지부에 있어서의 신축위상의 반전에 의한 영향을 억제하고, 특히 축방향으로부터의 초음파에 대해서 높은 감도를 갖는 초음파 수신장치를 실현할 수 있다. 따라서, 이러한 초음파 수신장치를 이용한 2차원 센서나 초음파 진단장치 등을 실현할 수 있는 가능성이 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

인가되는 초음파에 기초하여 빛을 변조하는 초음파 검출소자로서, 전파하는 초음파의 파장의 3/4이하의 길이를 갖는 초음파 감지부를 갖는 상기 초음파 검출소자; 및

상기 초음파 검출소자로부터 출력되는 빛을 검출하는 광검출기를 구비하는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 초음파 감지부는 브래그 그레이팅구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 3.

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 초음파 검출소자는 빛이 입사하는 제1단부를 갖는 광섬유의 제2단부에 형성된 화이버 브래그 그레이팅인 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 4.

제3항에 있어서, 상기 광섬유가 싱글모드섬유인 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 5.

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 초음파 검출소자는 다른 굴절율을 갖는 2종류의 재료를 교대로 적층함으로써 형성되는 다층막을 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 6.

제5항에 있어서, 상기 다른 굴절율을 갖는 2종류의 재료가 서로 적어도 10%다른 굴절율을 갖는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 7.

제5항 또는 제6항에 있어서, 상기 다층막을 형성하는 각 재료의 층이 상기 다층막에 입사하는 빛의 파장의 약 1/4의 막두께를 갖는 층을 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 8.

제7항에 있어서, 상기 다층막을 형성하는 각 재료의 층이 상기 다층막에 입사하는 빛의 파장의 약 1/2의 막두께를 갖는 층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 9.

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 광원으로부터 발생한 빛을 증폭해서 상기 초음파 검출소자에 입사하는 광증폭기를 구비하는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 10.

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 초음파 검출소자로부터 출력되는 빛을 증폭해서 상기 광검출기에 입사하는 광증폭기를 구비하는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 11.

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 500 1600nm의 파장을 갖는 싱글모드레이저광을 발생하는 광원을 구비하는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 12.

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 광대역광원; 및

상기 광대역광원으로부터 발생한 빛을 협대역화하는 협대역화 필터를 구비하는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 13.

제12항에 있어서, 상기 광대역광원은 증폭된 자연방출광을 방출하는 ASE(Amplified Spontaneous Emission)광원인 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 14.

제12항 또는 제13항에 있어서, 상기 협대역화 필터가 상기 초음파 검출소자의 브래그 그레이팅구조와 동일한 재료로 구성된 브래그 그레이팅구조를 가지며,

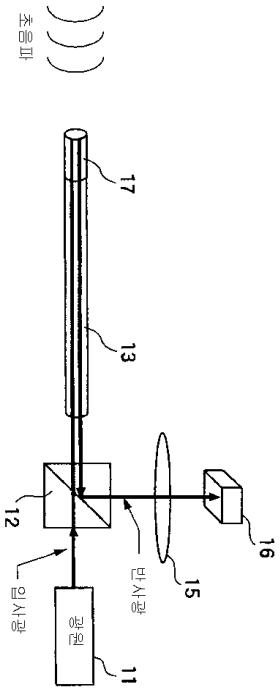
상기 협대역화 필터의 브래그 그레이팅구조와 상기 초음파 검출소자의 브래그 그레이팅구조가 열적으로 결합하고 있는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 15.

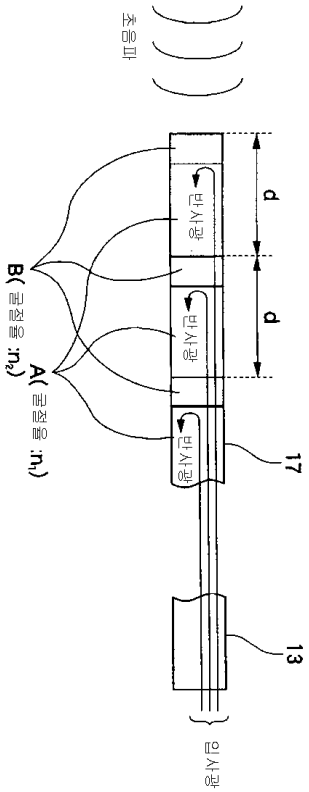
제1항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광검출기가 CCD, MOS형 센서, 또는 포토다이오드를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

도면

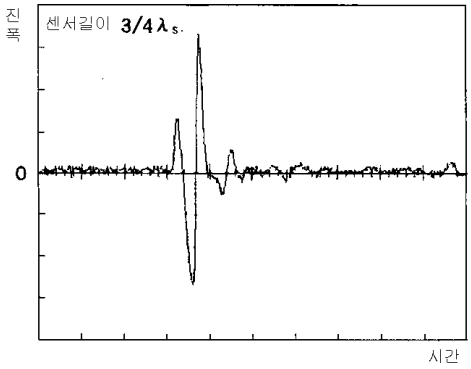
도면 1



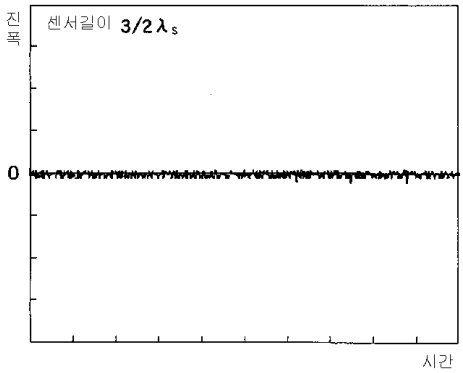
도면 2



도면 3

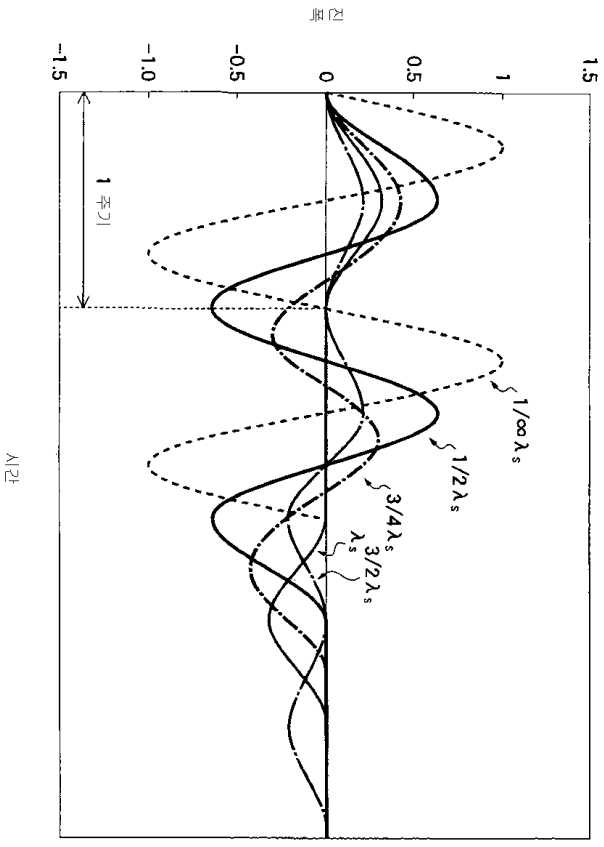


(a)

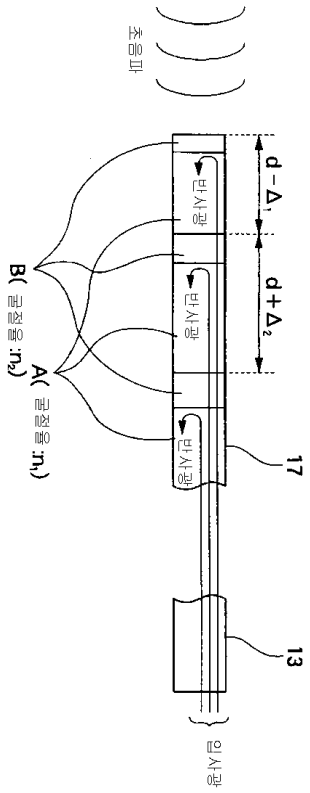


(b)

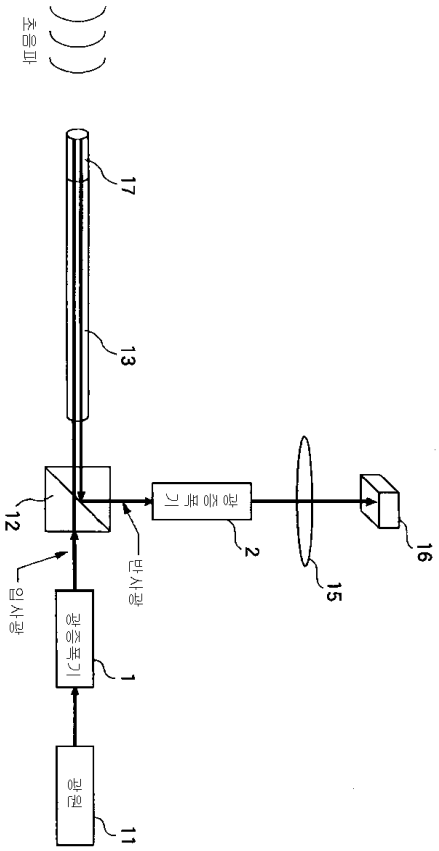
도면 4



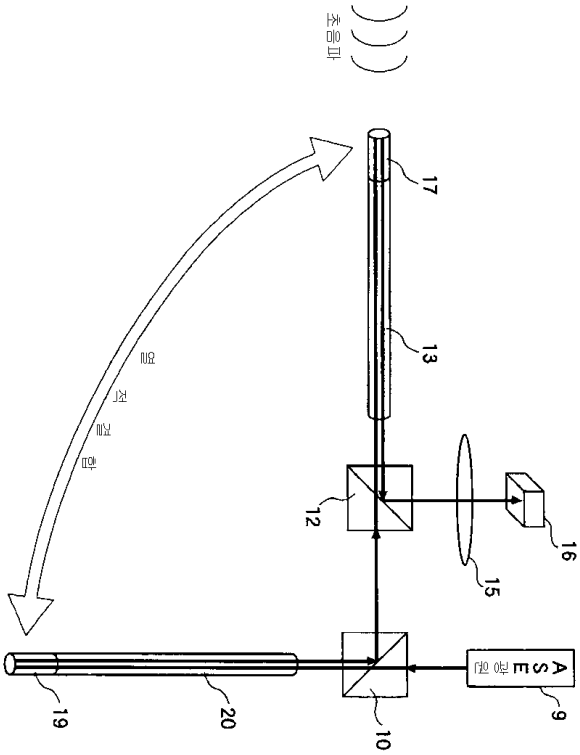
도면 5



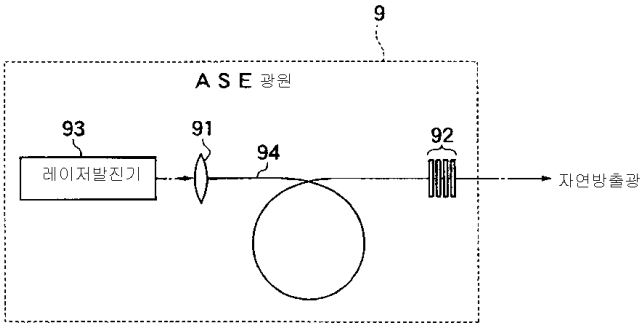
도면 6



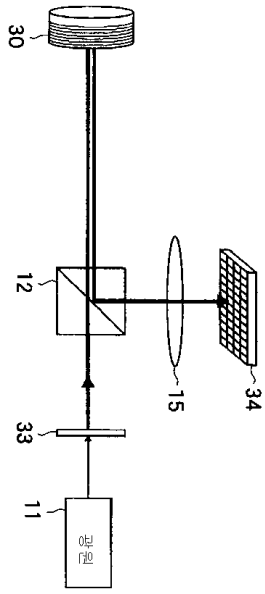
도면 7


초음파
17
13
12
15
16
ASE 광원
9
10
19
20

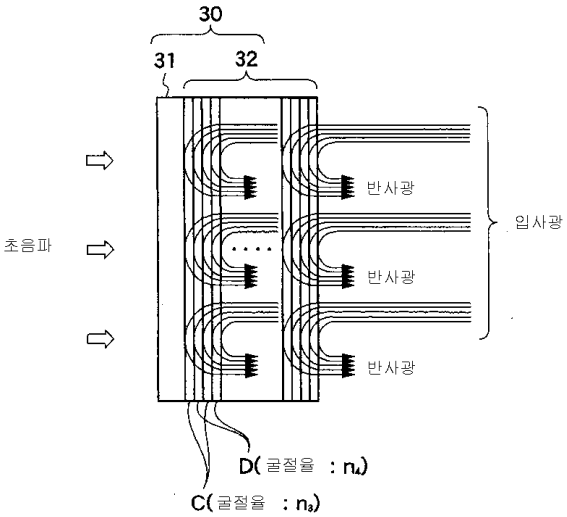
도면 8


9
ASE 광원
93
레이저발진기
91
94
92
자연방출광

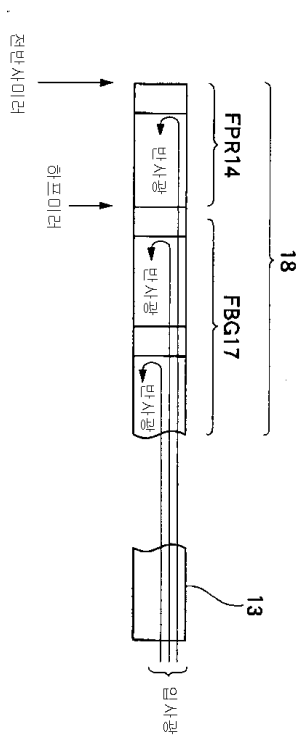
도면 9



도면 10



도면 11



专利名称(译)	超声波接收器		
公开(公告)号	KR1020020087865A	公开(公告)日	2002-11-23
申请号	KR1020020026148	申请日	2002-05-13
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	富士胶片有限公司		
[标]发明人	OGAWA EIJI		
发明人	OGAWA,EIJI		
IPC分类号	G01S7/521 G01S15/89 G01H9/00 H04R23/00 G01N29/24 A61B8/00		
CPC分类号	G01H9/004		
代理人(译)	HA，桑KU HA，杨郁		
优先权	2001142708 2001-05-14 JP 2001296344 2001-09-27 JP 2002107850 2002-04-10 JP		
其他公开文献	KR100879730B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

关于光学检测方法的超声波接收装置，提供了具有获得良好灵敏度的条件的超声波接收装置。超声波检测装置（17）具有长度小于超声波波长的3/4的超声波传感器，其基于所施加的超声波调制光，并且检测从超声波检测装置输出的光的光学检测器（16）是包括在内。具有长度小于超声波波长的3/4的超声波检测装置（17）基于所施加的超声波调制光，是超声波检测装置并且光传播。