(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl. [7]
A61B 8/00

(11) 공개번호 특2001-0100925
(43) 공개일자 2001년11월14일

(21) 출원번호 10-2001-0023194
(22) 출원일자 2001년04월28일

(30) 우선권주장 2000-133085 2000년05월02일 일본(JP)
2001-26293 2001년02월02일 일본(JP)

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

(72) 발명자 오가와에이지
일본국가나가와켄아시가라카미군카이세이마치미야노다이798,후지샤신필름가부시키가이샤나이

(74) 대리인 하상구
하영욱

심사청구 : 없음

(54) 초음파용 탐촉자 및 초음파 수신장치, 그리고 초음파진단장치

요약

다수의 미세소자로의 전기적 배선의 필요가 없고, 누화나 전기적 임피던스의 증대를 초래하지 않는 초음파용 탐촉자. 이 초음파용 탐촉자는 제1단부로부터 빛이 입사되는 복수의 광전송로를 포함하는 광전송로 어레이와, 복수의 광전송로의 제2단부에 형성되고, 인가되는 초음파에 기초하여 각각의 광전송로를 통하여 입사된 빛을 변조하는 복수의 초음파 검출소자를 구비한다.

대표도
도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 제1실시예에 관한 초음파 수신장치를 원리적으로 나타내는 도면,

도 2는 본 발명의 제2실시예에 관한 초음파 수신장치를 원리적으로 나타내는 도면,

도 3은 본 발명의 제2실시예에 관한 초음파 수신장치에서의 초음파 검출소자의 반사특성의 예를 나타내는 도면,

도 4는 본 발명의 제3실시예에 관한 초음파 수신장치의 일부를 원리적으로 나타내는 도면,

도 5는 본 발명의 제4실시예에 관한 초음파 수신장치를 원리적으로 나타내는 도면,

도 6은 본 발명의 제5실시예에 관한 초음파 수신장치를 원리적으로 나타내는 도면,

도 7은 도 6에 나타낸 초음파 검출부의 구조를 나타내는 도면,

도 8은 도 6에 나타낸 분파기의 구조를 나타내는 도면,

도 9는 본 발명의 제6실시예에 관한 초음파 수신장치를 원리적으로 나타내는 도면,

도 10은 본 발명의 제6실시예에 있어서 사용하는 ASE광원을 원리적으로 나타내는 도면,

도 11은 도 10의 ASE광원이 발생하는 자연방출광의 스펙트럼을 나타내는 도면,

도 12는 본 발명의 제6실시예에 있어서 사용하는 협대역 필터의 출력광의 스펙트럼을 나타내는 도면,

도 13은 본 발명의 제6실시예에서의 초음파 검출소자의 입사광과 반사특성의 관계(초기상태)를 나타내는 도면,

도 14는 본 발명의 제6실시예에서의 초음파 검출소자의 입사광과 반사광의 관계(온도상승후)를 나타내는 도면,

도 15는 본 발명의 제7실시예에 관한 초음파 수신장치의 일부를 원리적으로 나타내는 도면,

도 16은 본 발명에 관한 초음파 수신장치에 포함되는 초음파용 탐촉자의 구조를 나타내는 도면,

도 17은 본 발명에 관한 초음파 수신장치에 포함되는 초음파용 탐촉자의 구조를 나타내는 도면,

도 18은 본 발명의 제1실시예에 관한 초음파 진단장치를 나타내는 블록도,

도 19는 초음파를 펜슬빔 형상으로 좁혀넣어서 송신하는 경우의 검출방법을 설명하기 위한 도면,

도 20은 초음파를 면형상으로 좁혀넣어서 송신하는 경우의 검출방법을 설명하기 위한 도면,

도 21은 초음파를 평면파로서 송신하는 경우의 검출방법을 설명하기 위한 도면,

도 22는 본 발명의 제2실시예에 관한 초음파 진단장치를 나타내는 블록도이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 초음파용 탐촉자 및 초음파 수신장치에 관한 것이고, 또한, 그와 같은 초음파용 탐촉자나 초음파 수신장치를 사용하여 초음파를 수신함으로써 의료진단을 행하기 위한 초음파 진단장치에 관한 것이다.

종래, 초음파를 사용하여 3차원 화상을 취득할 때에는 심도방향의 단면에 대한 2차원 화상을 복수 취득하여 합성하였었다. 이 2차원 화상은 위치센서 부착의 1차원 센서어레이를 스캔시킴으로써 얻어지고, 또한, 시계열로 취득한 복수의 2차원 화상을 합성함으로써 3차원 화상이 얻어진다.

그러나, 이 방법에 의하면, 1차원 센서어레이의 스캔방향으로 시간지연(time lag)이 있기 때문에 다른 시각에서의 단면상을 합성하는 것으로 되기 때문에, 합성화상이 흐려진 것으로 되어 버린다. 따라서, 생체와 같은 움직임을 따르는 피사체의 이메이징에는 적합하지 않다.

리얼타임으로 3차원 화상을 취득하기 위해서는, 센서어레이를 스캔시키지 않고 2차원 화상을 취득할 수 있는 2차원 센서어레이가 필수적이고, 이와 같은 센서어레이의 개발이 요망되고 있다.

초음파 진단장치에 있어서, 초음파의 송수신을 행하는 소자(진동자 또는 탐촉자)로서는, PZT(티탄산 지르콘산납)으로 대표되는 압전세라믹이나 PVDF(고분자 압전소자) 등의 압전소자를 사용하는 것이 일반적이고, 이들 소자를 사용하여 2차원 어레이를 제작하는 방법이 검토되고 있다. 그러나, 상술의 PZT나 PVDF를 사용하는 경우에는 소자의 미세가공과, 다수의 미세소자로의 배선이 필요하고, 현상 이상의 미세화와 소자집적은 곤란하다. 또, 그들이 해결되었다고 하여도 소자간의 누화(crosstalk)가 증대하거나, 미세배선에 의한 전기적 임피던스의 상승에 의해 SN비가 열화되거나, 미세소자의 전극부가 파괴되기 쉽게 된다는 문제가 있기 때문에, PZT나 PVDF를 사용한 2차원 센서어레이의 실현은 곤란하다.

예를 들면, ULTRASONIC IMAGING 20, 1-15(1998)에는 Duke대학의 E.D.LIGHT등에 의한 「Progress in Two-Dimensional Arrays for Real-Time Volumetric Imaging」라는 표제의 논문이 게재되어 있다. 이 논문에는 PZT 초음파센서의 2차원 어레이를 보유하는 탐촉자가 개시되어 있다. 그러나, 동시에 다음과 같이도 서술되어 있다. 「동일한 질의 화상을 얻기 위해서는 2차원 어레이의 엘리먼트수는 128×128=16,384가 필요하다. 그러나 그와 같은 다수의 RF채널을 만드는 것은 복잡하고 또한 비용이 들이 때문에, 가까운 장래에는 가망이 거의 없을 것이다. 또, 다수의 엘리먼트를 빈틈없이 결선하는 것은 매우 곤란하다(제2페이지의 제14 18행)

한편, PZT와 같은 압전재료를 사용하지 않는 초음파센서로서, 광섬유를 이용한 센서도 사용되고 있다. 이와 같은 광섬유 초음파센서로서, 섬유브래그그레이팅(Fiber Bragg Grating ; FBG라고 약칭)을 사용하는 것(보우에이대학의 타카하시(TAKAHASHI)등에 의한「Underwater Acoustic Sensor with Fiber Bragg Grating」OPTICAL REVIEW Vol.4, No.6(1997) 691-694 참조)나, 파브리페로공진기(fabry-perot resonator ; FPR이라 약칭) 구조를 사용하는 것(동경공업대학의 우에노(UENO)등에 의한 「Fabrication and Performance of a Fiber Optic Micro-Probe for Megahertz Ultrasonic Field Measurements」T.IEE Japan, Vol.118-E, No.11, '98 참조)가 보고되어 있지만, 이들은 모두 단체의 센서이고, 센서어레이를 구성하는 것에 대해서는 아직 보고되어 있지 않다.

또, 상기 타카하시 등의 논문에는, 20㎑정도의 비교적 낮은 주파수대역의 초음파에 대하여 어느 감도가 얻어지는 것이 기재되어 있지만, 실제의 초음파진단에서 사용되는 ㎒의 주파수 대역의 초음파에 대해서는 기재되어 있지 않다. 따라서, 이들 센서를 실용화하기 위해서는 기재예보다 높은 주파수대역의 초음파에 대한 동작확인을 행함과 아울러, 필요하다면 그와 같은 대역에서 양호한 감도를 얻기 위한 조건을 구하지 않으면 안된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 이와 같은 문제점에 감안하여 이루어졌다. 본 발명의 제1의 목적은 다수의 미세소자로의 전기적 배선의 필요가 없고, 누화나 전기적 임피던스의 증대를 초래하지 않는 센서어레이를 구비한 초음파용 탐촉자를 제공하는 것이다.

또, 본 발명의 제2의 목적은, 탐촉자를 스캔시키지 않고 3차원 화상데이터를 얻을 수 있는 초음파 수신장치를 제공하는 것이다. 또한, 본 발명의 제3의 목적은, 그와 같은 초음파용 탐촉자나 초음파 수신장치를 사용한 초음파 진단장치를 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

상기 과제를 해결하기 위하여, 본 발명에 관한 초음파용 탐촉자는, 제1단부로부터 빛이 입사되는 복수의 광전송로를 포함하는 광전송로 어레이와, 복수의 광전송로의 제2단부에 형성되고, 인가되는 초음파에 기초하여 각각의 광전송로를 통하여 입사된 빛을 변조하는 복수의 초음파 검출소자를 구비한다.

또, 본 발명에 관한 초음파 수신장치는, 2차원상으로 배열되고, 인가되는 초음파에 기초하여 빛을 변조하는 복수의 초음파 검출소자와, 복수의 초음파 검출소자로부터 출력되는 빛을 검출하는 광검출기를 구비한다.

또한, 본 발명에 관한 초음파 진단장치는, 초음파를 송신하기 위한 구동신호를 발생하는 구동신호 발생회로와, 구동신호 발생회로로부터 출력되는 구동신호에 기초하여 피검체를 향하여 초음파를 송신하는 초음파 송신부와, 인가되는 초음파에 기초하여 빛을 변조하는 복수의 초음파 검출소자를 포함하는 초음파 검출부와, 초음파 검출부로부터 출력되는 빛을 검출하여 검출신호를 발생하는 광검출기와, 광검출기로부터 출력되는 검출신호를 처리하는 신호처리수단과, 구동신호 발생회로의 송신타이밍 및 신호처리수단의 수신타이밍을 제어하는 제어수단을 구비한다.

본 발명에 의하면, 초음파의 검출에 빛을 사용하므로 다수의 미세소자로의 전기적 배선의 필요가 없어, 누화나 전기적 임피던스의 증대를 초래하지 않는다. 따라서, 제작이 용이하고, SN비가 양호한 초읍파용 탐촉자나 초음파 수신장치, 그리고 그들을 사용한 초음파 진단장치를 실현할 수 있다.

이하, 본 발명의 실시예에 대하여 도면을 참조하면서 상세히 설명한다. 또한 동일한 구성요소에는 동일한 참조부호를 붙여서 설명을 생략한다.

도 1은 본 발명의 제1실시예에 관한 초음파 수신장치를 원리적으로 나타낸 도면이다.

이 초음파 수신장치는 바람직하게는 500 1600㎜의 단파장을 보유하는 싱글모드 레이저광을 발생하기 위한 광원(11)을 보유한다. 광원(11)으로부터 발생된 빛은 반투명거울 또는 광서큘레이터 또는 편광빔스플리터 등을 사용하여 구성되는 분파기(12)로 입사된다. 분파기(12)는 제1방향으로부터 입사된 입사광을 제2방향으로 통과시킴과 아울러, 제2방향으로부터 되돌아오는 반사광을 제1방향과는 다른 제3방향으로 통과시킨다. 본 실시예에 있어서는 분파기(12)로서 반투명거울을 사용하고 있다. 반투명거울은 입사광을 투과하여 입사방향과 반대의 방향으로부터 되돌아오는 반사광을, 입사방향과 거의 90° 의 각도를 이루는 방향으로 반사한다.

광원(11)을 나와 분파기(12)를 통과한 빛은 광섬유어레이(13)에 입사된다. 광섬유어레이(13)는 미세한 광섬유(13a, 13b, …)를 2차원형상으로 배열시킨 것이다. 이들 광섬유는 싱글모드 섬유인 것이 바람직하다. 또한, 복수의 광섬유에 대하여 하나의 광원을 설치하여도 관계없고, 복수의 광섬유에 대응하는 복수의 광원을 설치하여도 관계없다. 또, 복수의 광섬유에 대하여 하나의 광원이 발생하는 빛을 시계열로 스캔시키면서 입사하여도 된다.

광섬유어레이(13)의 선단에는 초음파 검출소자(14)가 설치되어 있다. 초음파 검출소자(14)는 광섬유(13a, 13b, …)의 선단에 각각 형성된 파브리페로공진기(FPR로 약칭)(14a, 14b, …)에 의해서 구성된다.

각각의 FPR의 일단(도면중 우측)에는 반투명거울이 형성되고, 타단(도면중 좌측)에는 전반사거울이 형성되어 있고,

초음파 검출소자(14)에 입사된 빛이 이들에 의해서 반사된다. 이 전반사면은 초음파 검출소자(14)에 인가되는 초음파에 의해 기하학적 변위를 받으므로, 반사광은 이것에 의해 변조되어 다시 분파기(12)로 입사된다. 분파기(12)에 입사된 반사광은 진로를 변경하여 CCD나 포토다이오드(PD)어레이 등으로 구성되는 광검출기(16)에 입사된다. 여기서, 반사광은 직접 혹은 광섬유 등을 통하여 광검출기(16)에 입사되도록 하여도 좋고, 분파기(12)의 후단에 렌즈 등의 결상계(15)를 설치하고 결상계(15)를 통하여 광검출기(16)에 결상되도록 하여도 좋다.

다음에, 초음파 검출소자(14)를 구성하는 파브리페로공진기의 동작에 대하여 상세히 설명한다. 파브리페로공진기는 싱글모드 광섬유의 앞에 금증착 등에 의해 반투명거울을 형성하고, 그 앞에 폴리에스테르수지 등에 의해서 형성되는 캐비티를 설치하고, 또한 그 앞에금증착 등에 의해 전반사거울을 형성한 것이다. 캐비티를 형성하는 부재는 초음파가 인가되는 것에 의해 기하학적 변위를 받는다.

이 파브리페로공진기에 반투명거울측에서 파장 λ의 검출광을 입사시켜 전반사거울측으로부터 초음파를 인가한다. 캐비티의 길이를 L, 굴곡율을 n으로 하면, 파브리페로공진기의 반사특성(G_R)은 (1)식으로 표시된다.

$$G_R=\frac{(\sqrt{R}-G_S)^2+4\sqrt{R}G_S\sin^2(2\pi nL/\lambda)}{(1-\sqrt{R}G_S)^2+4\sqrt{R}G_S\sin^2(2\pi nL/\lambda)} \quad \cdots\cdots(1)$$

여기서, R은 반투명거울의 반사율이고, G_S는 싱글패스의 이득이다.

이 식에서 초음파의 음압변화에 의해 캐비티의 광로길이(L)가 변화하면, 파브리페로공진기로부터 반사되는 빛의 강도가 변화되는 것을 알 수 있다.

파브리페로공진기의 반사특성에 있어서는, 반사율이 최대로 되는 파장과 반사율이 최소로 되는 파장의 중간에 반사율이 크게 변화하는 경사대역이 있고, 이 경사대역의 파장을 보유하는 빛을 파브리페로공진기에 입사시키면서 초음파를 가하면, 초음파의 강도에 따른 반사광의 강도변화를 관측할 수 있다. 이 빛의 강도변화를 환산함으로써 초음파의 강도를 계측할 수 있다. 이 파브리페로공진기는 센서길이가 짧기 때문에 센서의 축방향 분해능이 높다는 특징을 보유하고 있다.

다음에, 본 발명의 제2실시예에 대하여 설명한다. 도 2는 본 발명의 제2실시예에 관한 초음파 수신장치를 원리적으로 나타내는 도면이다.

이 초음파 수신장치는, 도 1에 나타낸 제1실시예에 과한 초음파 수신장치에 광증폭기(1)와 광증폭기(2) 중의 적어도 한쪽을 추가한 것이다. 광증폭기(1)는 광원(11)과 분파기(12)의 사이에 배치되고, 광원(11)으로부터 입사된 빛을 증폭하여 분파기(12)로 출사한다. 한편, 광증폭기(2)는 분파기(12)와 렌즈 등의 결상계(15)의 사이에 배치되어 분파기(12)로부터 입사된 빛을 증폭하여 결상계(15)로 출사한다. 결상계(15)를 사용하지 않는 경우에는, 광증폭기(2)는 분파기(12)와 광검출기(16)의 사이에 배치되어 분파기(12)로부터 입사된 빛을 증폭하여 광검출기(16)로 출사한다.

광증폭기로서는, 예를 들면 어븀(Er)을 도프(dope)한 광섬유증폭기 EDFA(Er-Doped Optical Fiber Amplifier)를 사용한다. 이 EDFA는 빛의 강도를 약 1자리수에서 2자수 상승시키는 것이 가능하다.

이와 같은 광증폭기를 광원(11)과 광섬유어레이(13)의 사이에 배치한 경우에는, 초음파 검출소자(14)에 입사되는 입사광의 강도가 증폭된다. 또, 광증폭기를 광섬유어레이(13)와 광검출기(16)의 사이에 배치한 경우에는, 초음파 검출소자(14)에 입사되는 입사광의 강도는 변화하지 않지만, 광검출기(16)에 입사되는 반사광의 강도가 증폭된다. 이 경우에는 수신한 초음파에 의해서 변조된 반사광의 강도변화도 증폭되게 된다.

어느 쪽이든, 빛의 상태로 강도를 증폭함으로써 광검출기(16)에 입사되는 반사광의 광량이 증가하므로, 광검출기(16)에서의 전기적인 노이즈의 영향을 저감하여 초음파 수신장치의 SN비를 향상시킬 수 있다. 또한, 양자를 병용하는 경우에는 더한층의 SN비의 향상이 실현가능하다.

또, 본 실시예의 구성에 의하면, 초음파 수신장치에 있어서의 SN비가 향상되므로, 그 향상분을 초음파 검출소자(14)의 필터특성의 규정을 완화하기 위하여 이용할수도 있다. 예를 들면, 도 3에 나타낸 바와 같이 초음파 검출소자(14)의 반사특성의 기울기를 완만하게 하는 것도 가능하다. 그 경우에는, 초음파 검출소자(14)의 제조가 용이하게 된다. 또, 반사특성의 선형영역이 넓어지므로, 입사광의 파장(λ_0)이 온도에 의해 다소 변동하여도 초음파를 정확히 검출할 수 있다.

다음에, 본 발명의 제3실시예에 관한 초음파 수신장치에 대하여 설명한다. 도 4는, 본 발명의 제3실시예에서의 초음파 수신장치의 일부를 원리적으로 나타낸 도면이다. 이 초음파 수신장치는 제1실시예에서의 파브리페로공진기 대신에 섬유브래그그레이팅(FBG라고 약칭)을 사용하고 있다. 즉, 제3실시예에서는, 도 1에 나타낸 것과 같은 광섬유어레이(13)의 선단에 BG구조를 갖는 초음파 검출소자(17)가 설치되어 있다. 초음파 검출소자(17)는 광섬유(13a, 13b, …)의 선단에 각각 형성된 브래그그레이팅부(17a, 17b, …)에 의해서 구성된다.

브래그그레이팅부는 굴절율이 다른 2종류의 재료층(광전파 매질)을, 브래그의 반사조건을 만족시키는 피치로 수천층 교대로 겹친 것이고, 단층의 파브리페로공진기보다도 높은 반사율과 급준한 파장의존성을 갖는다. 도 4에 있어서는, 굴절율(n_1)을 갖는 재료층(A)과, 굴절율(n_2)을 갖는 재료층(B)이 표시되어 있다. 이들 층의 동기구조의 피치(간격)를 d로 하고, 입사광의 파장을 λ로 하면, 브래그의 반사조건은 (2)식으로 표시된다. 단, m은 임의의 정수이다.

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

여기서 θ는 입사면에서 측정한 입사각이고, $\theta = \pi/2$로 하면 (3)식과 같이 된다.

$$2d = m\lambda \quad \cdots\cdot(3)$$

브래그그레이팅부는 브래그의 반사조건을 만족시키는 특정 파장의 빛을 선택적으로 반사하고, 그 외 파장의 빛은 투과한다.

브래그그레이팅부에 초음파를 전파시키면, 브래그그레이팅부가 변형하여 상기 주기구조의 피치(d)가 변화하므로, 선택적으로 반사되는 빛의 파장(λ)이 변화한다. 브래그그레이팅부의 반사특성에 있어서는 가장 반사율이 높은(투과율이 낮은) 중심파장의 전후에 반사율이 변화하는 경사대역이 있고, 이 경사대역의 범위에 중심파장을 갖는 검출광을 브래그그레이팅부에 입사시키면서 초음파를 가한다. 그러면, 초음파의 강도에 따른 반사광(또는 투과광)의 강도변화를 관측할 수 있다. 이 빛의 강도변화를 환산함으로써 초음파의 강도를 계측할 수 있다.

여기서, 브래그그레이팅부는 감도가 높은데다가 만들기 쉽고, 일반적으로는 민생용 제품을 전용하는 것도 가능하다. 그러나, 초음파 진단에서와 같이 고감도의 센서로서는 그대로 사용하는 것은 불가능하다. 예를 들면, 통상 시장에서 사용되고 있는 브래그그레이팅부를 사용하면, 20㎑보다도 높은 주파수대역에 있어서는 축방향으로부터 입사되는 초음파에 대한 감도가 낮아지는 것이 확인되고 있다. 또, 초음파 유감부의 길이(브래그그레이팅부의 길이)가 다음의 식

(초음파 파장) = (브래그그레이팅부에서의 음속)/(초음파의 주파수)

로 표시되는 브래그그레이팅부에서의 초음파 파장의 개략 3/4보다 큰 경우에는, 검출된 파형이 실제로 수신된 초음파의 파형과 비교하여 저주파측으로 비뚤어짐과 아울러, 센서의 감도가 낮아지고 만다. 이것은 브래그그레이팅부의 길이가 브래그그레이팅부에서의 초음파 파장의 절반보다도 큰 경우에, 초음파가 브래그그레이팅부를 전달하는 과정에서 브래그그레이팅부 내에 신축의 위상이 반전되는 부분이 발생하기 때문에, 이들 부분의 변위가 상쇄되어 버리는 것이 원인이라 생각된다.

이와 같은 현상을 피하기 위해서는, 브래그그레이팅부의 길이를 브래그그레이팅부에서의 초음파 파장의 개략 3/4이하, 바람직하게는 절반정도로 하면 좋다. 예를 들면, 검출대상인 초음파의 주파수가 3.5㎒, 브래그그레이팅부의 재질중의 음속을 5500m/s일 때, 브래그그레이팅부를 전파하는 초음파의 파장(λ_s)는 다음과 같이 산출된다.

$\lambda_s = 5500/(3.5/10^6)$

$= 1571.4(\mu m)$

따라서, 브래그그레이팅부의 길이의 상한은 다음과 같이 산출된다.

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

이것에 의해 브래그그레이팅부의 길이를 1178.5㎛ 이하로 하면, 브래그그레이팅부 내의 신축위상의 반전의 영향을 억제하여 초음파의 검출에 필요한 감도를 얻을 수 있다.

다음에, 본 발명의 제4실시예에 관한 초음파 수신장치에 대하여 설명한다. 본 실시예는 초음파 검출소자로서 브래그그레이팅 구조를 갖는 광도파로를 사용한 것이다. 도 5는 본 실시예에 관한 초음파 수신장치의 구성을 원리적으로 나타내고 있다. 도 5에 나타낸 바와 같이, 기판(55)에는 복수의 광도파로(51a, 51b, …)가 형성되어 있고, 또한 그 코어 선단부에는 브래그그레이팅부(52a, 52b, …)가 형성되어 있다. 광원(11)을 사출한 빛은 분파기(12)를 통과하여 각 광도파로(51a, 51b, …)에 입사된다. 각 광도파로에 있어서 그 선단에 형성된 브래그그레이팅부가 초음파에 의해 구조적으로 변화함으로써 빛은 변조된다. 각 브래그그레이팅부에 있어서 반사된 빛은 분파기(12)에서 진로를 변경하여 각각의 광도파로(51a, 51b, …)에 대응하는 광검출기(16a, 16b, …)로 입사된다. 이와 같이, 광검출기(16a, 16b, …)에 있어서 광강도의 변화를 검출함으로써 대응하는 광도파로에 전파된 초음파의 강도를 측정할 수 있다. 또한, 본 실시예에 있어서도 제3실시예의 경우와 같이, 광도파로에 형성된 브래그그레이팅부의 길이는 브래그그레이팅부를 전파하는 초음파의 파장의 3/4이하인 것이 바람직하다.

다음에, 본 발명의 제5실시예에 대하여 도 6 내지 도 8을 참조하면서 설명한다. 본 실시예는 초음파 검출소자로서 브래그그레이팅 구조를 갖는 광도파로(53)를 사용하고, 또한 검출광으로서 복수의 파장이 다른 빛을 다중화시켜서 사용하는 것이다. 도 6은 본 실시예에 관한 초음파 수신장치의 구성을 원리적으로 나타내고 있고, 도 7은 도 6에 나타내는 초음파 검출부(50)의 구조를 나타내고 있으며, 도 8은 도 6에 나타내는 분파기(41)의 구조를 나타내고 있다.

도 6에 나타낸 바와 같이, 이 초음파 수신장치는 광원(8)과, 광서큘레이터(113)와, 브래그그레이팅 구조를 갖는 광도파로를 포함하는 초음파 검출부(50)와, 초음파 검출부(50)로부터 입사되는 검출광을 분파하는 분파기(41)와, 분파된 빛의 강도를 검출하는 광검출기(16a, 16b, …)와, 이들 장치(unit)를 서로 접속하는 광섬유(56, 57, 58, 59a, 59b, …)를 가지고 있다. 본 실시예에 있어서는, 광원으로서 광대역의 빛(광대역광)을 발생하는 광대역광원(브로드밴드광원)(8)을 사용하고, 분파기(12)로서 빛의 진행방향을 그 입사방향에 따라서 전환하는 광서큘레이터(113)를 사용하고 있다.

도 6에서, 광원(8)을 사출한 빛은 광섬유(57)를 통하여 광서큘레이터(113)에 입사되고, 또한 광섬유(56)를 통하여 초음파 검출부(50)에 입사된다.

여기서, 도 7을 참조하면, 초음파 검출부(50)는 기판(55)에 형성된 도파로길이가 다른 역L자 형상의 복수의 광도파로(53a, 53b, …)를 보유하고 있다. 이들 광도파로(53a, 53b, …)는 각각의 단면이 일렬로 나란하도록 배열되어 있다. 또, 각각의 광도파로(53a, 53b, …)의 선단에는 브래그그레이팅(52a, 52b, …)이 형성되어 있다.

본 실시예에 있어서는, 각각의 브래그그레이팅을 구성하는 각층의 주기구조의 피치는, 식(3)에 기초하여 특정의 파장에 대하여 반사파장특성이 커지도록 결정되어 있다. 즉, 브래그그레이팅(52a)을 구성하는 각층의 주기구조의 피치(d)는 식(3)에 기초하여 브래그파장이 λ_1이 되도록 결정된다. 또, 브래그그레이팅(52b)을 구성하는 각층의 주기구조의 피치(d)는 식(3)에 기초하여 브래그파장이 $\lambda_2 (\neq \lambda_1)$로 되도록 결정된다, 나머지의 브래그그레이팅(52c, 52d, …)에 대해서도 마찬가지이다. 따라서, 브래그그레이팅(52a, 52b, …)의 반사파장특성은 서로 다르다. 복수의 브래그그레이팅(52a, 52b, …)은 초음파가 인가되면 초음파의 음압방향으로 신축된다. 이것에 의해 각각의 브래그그레이팅(52a, 52b, …)을 구성하는 각층의 주기구조의 피치(d)가 변화하고, 각각의 브래그파장을 바꾼다. 따라서, 초음파의 수신중에 각각의 브래그그레이팅(52a, 52b, …)에 입사되는 빛은 인가되는 초음파에 기초하여 변조된다. 또한, 본 실시예에 있어서도 제3실시예의 경우와 마찬가지로, 각각의 광도파로의 선단에 형성되는 브래그그레이팅부의 길이는 광도파로를 전파하는 초음파의 파장의 3/4이하인 것이 바람직하다.

광도파로(52a)의 말단부는 광섬유(56)와 접속되어 있다. 또, 광도파로(53a)의 말단부와 광도파로(53b)의 말단부의 사이에는 틈(gap)(54a)이 형성되어 있고, 이 틈(54a)은 빔스플리터로서 작용한다. 마찬가지로, 광도파로(53b)의 말단부와 광도파로(53c)의 말단부의 사이에는 빔스플리터로서 작용하는 틈(54b)이 형성되어 있다. 나머지의 광도파로(53c, 53d, …)에 대해서도 마찬가지이다. 본 실시예에 있어서는 복수의 광도파로(53a, 53b, …)를 이와 같이 접속함으로써 플레너광파회로(PLC:Planar Lightwave Circuit)가 실현되어 있다.

여기서, 도 7에 나타낸 초음파 검출부(50)의 동작에 대하여 설명한다. 복수의 파장성분(λ_1, λ_2,…, λ_N)을 포함하는 빛(L_{MUL})은, 이 초음파 검출부(50)에 공급되면 복수의 틈(54a, 54b, …)을 통과할 때마다 분파된다. 광도파로(53a)에 입사된 빛 L_1(파장: λ_1)은, 브래그그레이팅(52a)에 의해 광도파로(53a)를 향해서 반사되고, 브래그그레이팅(52a)에 인가되는 초음파에 기초하여 빛 L_1'로 변조된다. 또, 광도파로(53b)에 입사된 빛 L_2(파장: λ_2)는 브래그그레이팅(52b)에 의해 광도파로(53b)를 향해서 반사되고, 브래그그레이팅(52b)에 인가되는 초음파에 기초하여 빛 L_2'로 변조된다. 빛(L_{MUL})에 함유되는 나머지의 빛 L_3(파장: λ_3), L_4(파장: λ_4), …에 대해서도 마찬가지이다. 각각의 브래그그레이팅(52a, 52b, …)의 출사광(L_1', L_2', …)은 대응하는 틈(54a, 54b, …)에 있어서 차례로 합파되어 광섬유(56)로 입사된다.

다시, 도 6을 참조하면, 광섬유(56)로 입사된 빛은 광서큘레이터(113)에 의해서 진행방향이 변경되고, 광섬유(58)를 통하여 분파기(41)로 입사된다. 분파기(41)는 광섬유(58)로부터 입사된 빛(L_{MUL}')을 소정의 파장성분별의 복수의 빛(L_1', L_2', …)으로 분파한다. 분파기(41)에는 검출되는 빛의 파장대역이 다른 복수의 광검출기(16a, 16b, …)가 대응하는 광섬유(59a, 59b, …)를 통하여 접속되어 있다. 복수의 광검출기(16a, 16b, …)가 대응하는 광섬유(59a, 59b, …)를 통하여 입사된 빛(L_1', L_2', …)을 검출함으로써 초음파 검출부(50)에 함유되는 각각의 브래그그레이팅(52a, 52b, …)에 인가된 초음파의 강도를 검출할 수 있다.

여기서, 도 8을 참도하면, 본 실시예에 있어서는 분파기로서 플레너광파회로의 일종인 어레이도파로격자(AWG:Arrayed-Wavelength Grating)를 갖는 분파회로를 사용하고 있다. 이 분파회로는 1개의 입력도파로(71)가 접속된 입력측 슬래브도파로(72)와, 복수의 출력도파로(73a, 73b, …)가 접속된 출력측 슬래브도파로(74)의 사이를 일정한 도파로 길이차를 가진 복수의 어레이도파로(75a, 75b, …)에 의해 접속한 구성으로 되어 있다.

입력측 슬래브도파로(72)는 입력도파로(71)의 단부를 곡률중심으로 하는 부채꼴을 하고 있고, 출력측 슬래브도파로(74)는 복수의 출력도파로(73a, 73b, …)의 단부를 곡률중심으로 하는 부채꼴을 하고 있다. 복수의 어레이도파로(75a, 75b, …)는 각각의 광축이 입력측 슬래브도파로(72) 및 출력측 슬래브도파로(74)의 양쪽의 곡률중심을 통과하도록 방사상으로 배치되어 있다. 이것에 의해 입력측 슬래브도파로(72) 및 출력측 슬래브도파로(74)가 렌즈와 동등한 동작을 실현한다.

복수의 파장성분(λ_1, λ_2,…, λ_N)을 포함하는 빛(L_{MUL} ')은, 입력도파로(71)에 입사되면, 입력측 슬래브도파로(72)에서 회절에 의해 넓어지고, 복수의 어레이도파로(75a, 75b, …)를 동위상으로 여진한다. 각각의 여진광은 대응하는 어레이도파로(75a, 75b, …)를 통과할 때에 도파로 길이차에 따른 위상차가 주어지고, 출력측 슬래브도파로(74)에 달한다. 출력측 슬래브도파로(74)에 입사된 복수의 빛은 렌즈작용에 의해 서로 간섭하면서 복수의 출력도파로(73a, 73b, …)를 배치한 측의 1점에 집광하여, 동위상 조건이 성립하는 방향으로 회절한다. 또한, 도 8에 나타낸 분파회로에서의 입력측과 출력측을 교체함으로써 합파기로서 사용할 수 있다.

본 실시예에 있어서는, 광원으로서 광대역광원을 사용하였지만, 이 외에 파장이 다른 복수의 레이저발진기를 사용하여, 사출되는 레이저광을 합파하여 다중화한 빛을 사용하여도 된다. 이 경우, 도 8에 나타낸 분파기를 합파기로서 사용할 수 있다.

다음에, 본 발명의 제6실시예에 관한 초음파 수신장치에 대하여 설명한다. 도 9는, 본 실시예에서의 초음파 수신장치를 원리적으로 나타내는 도면이다. 본 실시예에 관한 초음파 수신장치는 제1 내지 제5실시예에서의 광원을 변경한 것이고, 광대역광원으로부터 발생하는 빛을 협대역화 필터에 의해 협대역화하여 사용한다. 본 실시예에 있어서는, 본 발명의 제3실시예에 관한 초음파 수신장치에 적용한 것을 예로서 설명한다.

광대역광원으로서는, 예를 들면 증폭된 자연방출광을 방출하는 ASE(Amplified Spontaneous Emission)광원(9)을 사용한다. ASE광원(9)은 광대역 광증폭기(Broadband Optical Fiber Amplifier)의 구조를, 증폭된 자연방출광을 발생할 수 있도록 바꾼 것이다. 광대역 광증폭기의 상세에 대해서는 예를 들면 오오코시하루키씨에 의한 「광대역 광증폭기」(전자정보통신학회지 Vol. 82, No. 7, pp.718 724, 1999년 7월)를 참조한다.

도 10에 나타낸 바와 같이, ASE광원(9)은 광증폭용 광섬유(94)를 포함하고 있다. 광섬유(94)의 한쪽 단부에는 렌즈(91)가 부착되어 있고, 다른쪽의 단부에는 여기광 반사용 FBG(92)가 형성되어 있다. 렌즈(91)의 도면중 좌측에는 레이저발진기(93)가 여기광원으로서 배치되어 있다. 레이저발진기(93)에서 발생한 빛은, 렌즈(91)를 통하여 광섬유(94)에 입사되어 증폭되고, 증폭된 빛의 일부는 자연방출광으로서 FBG(92)를 투과한다. ASE광원(9)이 발생하는 자연방출광은 도 11에 나타낸 바와 같이 광대한 스펙트럼을 보유하고 잇다. 또한, 광대역광원으로서, ASE광원 대신에 광대역섬유 광원을 사용하여도 된다.

다시 도 9를 참조하면, ASE광원(9)이 발생한 빛은 반투명거울 또는 광서큘레이터 또는 편광빔스플리터 등을 사용하여 구성되는 분파기(10)에 입사된다. 분파기(10)는 제1방향으로부터 입사된 빛을 제2방향으로 통과시킴과 아울러, 제2방향으로 되돌아오는 반사광을 제1방향과는 다른 제3방향으로 통과시킨다. 본 실시예에 있어서는 분파기(10)로서 반투명거울을 사용하고 있다.

ASE광원(9)을 나와 분파기(10)를 통과한 빛은 광섬유어레이(20)에 입사된다. 광섬유어레이(20)는 미세한 광섬유를 2차원상으로 배열시킨 것이다. 또한, 복수의 광섬유에 대하여 하나의 ASE광원을 설치하여도 상관없고, 복수의 광섬유에 대응하는 복수의 ASE광원을 설치하여도 관계없다. 또, 복수의 광섬유에 대하여 하나의 ASE광원이 발생하는 빛을 시계열로 스캔시키면서 입사하여도 된다.

광섬유어레이(20)의 선단에는 FBG에 의해서 구성된 협대역 필터(19)가 설치되어 있다. 광섬유어레이(20)에 입사된 빛은 협대역 필터(19)의 FBG에 의해서 반사되고, 다시 분파기(10)로 입사된다. ASE광원(9)으로부터 발생한 자연방출광은 협대역 필어(19)를 통과함으로써 도 12에 나타낸 바와 같은 스펙트럼으로 되고, 파장(λ_0)을 중심으로 하여 협대역화된다.

협대역 필터(19)에 의해서 반사된 빛은 다시 분파기(10)로 입사된다. 분파기(10)에 입사된 빛은 진로를 변경하여 분파기(12)로 입사된다. 분파기(12)를 통과한 빛은 광섬유어레이(13)에 입사된다. 광섬유어레이(13)의 선단에는 초음파 검출소자(17)가 설치되어 있다. 초음파 검출소자(17)는 복수의 광섬유의 선단에 각각 형성된 FBG에 의해서 구성된다. 광섬유어레이(13)에 입사된 빛은 초음파 검출소자(17)의 FBG에 의해서 반사된다. 이 FBG는 초음파 검출소자

(17)에 인가되는 초음파에 의해 기하학적 변위를 받으므로, 반사광은 이것에 의해 변조되어 다시 분파기(12)로 입사된다.

분파기(12)에 입사된 반사광은 진로를 변경하여 광검출기(16)로 입사된다. 반사광은 직접 혹은 광섬유 등을 통하여 광검출기(16)에 입사되도록 하여도 좋고, 분파기(12)의 후단에 렌즈 등의 결상계(15)를 설치하고 결상계(15)를 통하여 광검출기(16)에 결상하도록 하여도 된다. 또한, 제2실시예와 마찬가지로, 분파기(12)와 렌즈 등의 광검출기(16)(또는 결상계(15))의 사이에 배치되어, 분파기(12)로부터 입사된 빛을 증폭하여 광검출기(16)(또는 결상계(15))로 출사하는 광증폭기를 설치하여도 된다.

여기서, FBG는 온도의 변화에 의해서 반사광의 중심파장이 0.01㎚/℃의 비율로 변화한다. 그때문에, 단일파장의 레이저광을 발생하는 광원을 사용하면, FBG에 의해서 구성된 초음파 검출소자(17)의 감도가 온도의 변화에 의해서 크게 변화하여 버린다는 문제가 있었다.

그러나, 본 실시예에 있어서는, ASE광원(9)으로부터 발생한 자연방출광을 협대역 필터(19)에 의해서 협대역화 함으로써 단일파장의 레이저광에 가까운 대역을 확보함과 아울러, 온도의 변화에 의한 초음파 수신장치의 감도의 변화를 저감하고 있다.

즉, 본 실시예에 있어서는, 협대역 필터(19)와 초음파 검출소자(17)를 동일한 재료로 형성하고, 협대역 필터(19)와 초음파 검출소자(17)의 사이에서 열적결합을 도모하고 있다. 열적결합은 예를 들면 협대역 필터(19)와 초음파 검출소자(17)를 열전도율이 높은 재료로 결합하거나, 협대역 필터(19)와 초음파 검출소자(17)를 물리적으로 근저시킴으로써 실현된다. 또는, 협대역 필터(19)와 초음파 검출소자(17)의 주위에 히트파이프를 배치함에 의해서도 열적결합을 실현할 수 있다. 히트파이프를 사용하는 경우에는 대류하여 열을 전도시키는 유체를 히트파이프 속에 봉입한다.

이것에 의해, 협대역 필터(19)의 FBG와 초음파 검출소자(17)의 FBG가 거의 동일한 온도로 되므로, 온도에 의해서 초음파 검출소자(17)의 반사특성이 이동하여도 초음파 검출소자(17)에 입사되는 빛의 파장도 마찬가지로 이동하여 초음파 수신장치의 감도의 변화를 저감할 수 있다.

예를 들면, 초기상태에서 도 13에 나타낸 바와 같이, 협대역 필터(19)의 출력광, 즉 초음파 검출소자(17)로의 입사광의 중심파장이 λ_0이고, 초음파 검출소자(17)의 반사특성이, 중심파장(λ_0)의 입사광의 파장변화를 검출하는데 적합한 상태(중심파장 λ_1)라고 한다. 시간이 경과하여 초음파 검출소자(17)의 온도가 상승하고, 초음파 검출소자(17)의 반사특성이 도 14에 나타낸 바와 같이 중심파장(λ_1')의 상태로 변화하였다고 하여도, 입사광의 중심파장도 λ_0'로 변화하기 때문에 입사광의 파장변화를 검출하는데 적합한 상태를 유지할 수 있다. 여기서, 초음파 검출소자(17)의 중심파장의 이동량($\lambda_1' - \lambda_1$)과, 협대역 필터(19)의 출력광의 중심파장의 이동량($\lambda_0' - \lambda_0$)은 대략 같다.

다음에, 본 발명의 제7실시예에 관한 초음파 수신장치에 대하여 설명한다. 도 15는 제7실시예에서의 초음파 수신장치의 일부를 원리적으로 나타내는 도면이다. 도 15에 나타낸 초음파 검출소자(18)는 제1실시예에서의 파브리페로공진기(FPR)(14)와, 제3실시예에서의 섬유브래그그레이팅(FBG)(17)과의 양쪽을 포함하고 있다. 즉, 광섬유(13)의 선단에 FBG(17)를 형성하고, 또한 그 앞에 FPR(14)을 형성하고 있다. 이것에 의해 FBG(17)에 의해서 반사되지 않았던 빛을 FPR(14)에 의해서 반사하는 것이 가능하다. 또한, 본 실시예에 있어서는, 제1실시예와는 달리, 다파장 혹은 와이드밴드의 레이즈광을 사용하는 것에 적합하다.

이상, 몇개의 실시예에 있어서 서술한 바와 같은 초음파 수신장치에 포함되는 초음파용 탐촉자의 구조에 대하여, 도 1

6 및 도 17을 참조하면서 설명한다. 도 16의 A에 나타낸 바와 같이, 하우징(21)의 속에 초음파 검출소자(14 또는 17 또는 18)가 설치된 광섬유어레이(13)가 수납되어 있다. 초음파 검출소자(14 또는 17 또는 18)의 간격은 사이드로브를 억압하기 위하여, 수신하는 초음파의 파장의 절반 이하로 하는 것이 바람직하다. 또, 초음파 검출소자(14 또는 17 또는 18)의 배열은 도 16의 B에 나타낸 바와 같이 연속하는 정방향의 정점 위치로 하거나, 또는 초음파 검출소자의 밀도를 높이기 위하여 도 16의 C에 나타낸 바와 같이 인접하는 행 또는 열의 사이에서 어긋나도록 한다.

초음파 검출소자(14 또는 17 또는 18)와 하우징(21)의 사이에는 음향임피던스의 정합을 도모하기 위하여 음향정합층(22)을 설치하는 것이 바람직하다. 음향정합층(22)은 초음파를 전달하기 쉬운 파이렉스유리나 금속가루가 들어간 에폭시수지 등에 의해 구성할 수 있다. 또, 하우징(21)의 표면에는 초음파 검출소자를 보호하는 것도 겸하여, 실리콘고무 등의 음향렌즈재(23)를 설치하는 것이 바람직하다. 또한, 인접하는 광섬유 사이는 초음파의 누화를 저감시키기 위하여 흡음재(24)로 채우는 것이 바람직하다. 흡음재(24)로서는, 금속가루가 들어간 에폭시수지나, 페라이트가루가 들어간 고무 등이 적합하다. 또한, 광섬유어레이(13)는 초음파 검출소자가 설치된 부분의 근방을 제외하고, 수지(25)로 고정되어 있다.

또, 도 17에 나타낸 바와 같이, 브래그그레이팅 구조를 갖는 광도파로를 포함하는 초음파 검출소자를 2차원으로 배치하기 위해서는, 상기 광도파로가 형성되어 있는 복수개의 기판(55)을 병렬로 고정하면 된다. 이때, 각각의 기판을 흡음재(24) 등을 통하여 배열하여도 된다.

다음에, 본 발명의 제1실시예에 관한 초음파 진단장치에 대하여 도 18을 참조하면서 설명한다. 이 초음파 진단장치에 있어서는, 이상 서술한 바와 같은 초음파 수신장치를 초음파 검출부(센서)로서 사용하고, 초음파 송신부를 별도로 설치하고 있다.

도 18에 나타낸 바와 같이, 이 초음파 진단장치는 구동신호를 발생하는 구동신호 발생회로(30)와, 이 구동신호에 기초하여 초음파를 송신하는 초음파 송신부(40)를 포함하고 있다. 초음파 송신부(40)는 PZT나 PVDF 등의 압전소자를 사용한 진동자 또는 탐촉자(1차원 어레이)로 구성된다. 피검체를 향해서 송신된 초음파는 피검체로부터 반사되어 초음파 검출부(센서)(50)로 수신된다. 센서(50)는 광섬유어레이 및 초음파 검출소자 등을 포함한다.

또, 이 초음파 진단장치는, 먼저 설명한 바와 같은 광원(11)과, 분파기(12)와, 결상계(15)와, 광검출기(16)를 포함하고 있다. 광검출기(16)로부터 출력되는 검출신호는 신호처리수단(60)에 포함되는 신호처리부(61)에 입력되고, 또한 A/D변환기(62)에서 디지털신호로 변환된다.

A/D변환기(62)에는 1차기억부(80)가 접속되어 있고, 취득된 복수매의 면데이터가 1차기억부(80)에 기억된다. 그들 데이터에 기초하여 화상처리부(90)가 2차원 데이터 또는 3차원 데이터를 재구성한다. 재구성된 데이터는 보간, 응답변조처리, 개조처리 등의 처리를 받고, 화상표시부(100)에 표시된다. 또한, 화상처리부(90)에서 처리된 데이터는 2차기억부(110)에 기억된다.

타이밍컨트롤부(70)는 소정의 타이밍으로 구동신호를 발생하도록 구동신호 발생회로(30)를 제어함과 아울러, 송신시각으로부터 일정시간 경과후에 광검출기(16)로부터 출력되는 검출신호를 거두어들이도록 신호처리부(16)를 제어한다. 여기서, 구동신호 발생회로(30) 및 초음파 송신부(40)에서의 초음파의 송신방법에는, 이하에 서술하는 3종류를 생각할 수 있고, 이것에 따라서 신호처리부(61)에서의 데이터를 거두어들이는 시각이나 데이터의 내용이 변한다.

(1) 초음파를 펜슬빔(pencil beam)상으로 좁혀넣어서 송신하는 경우

도 19에 나타낸 바와 같이, 초음파 송신부(40)에 의해 송신파를 공간적으로 펜슬빔 형상으로 조여넣고, 피검체를 어느 면 내에서 2차원적으로 스캔하여 센서(50)에서 송신부터 일정시간 경과후에 검출신호를 거두어들이도록 하면, 그 면상의 각 포인트에서의 정보를 취득할 수 있다. 이 동작을 센서(50)로부터 일정한 심도에 존재하는 단면 내에서 행할 수

있으면, 일정한 심도의 단면정보를 취득할 수 있다. 이 공정을 각 펜슬빔 위치에서 거두어들이는 시간을 바꾸면서 반복시키면, 심도가 다른 복수의 단면상을 취득할 수 있다. 이와 같이 하여 얻어진 샘플데이터는 송신·수신 모두 집점이 같은 것이고, 그대로 3차원 데이터로서 표시할 수 있는 것으로 된다.

(2) 초음파를 면형상으로 좁혀넣어서 송신하는 경우

또, 도 20에 나타낸 바와 같이, 초음파 송신부(40)로부터 발생되는 송신파를 음향렌즈를 사용하여 면형상으로 조여넣고, 센서(50)에서 송신부터 일정시간 경과후에 검출신호를 취득하려고 하면, 어느 심도에서의 1차원의 선정보를 정리하여 취득할 수 있다. 단, 각 점의 정보에는 초음파가 인가된 영역에서의 다른 점의 정보도 혼합되게 되므로, 거두어들이는 시각이 어긋난 검출신호를 기초로 파면합성(이른바 개구합성)하여 집점이 맞는 데이터를 재구성함으로써 표시화상을 얻을 필요가 있다.

(3) 초음파를 평면파로서 송신하는 경우

또한, 도 21에 나타낸 바와 같이, 초음파 송신부(40)에 의해 송신파를 평면파로서 송신하고, 센서(50)에 있어서 송신부터 일정시간 경과후에 검출신호를 거두어들이도록 하면, 어느 심도에서의 2차원의 면정보를 정리하여 취득할 수 있다. 이 공정을 거두어들이는 시간을 바꾸면서 반복하면, 심도가 다른 복수의 단면상을 취득할 수 있다. 단, 각 점의 정보에는 초음파가 인가된 영역에서의 다른 점의 정보도 혼합되게 되므로, 거두어들이는 시각이 어긋난 검출신호를 기초로 파면합성(이른바 개구합성)하여, 집점이 맞는 데이터를 재구성함으로써 표시화상을 얻을 필요가 있다.

다음에, 본 발명의 제2실시예에 관한 초음파 진단장치에 대하여 도 22를 참조하면서 설명한다. 본 실시예에 있어서는, 먼저 서술한 바와 같은 초음파 수신장치 의해서 구성되는 초음파 검출부(50)를 초음파 송신수단(40)과 조합시켜 초음파 송수신부(120)로서 사용하고 있다. 그 외의 점에 대해서는 제1실시예에 관한 초음파 진단장치와 마찬가지이다.

발명의 효과

이상 서술한 바와 같이, 본 발명에 의하면 초음파의 1차원 또는 2차원에서의 검출에 빛을 사용하므로, 다수의 미세소자로의 전기적 배선의 필요가 없어, 누화나 전기적 임피던스의 증대를 초래하지 않는다. 따라서, 제작이 용이하고 SN비가 양호한 초음파용 탐촉자나 초음파 수신장치, 그리고 이것을 사용한 초음파 진단장치를 실현할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

제1단부로부터 빛이 입사되는 복수의 광전송로를 포함하는 광전송로 어레이와;

상기 복수의 광전송로의 제2단부에 형성되고, 인가되는 초음파에 기초하여 각각의 광전송로를 통하여 입사된 빛을 변조하는 복수의 초음파 검출소자를 구비하는 것을 특징으로 하는 초음파용 탐촉자.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 광전송로 어레이는 복수의 광섬유를 갖는 광섬유어레이를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파용 탐촉자.

청구항 3.

제2항에 있어서, 상기 광섬유가 싱글모드 섬유인 것을 특징으로 하는 초음파용 탐촉자.

청구항 4.

제1항에 있어서, 상기 광전송로 어레이는 기판상에 형성된 복수의 광도파로를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파용 탐촉자.

청구항 5.

제1항에 있어서, 상기 복수의 초음파 검출소자의 각각은 파브리페로공진기 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 초음파용 탐촉자.

청구항 6.

제1항에 있어서, 상기 복수의 초음파 검출소자의 각각은 브래그그레이팅 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 초음파용 탐촉자.

청구항 7.

제1항에 있어서, 상기 복수의 초음파 검출소자의 각각은 파브리페로공진기 구조와 브래그그레이팅 구조의 양쪽을 갖는 것을 특징으로 하는 초음파용 탐촉자.

청구항 8.

제1항에 있어서, 상기 초음파 검출소자에 포함되는 초음파 유감부는, 상기 초음파 유감부를 전파하는 초음파 파장의 3/4이하의 길이를 갖는 것을 특징으로 하는 초음파용 탐촉자.

청구항 9.

제1항에 있어서, 음향정합층과, 음향렌즈와, 흡음재 중의 하나 이상을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 초음파용 탐촉자.

청구항 10.

2차원상으로 배열되고, 인가되는 초음파에 기초하여 빛을 변조하는 복수의 초음파 검출소자와;

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

청구항 11.

제10항에 있어서, 상기 초음파 수신장치는, 빛이 입사되는 제1단부와, 상기 초음파 검출소자가 형성된 제2단부를 보유하는 복수의 광섬유를 포함하는 광섬유어레이를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 12.

제10항에 있어서, 상기 초음파 수신장치는, 기판상에 형성되고, 빛이 입사되는 제1단부와, 상기 초음파 검출소자가 형성된 제2단부를 보유하는 복수의 광도파로를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 13.

제10항에 있어서, 광원으로부터 발생한 빛을 증폭하여 상기 복수의 초음파 검출소자에 입사하는 광증폭기를 구비하는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 14.

제10항에 있어서, 상기 복수의 초음파 검출소자로부터 출력되는 빛을 증폭하여 상기 광검출기로 입사하는 광증폭기를 구비하는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 15.

제10항에 있어서, 500 1600㎚의 파장을 갖는 싱글모드 레이저광을 발생하는 광원을 구비하는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 16.

제10항에 있어서, 상기 복수의 초음파 검출소자의 각각이 파브리페로공진기 구조를 보유하는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 17.

제10항에 있어서, 상기 복수의 초음파 검출소자의 각각이 브래그그레이팅 구조를 보유하는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 18.

제10항에 있어서, 광대역광원과;

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

청구항 19.

제18항에 있어서, 상기 광대역광원은 증폭된 자연방출광을 방출하는 ASE(Amplified Spontaneous Emission)광원인 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 20.

제19항에 있어서, 상기 협대역화 필터는 상기 복수의 초음파 검출소자의 브래그그레이팅 구조와 동일한 재료로 구성된 브래그그레이팅 구조를 보유하고;

상기 협대역화 필터의 브래그그레이팅 구조와 상기 복수의 초음파 검출소자의 브래그그레이팅 구조가 열적으로 결합되어 있는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 21.

제10항에 있어서, 상기 복수의 초음파 검출소자의 각각은 파브리페로공진기 구조와 브래그그레이팅 구조의 양쪽을 보유하는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 22.

제10항에 있어서, 상기 광검출기는 CCD 또는 복수의 포토다이오드를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 23.

제10항에 있어서, 음향정합층과, 음향렌즈와, 흡음재 중 하나 이상을 구비하는 것을 특징으로 하는 초음파 수신장치.

청구항 24.

초음파를 송신하기 위한 구동신호를 발생하는 구동신호 발생회로와;

상기 구동신호 발생회로로부터 출력되는 구동신호에 기초하여 피검체를 향해서 초음파를 송신하는 초음파 송신부와;

인가되는 초음파에 기초하여 빛을 변조하는 복수의 초음파 검출소자를 포함하는 초음파 검출부와;

상기 초음파 검출부로부터 출력되는 빛을 검출하여 검출신호를 발생하는 광검출기와;

상기 광검출기로부터 출력되는 검출신호를 처리하는 신호처리수단과;

상기 구동신호 발생회로의 송신타이밍 및 상기 신호처리수단의 수신타이밍을 제어하는 제어수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 초음파 진단장치.

청구항 25.

제24항에 있어서, 상기 초음파 검출부는 제1단부로부터 빛이 입사되는 복수의 광전송로를 포함하는 광전송로 어레이와, 상기 복수의 광전송로의 제2단부에 형성된 복수의 초음파 검출소자를 보유하고, 피검체로부터 반사되는 초음파에 기초하여 각각의 광전송로를 통하여 입사된 빛을 변조하는 것을 특징으로 하는 초음파 진단장치.

청구항 26.

제24항에 있어서, 상기 초음파 검출부는, 2차원상으로 배열된 복수의 초음파 검출소자를 보유하고, 피검체로부터 반사되는 초음파에 기초하여 빛을 변조하는 것을 특징으로 하는 초음파 진단장치.

청구항 27.

제24항에 있어서, 광원으로부터 발생된 빛을 증폭하여 상기 복수의 초음파 검출소자에 입사하는 광증폭기를 보유하는 것을 특징으로 하는 초음파 진단장치.

청구항 28.

제24항에 있어서, 상기 복수의 초음파 검출소자로부터 출력되는 빛을 증폭하여 상기 광검출기로+ - 입사하는 광증폭기를 구비하는 것을 특징으로 하는 초음파 진단장치.

청구항 29.

제24항에 있어서, 상기 복수의 초음파 검출소자의 각각은 브래그그레이팅 구조를 보유하고;

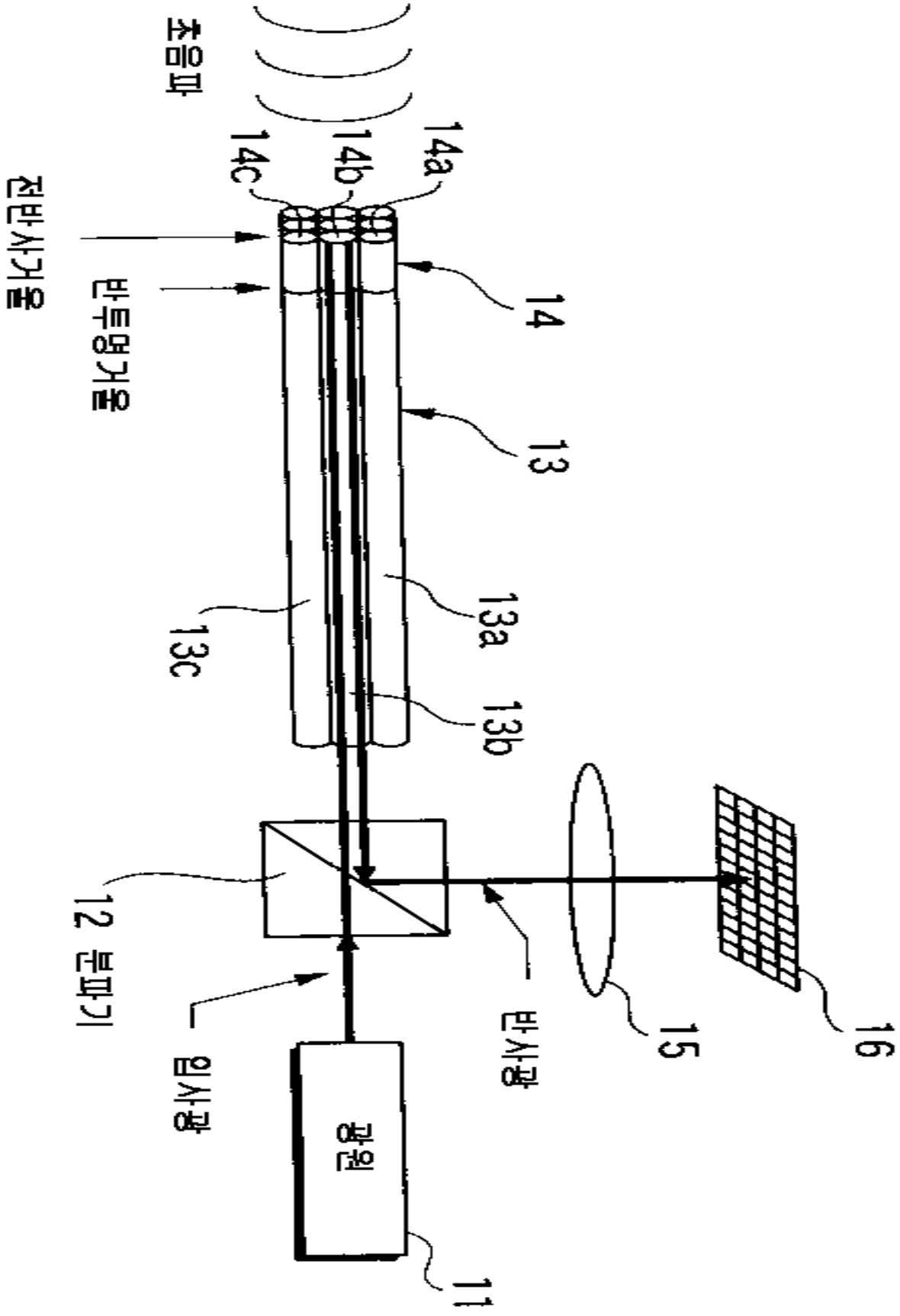
증폭된 자연방출광을 방출하는 ASE(Amplified Spontaneous Emission)광원과, 상기 복수의 초음파 검출소자의 브래그그레이팅 구조와 동일한 재료로 구성된 브래그그레이팅 구조를 보유하고, 상기 ASE광원으로부터 발생한 빛을 협대역화하는 협대역화 필터를 더 구비하고, 상기 협대역화 필터의 브래그그레이팅 구조와 상기 복수의 초음파 검출소자의 브래그그레이팅 구조가 열적으로 결합되어 있는 것을 특징으로 하는 초음파 진단장치.

청구항 30.

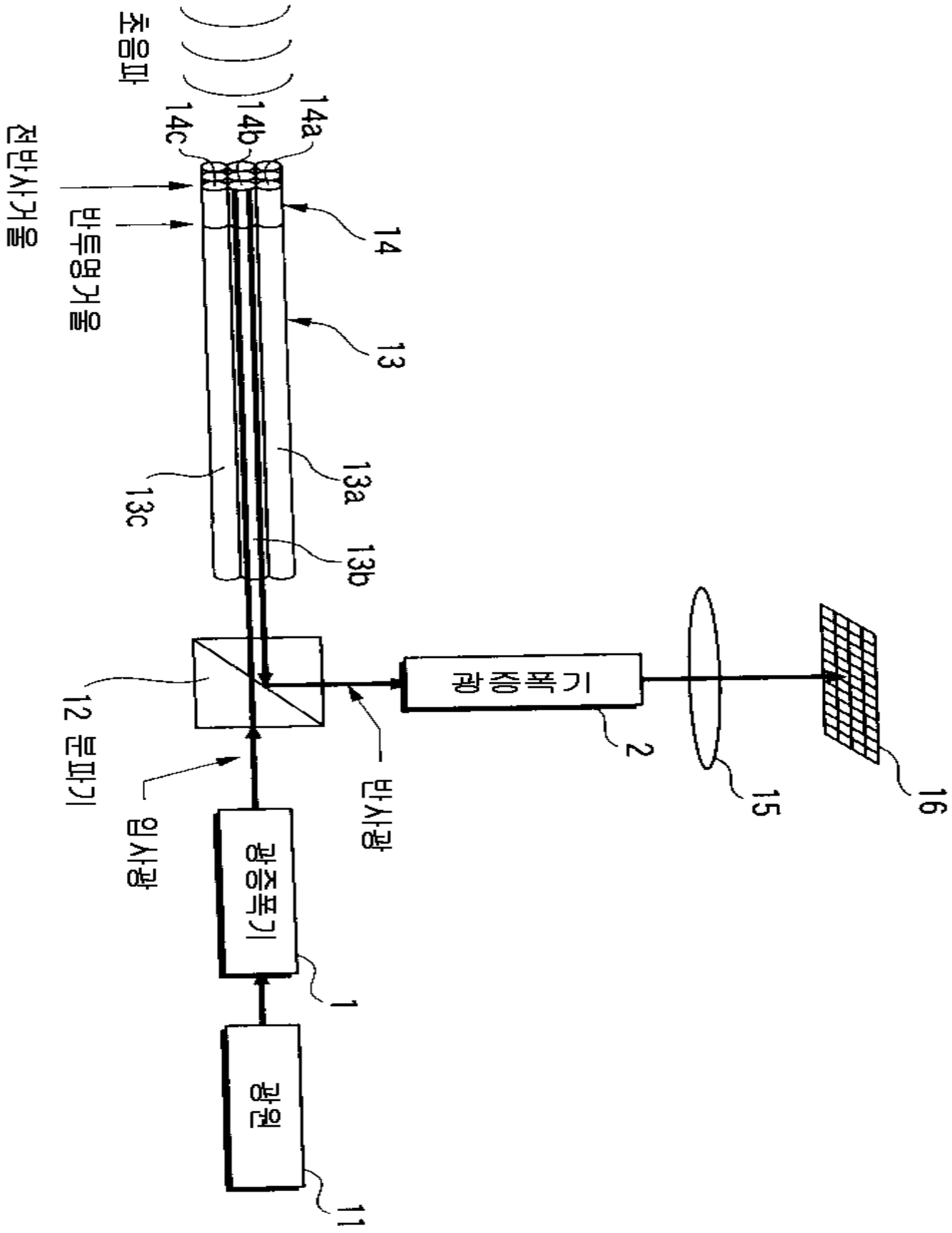
제24항에 있어서, 상기 초음파 송신부와 상기 초음파 검출부가 조합되어 초음파 송수신부를 구성하는 것을 특징으로 하는 초음파 진단장치.

도면

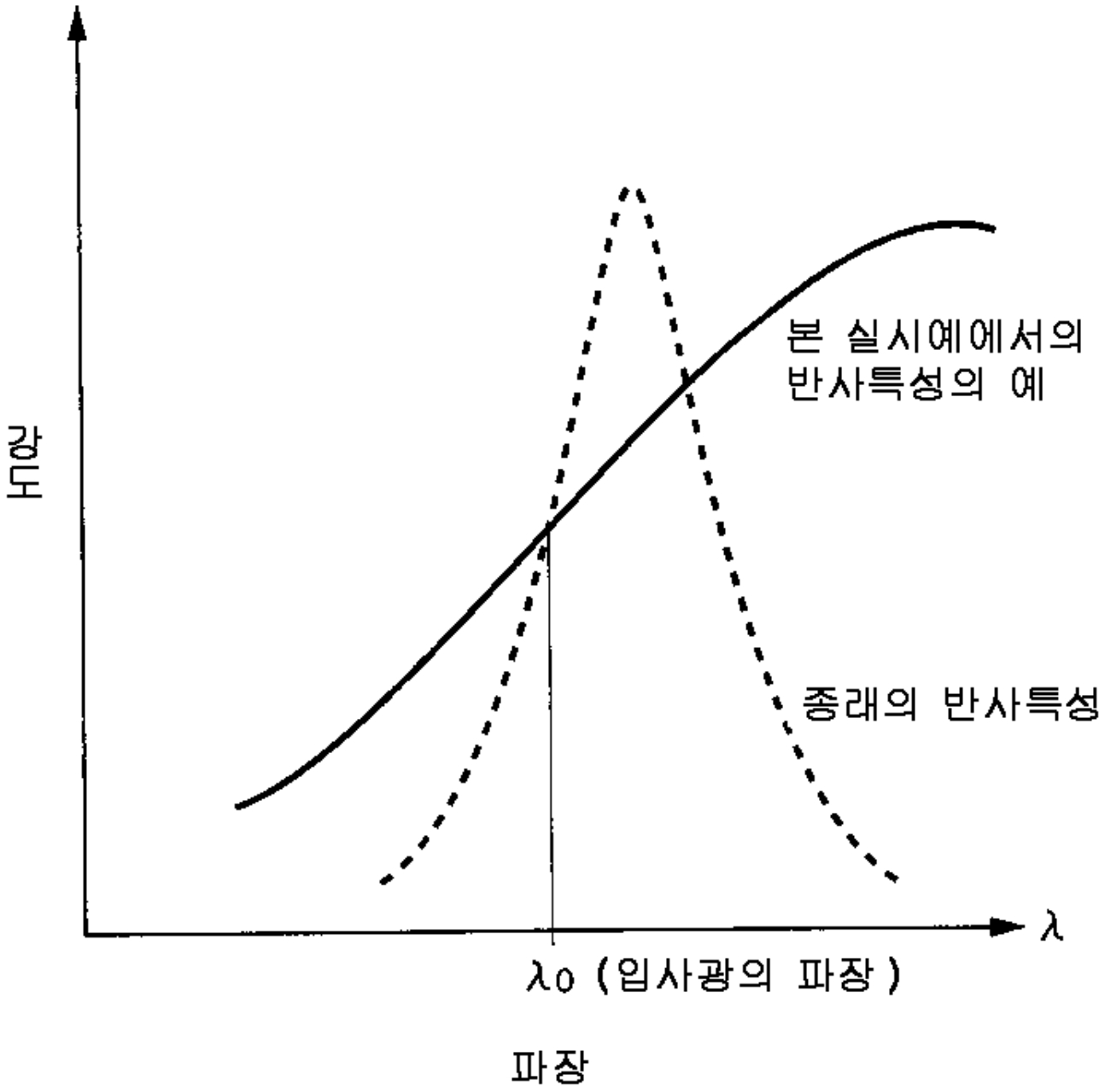
도면 1


초음파
14c
14b
14a
광대역광
협대역광
14
13
13c
13a
13b
12 광파기
입사광
반사광
15
16
광원
11

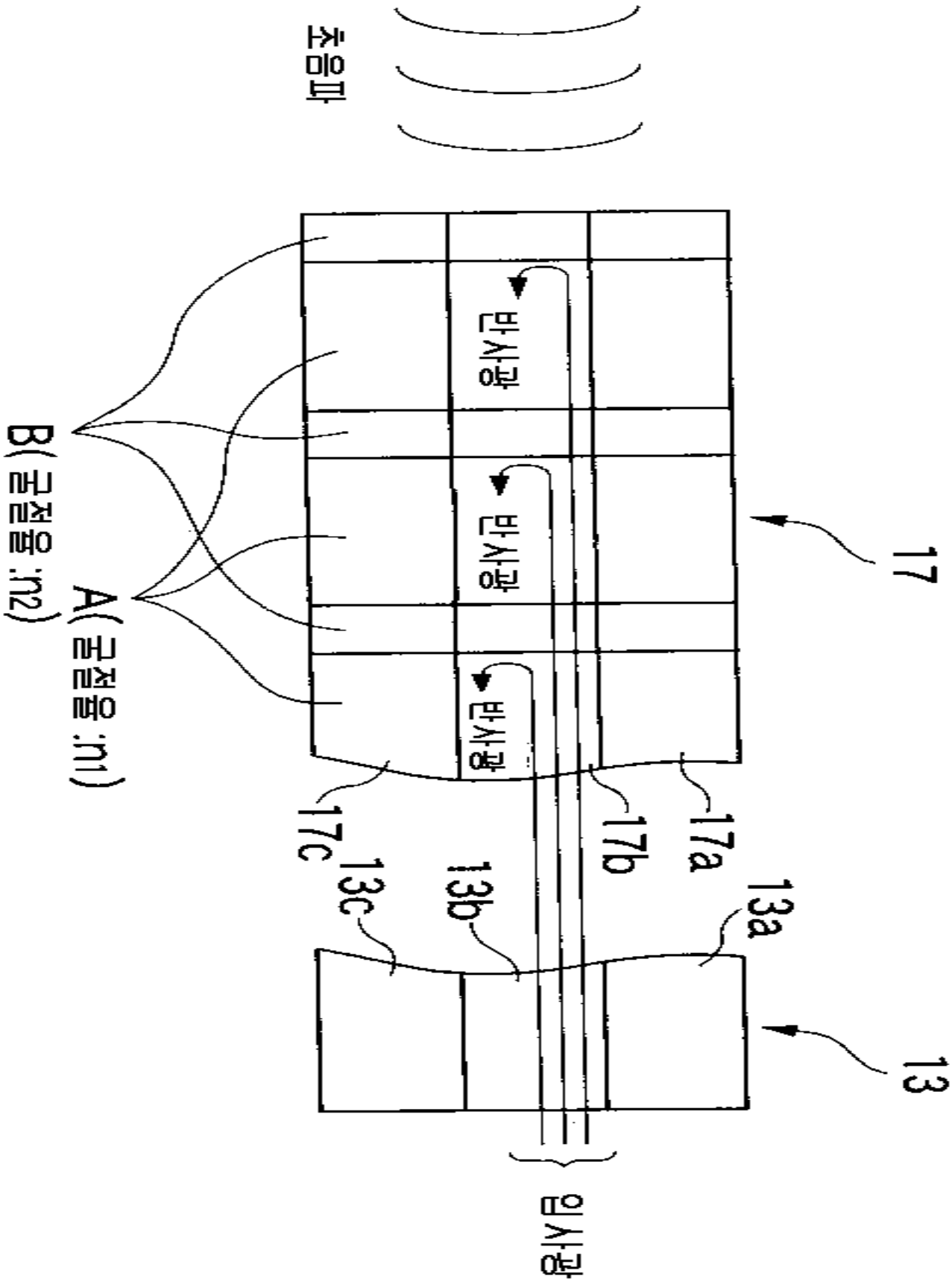
도면 2


초음파
14a
14b
14c
전방산란광
반사광
14
13
13a
13c
13b
12 빔분리기
입사광
반사광
광증폭기
2
15
16
광원조절기
1
광원
11

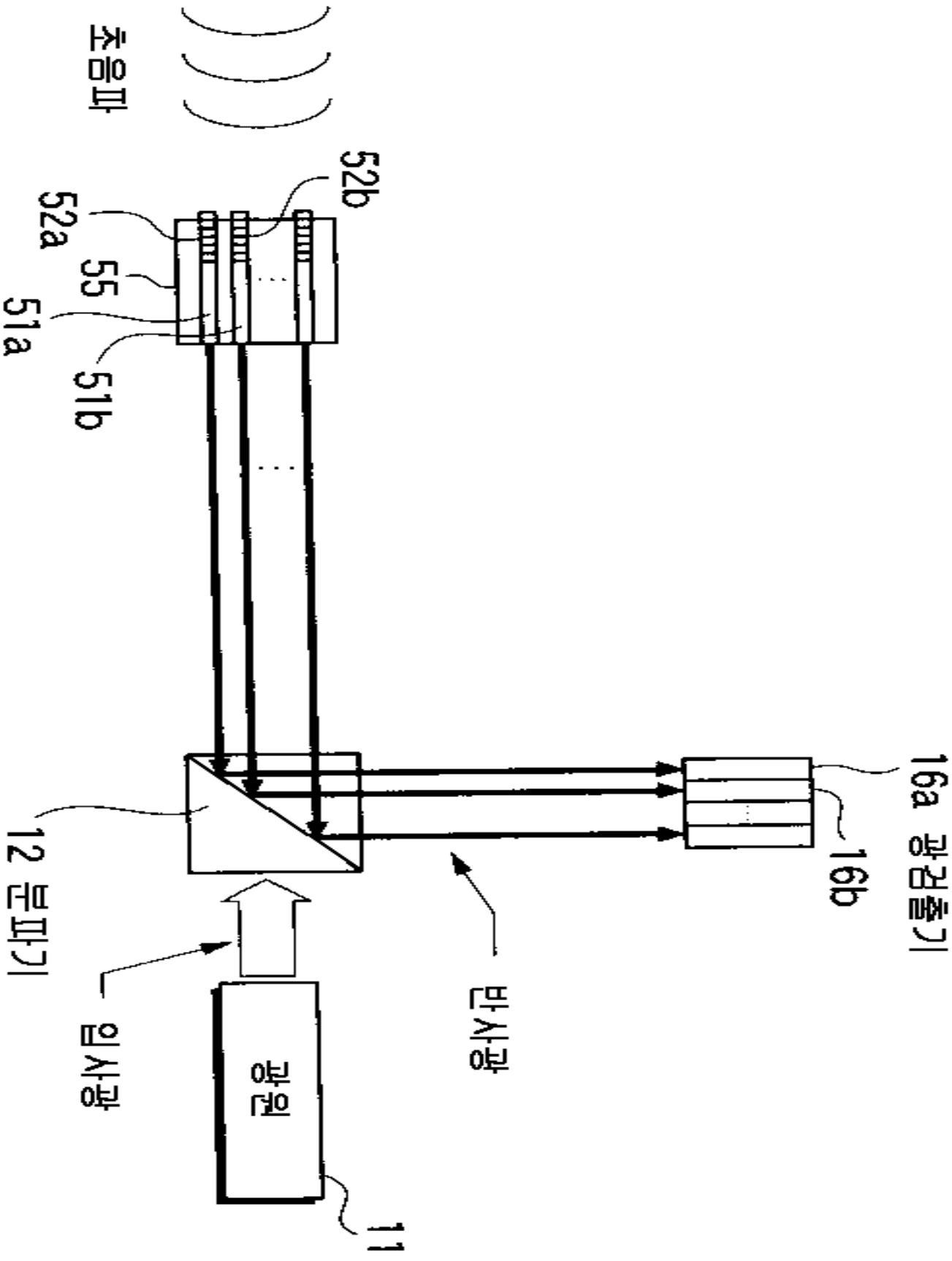
도면 3



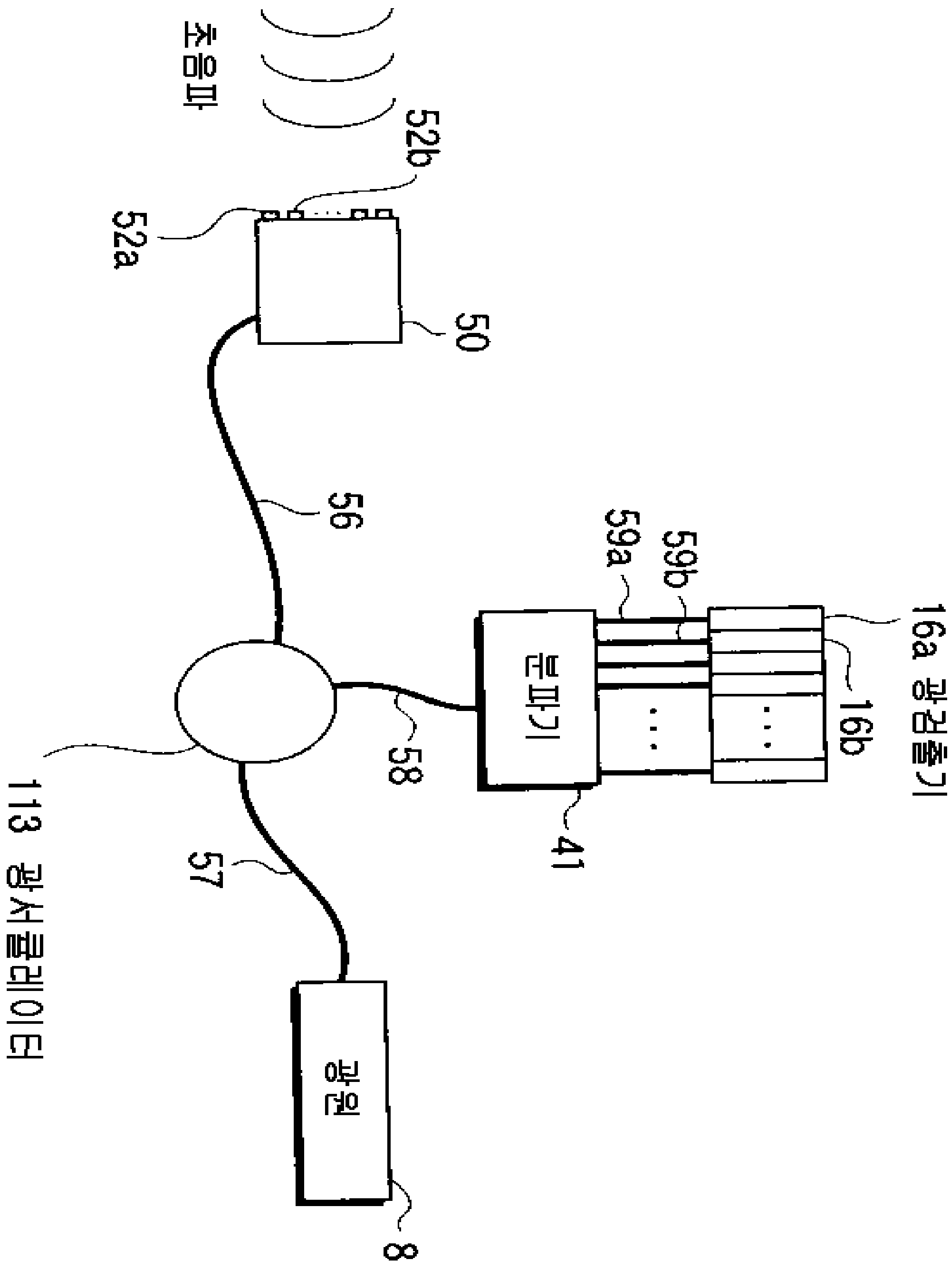
도면 4



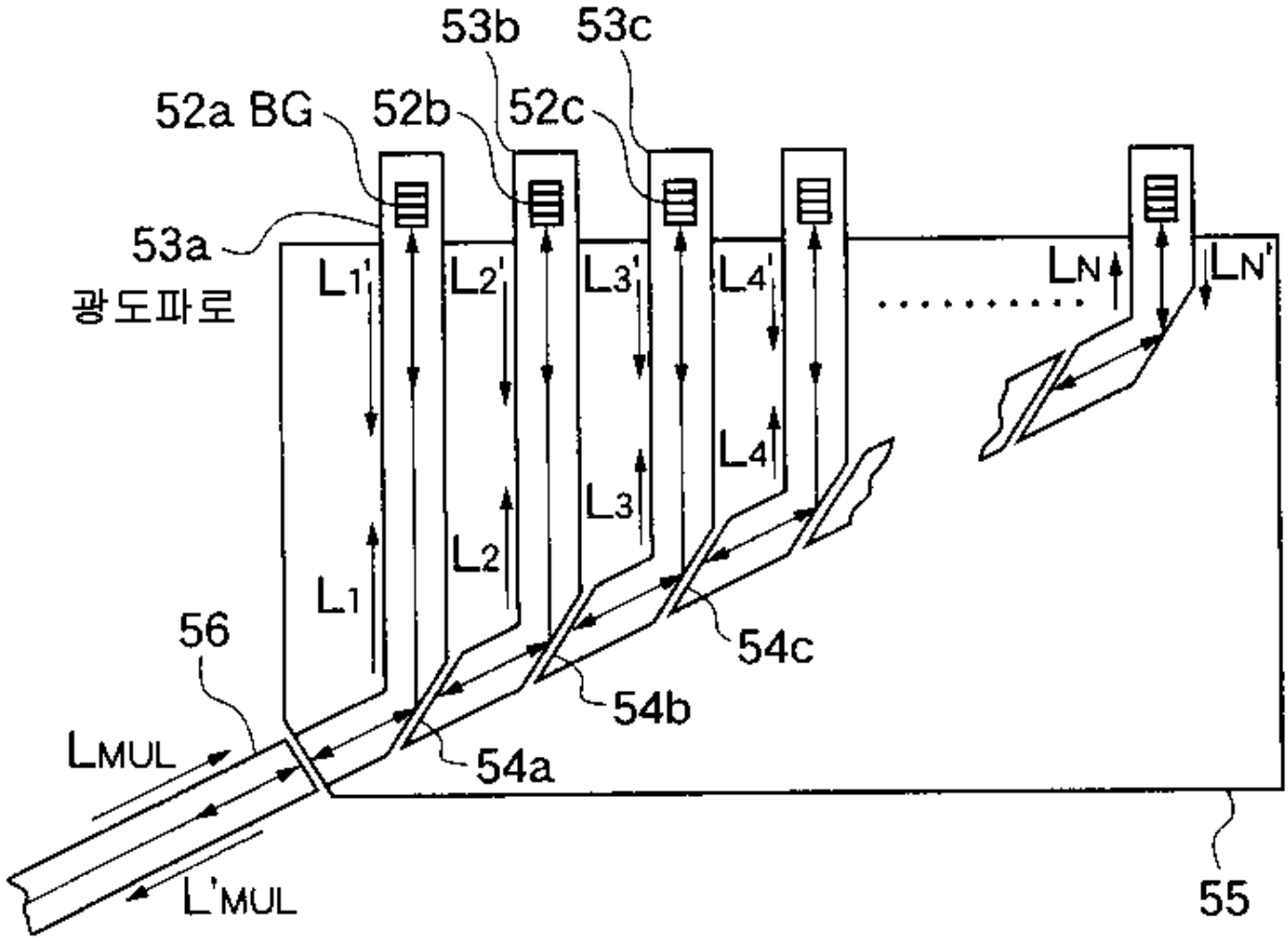
도면 5



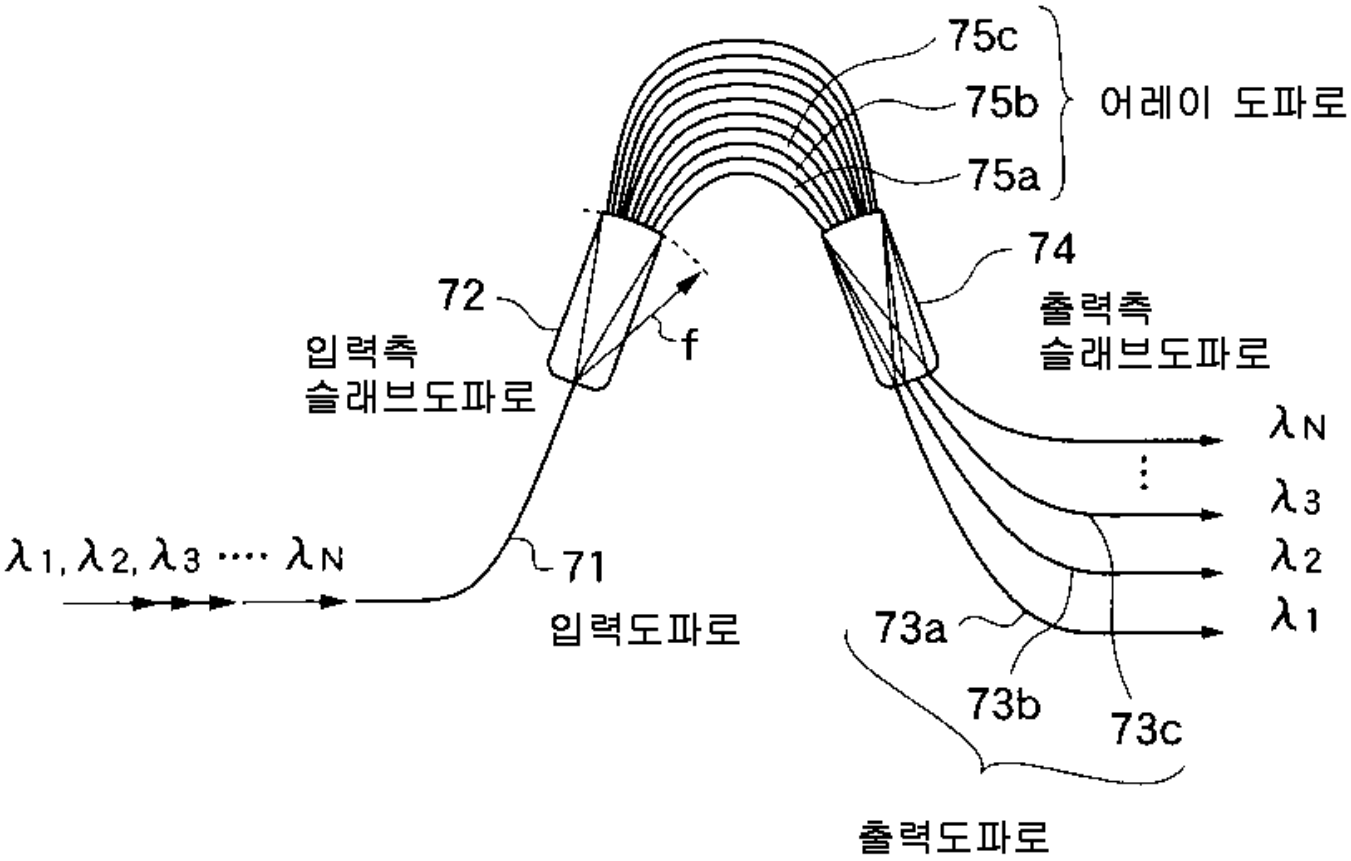
도면 6


초음파
52b
52a
50
56
59a
59b
16a 광검출기
16b
분파기
58
41
113 광서큘레이터
57
광원
8

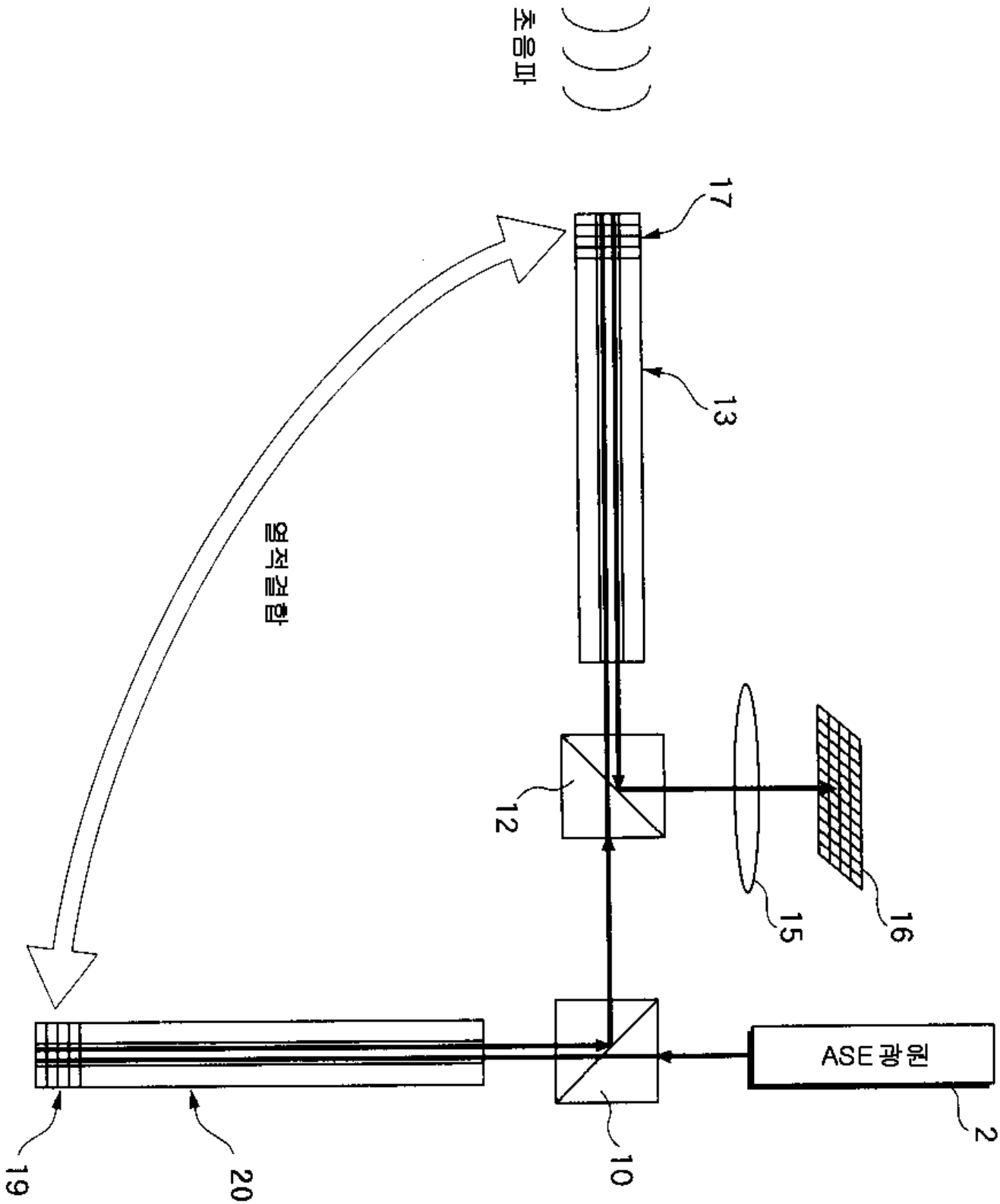
도면 7


53b
53c
52a BG
52b
52c
53a
광도파로
L1'
L2'
L3'
L4'
LN
LN'
L4
L3
L2
L1
56
54c
54b
LMUL
54a
L'MUL
55

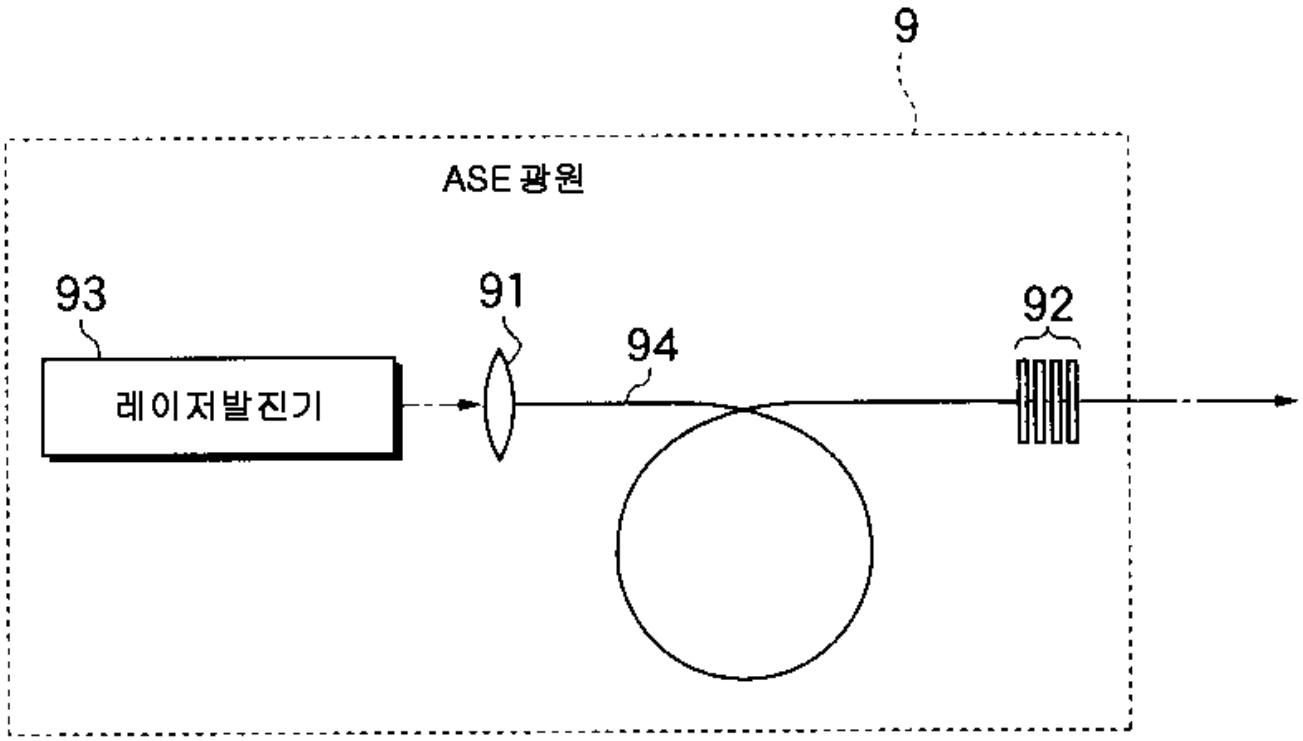
도면 8


75c
75b
75a
어레이 도파로
74
출력측
슬래브도파로
72
입력측
슬래브도파로
f
λN
λ3
λ2
λ1
λ1, λ2, λ3 ···· λN
71
입력도파로
73a
73b
73c
출력도파로

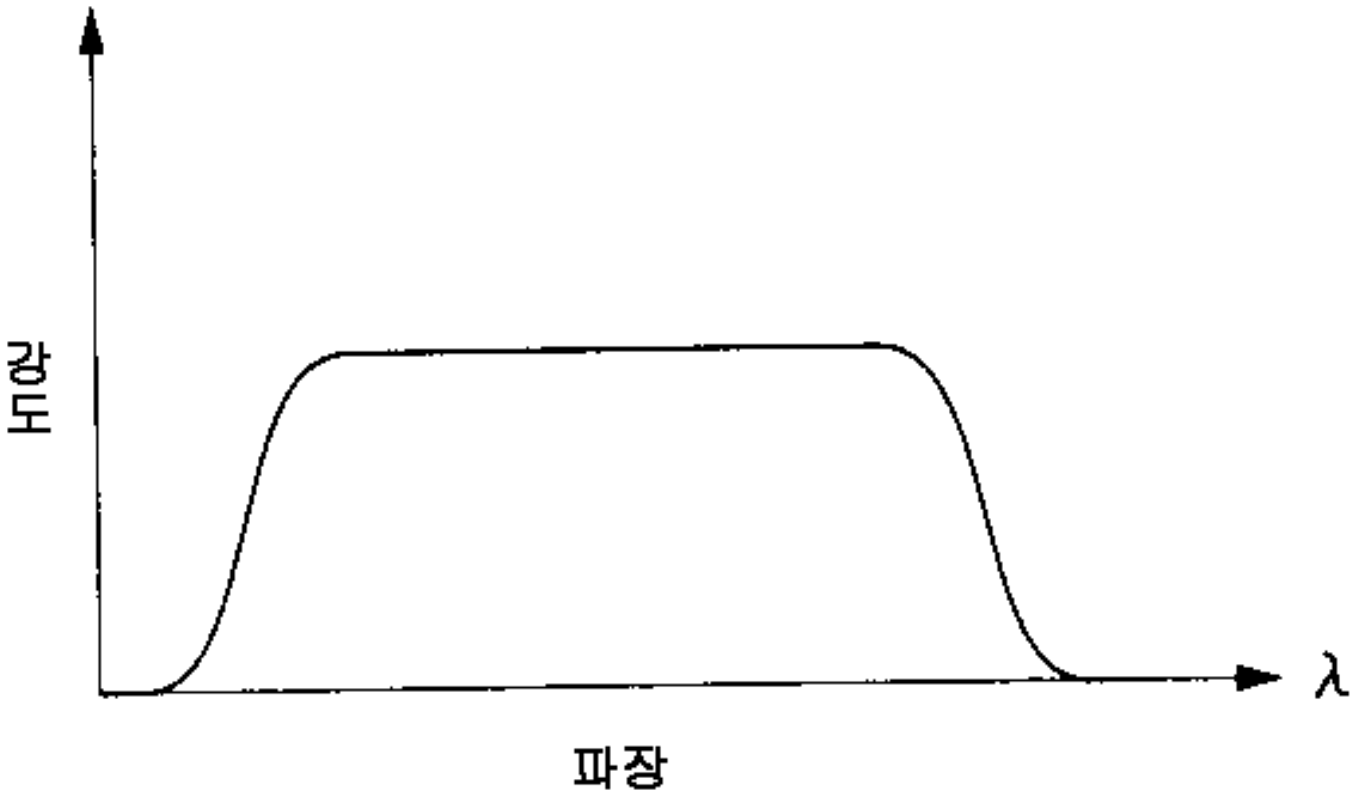
도면 9



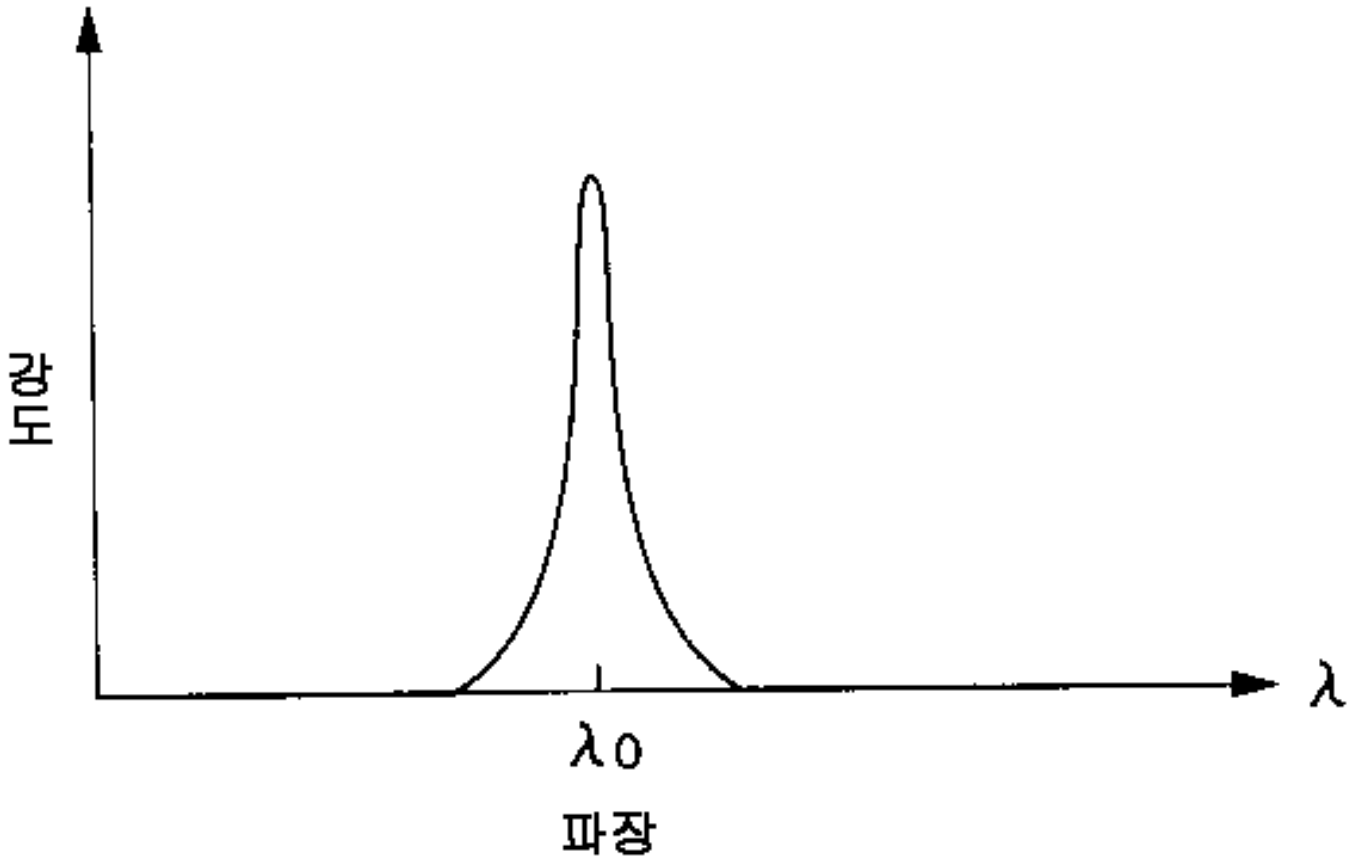
도면 10



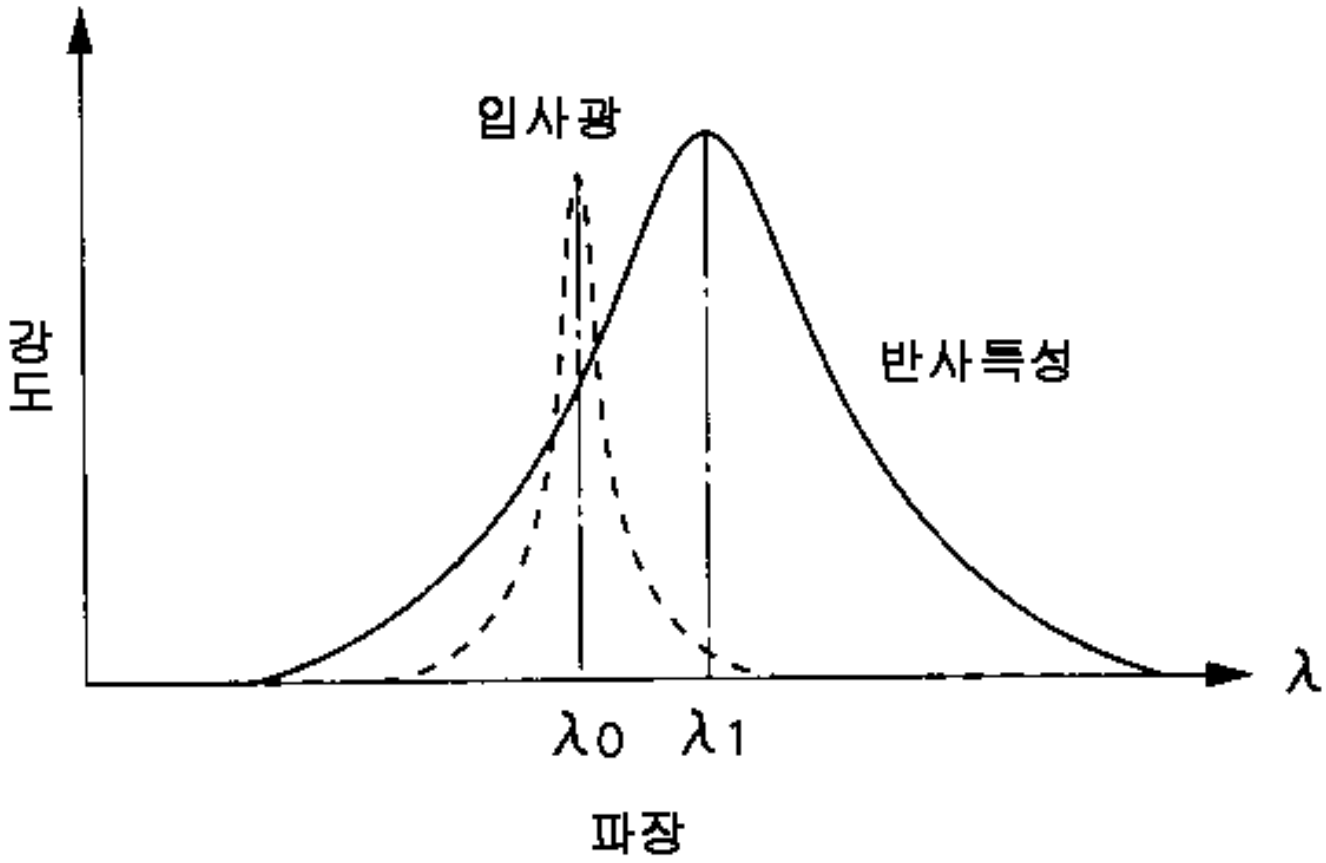
도면 11



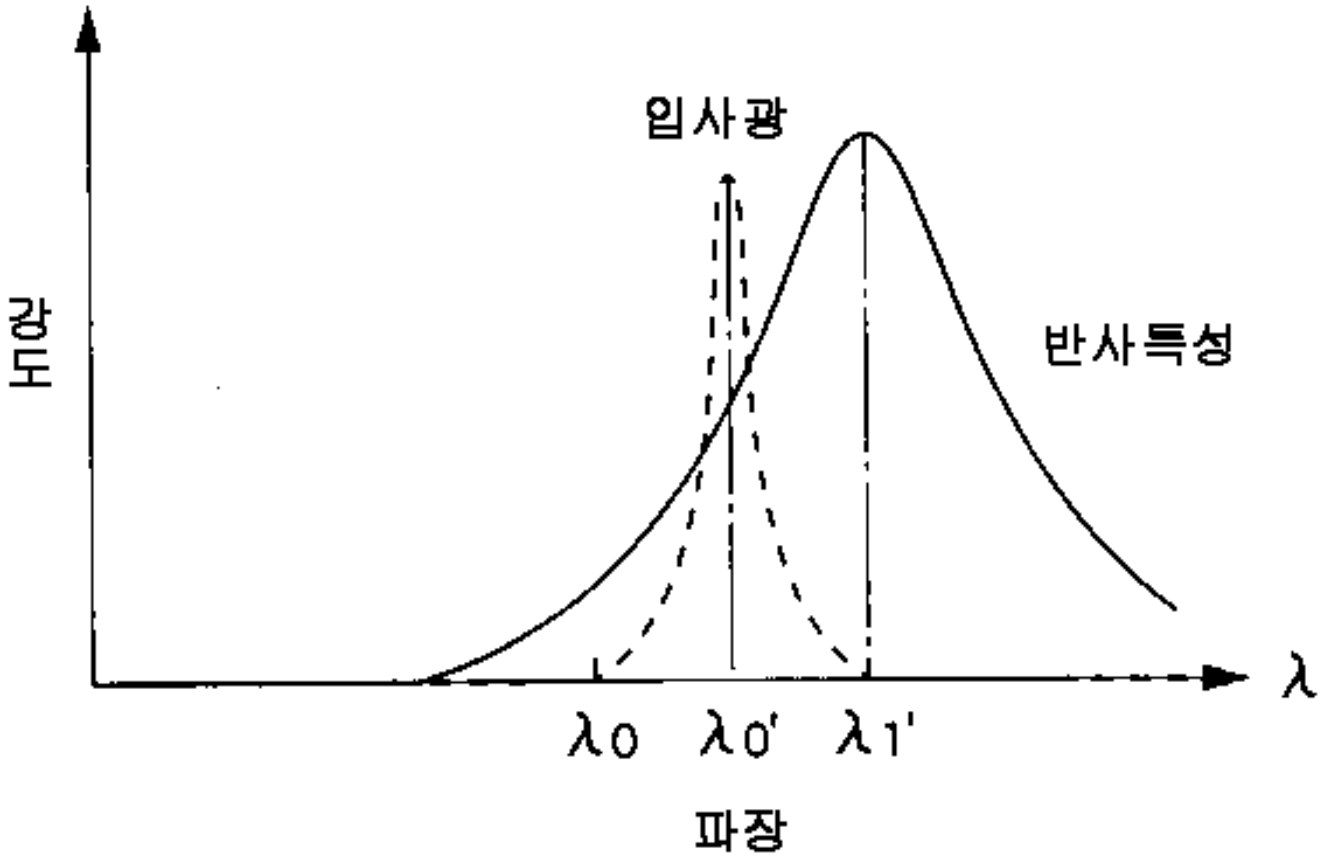
도면 12



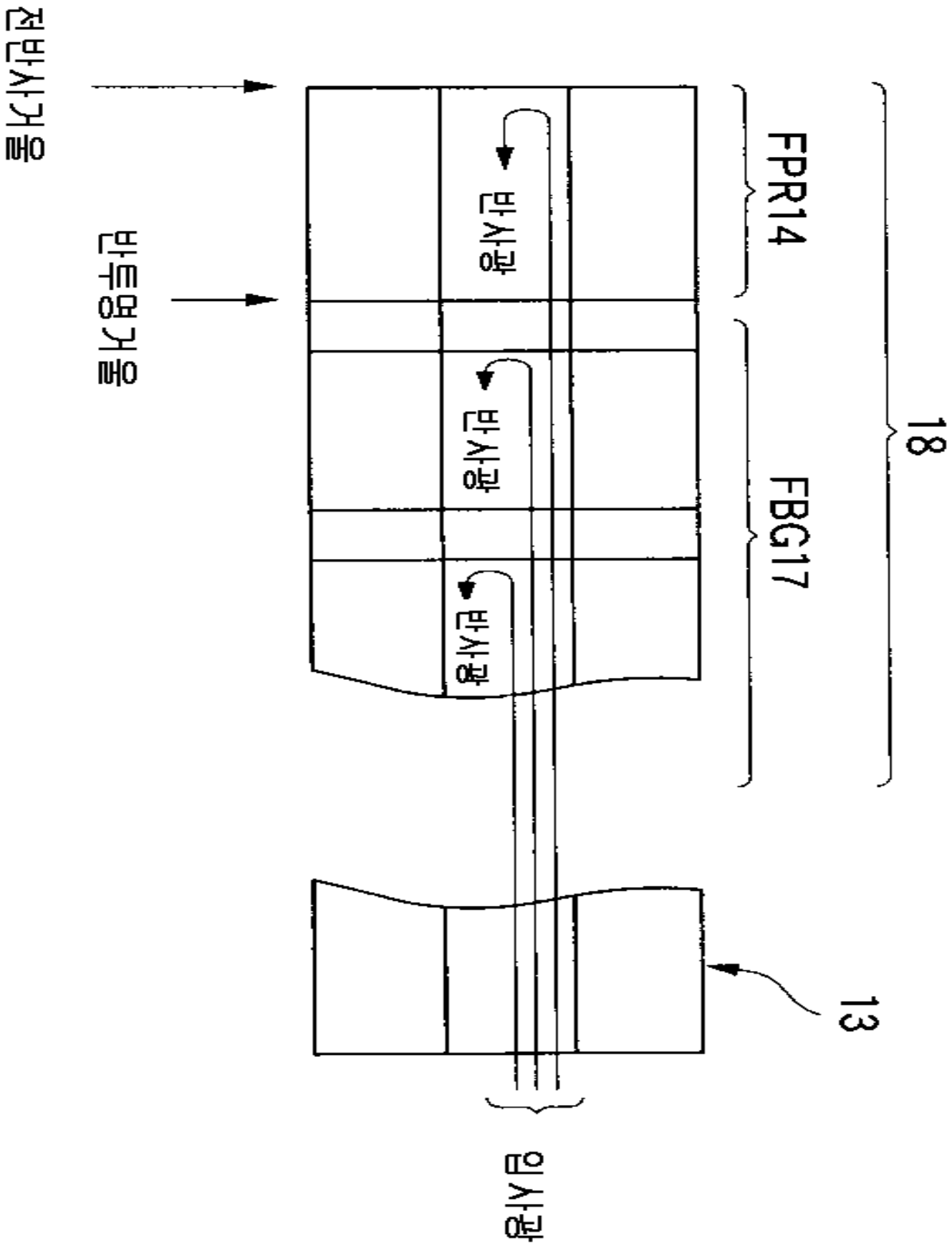
도면 13



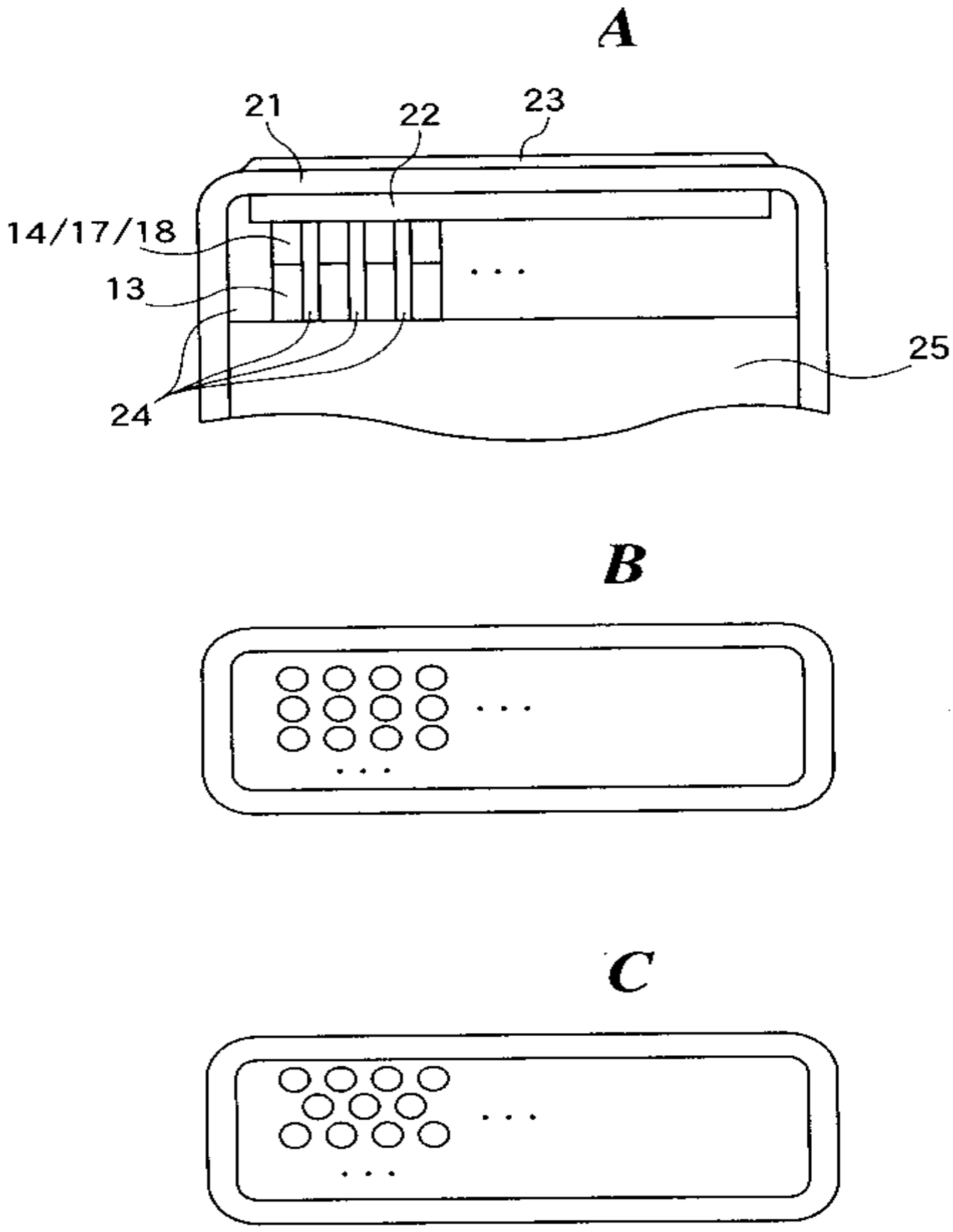
도면 14



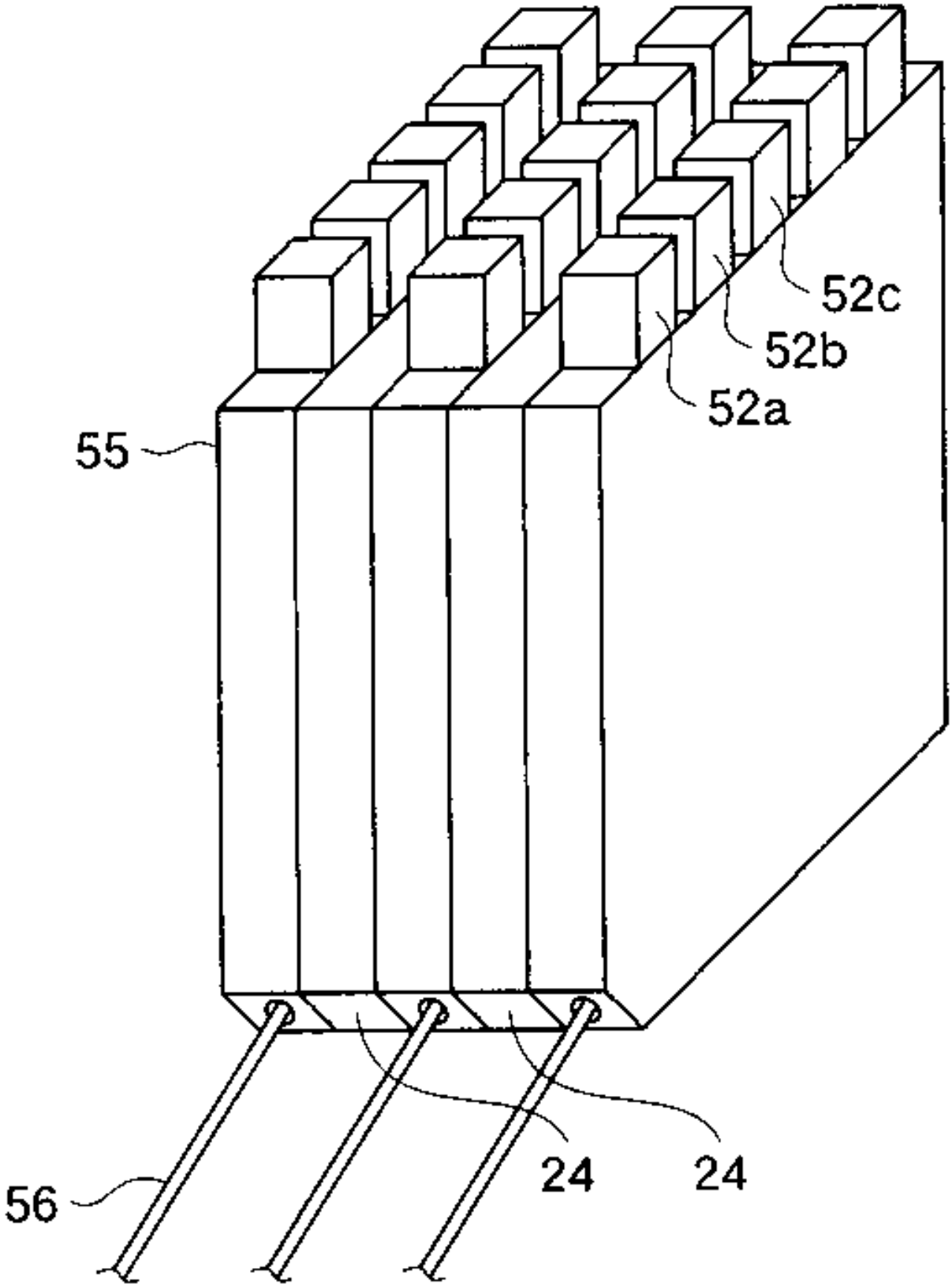
도면 15



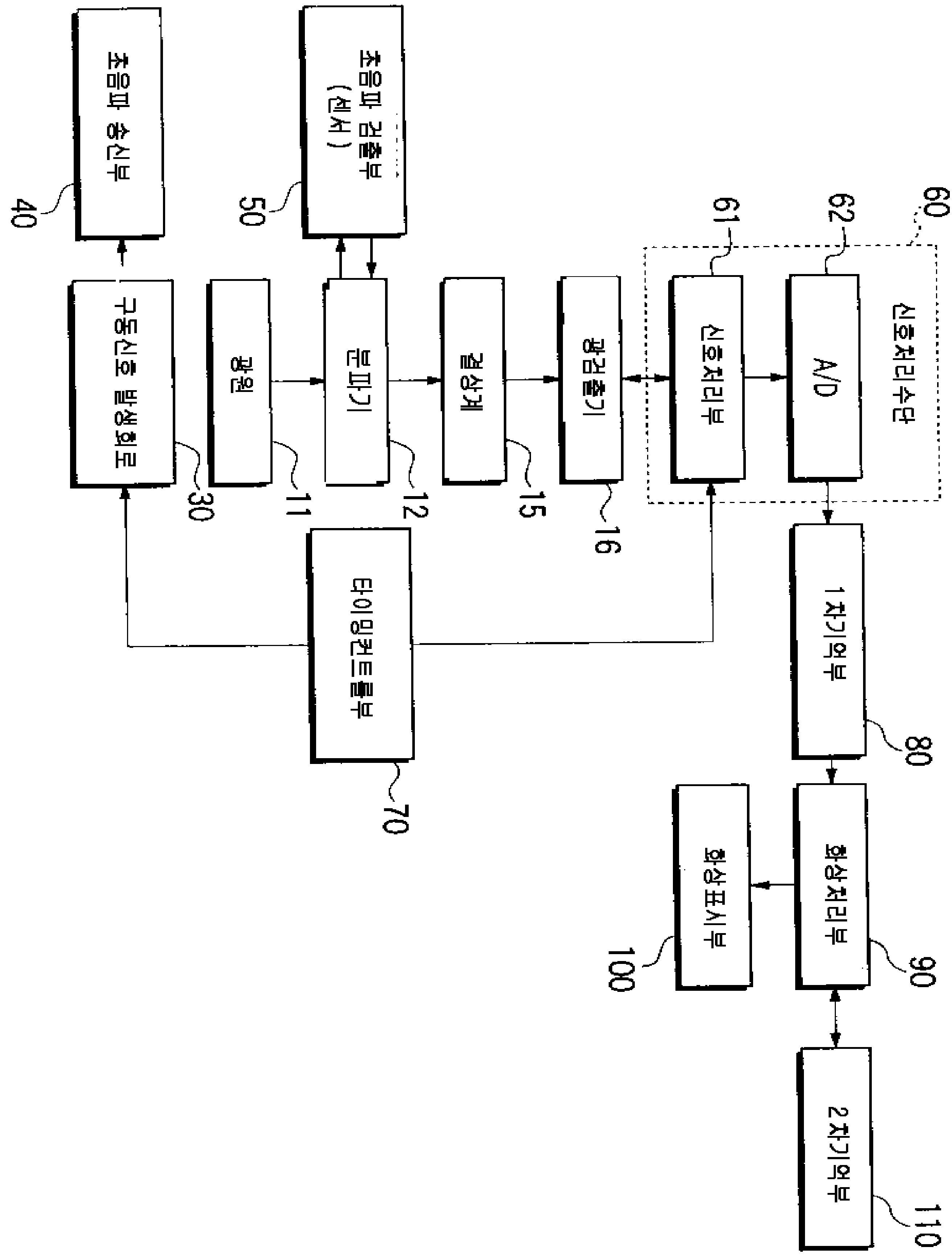
도면 16



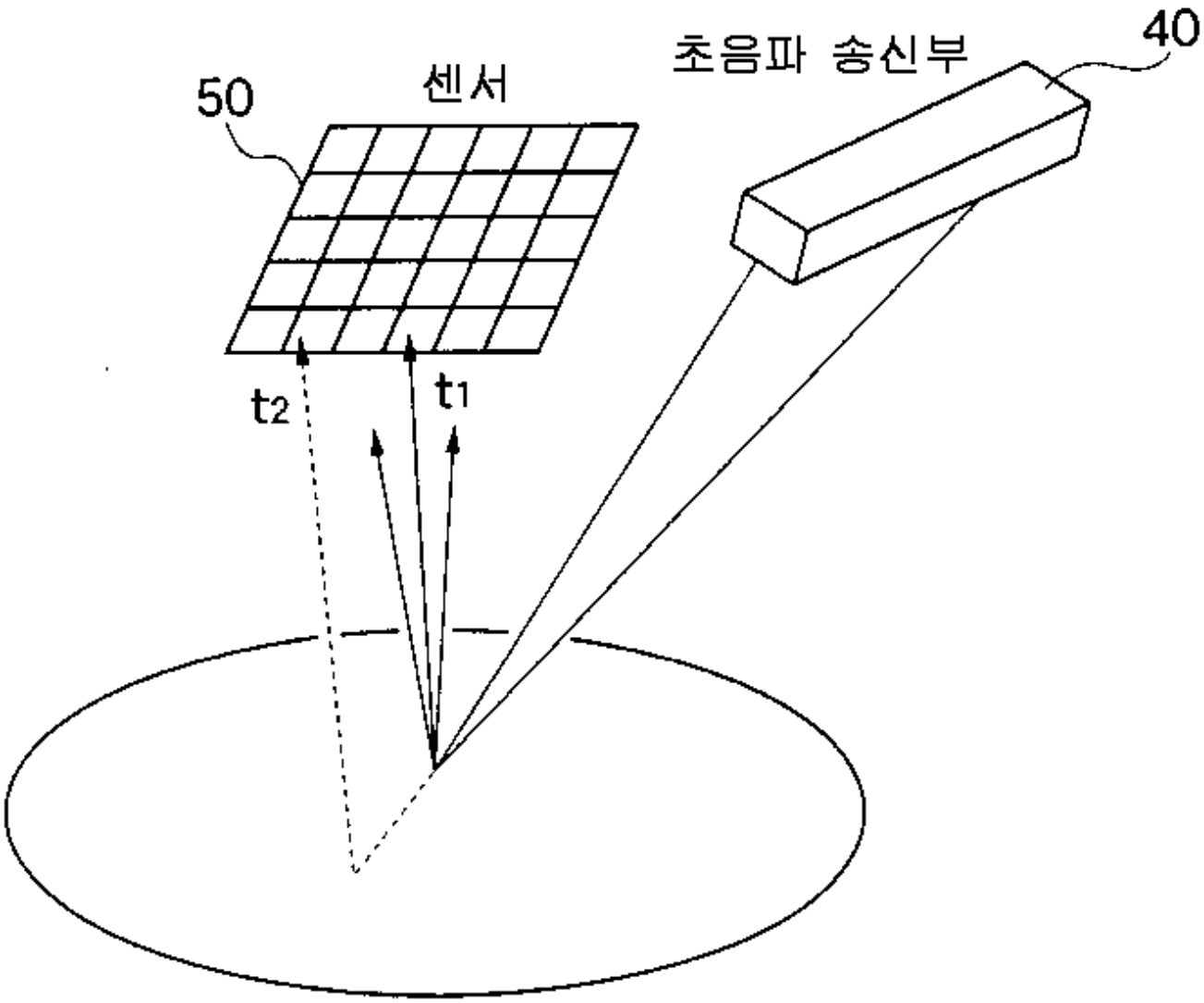
도면 17



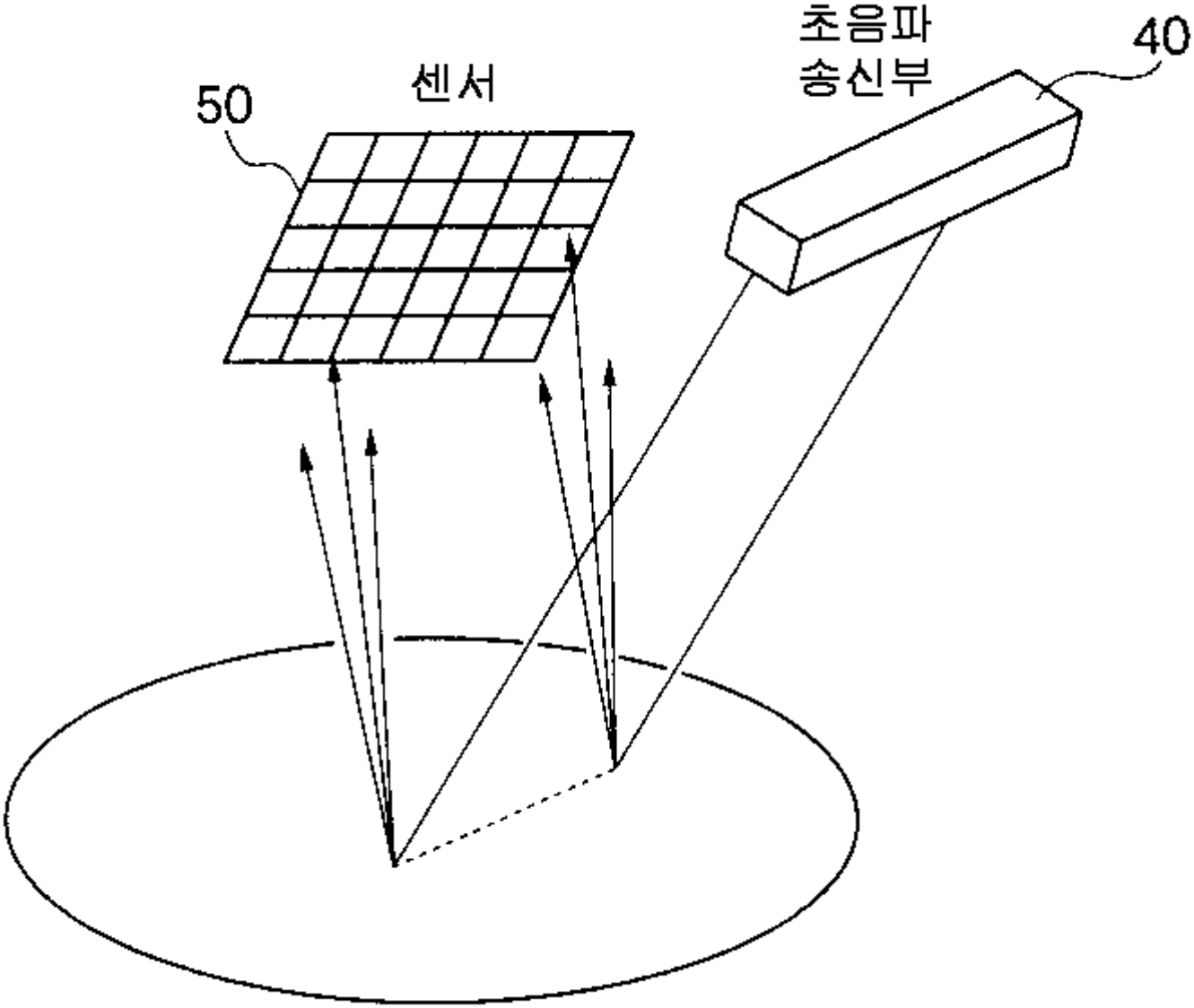
도면 18


초음파 송신부
40
초음파 검출부
(센서)
50
구동신호 발생회로
30
광원
11
분파기
12
결상계
15
광검출기
16
신호처리부
61
A/D
62
신호처리수단
60
타이밍컨트롤부
70
1차기억부
80
화상처리부
90
화상표시부
100
2차기억부
110

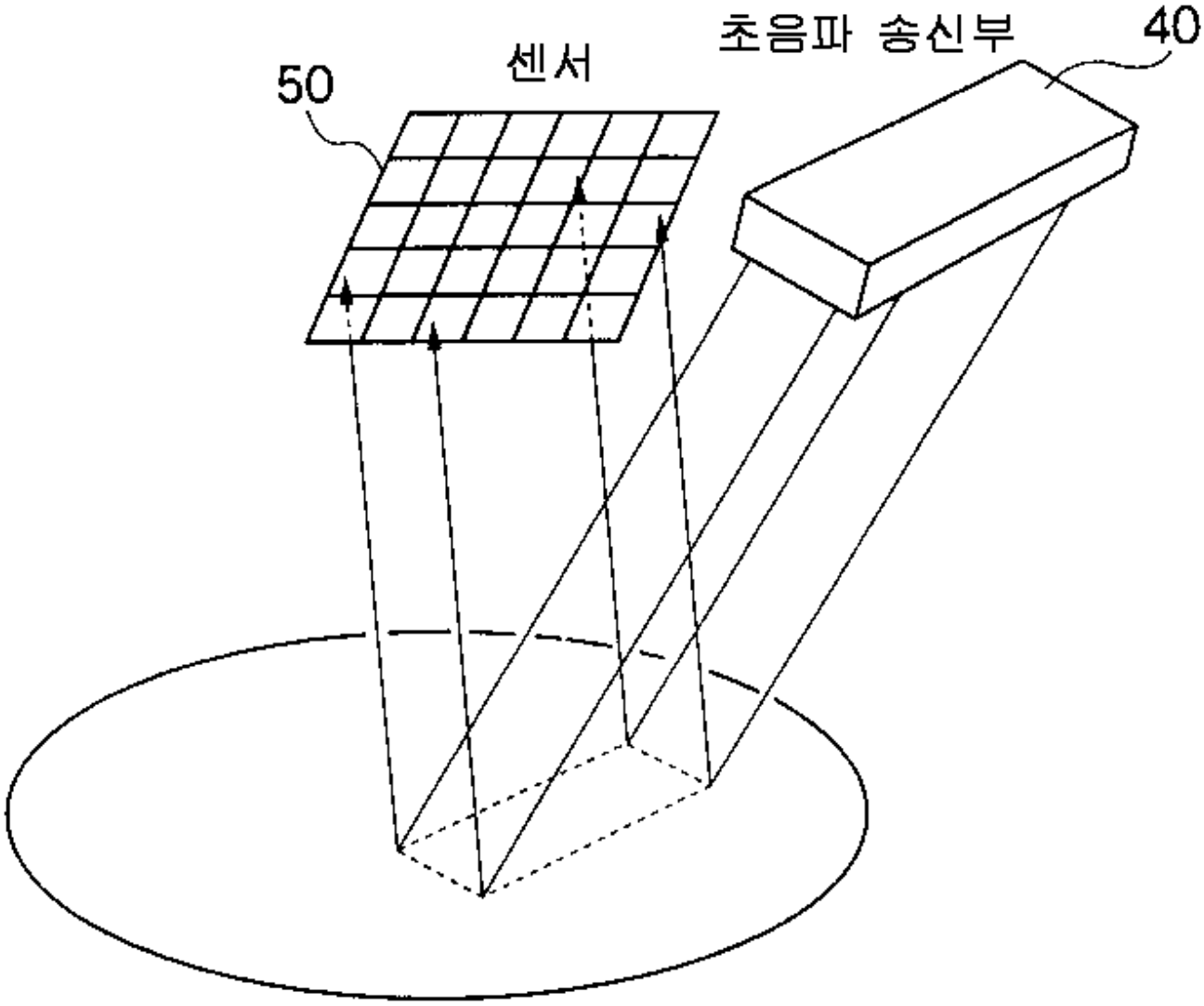
도면 19



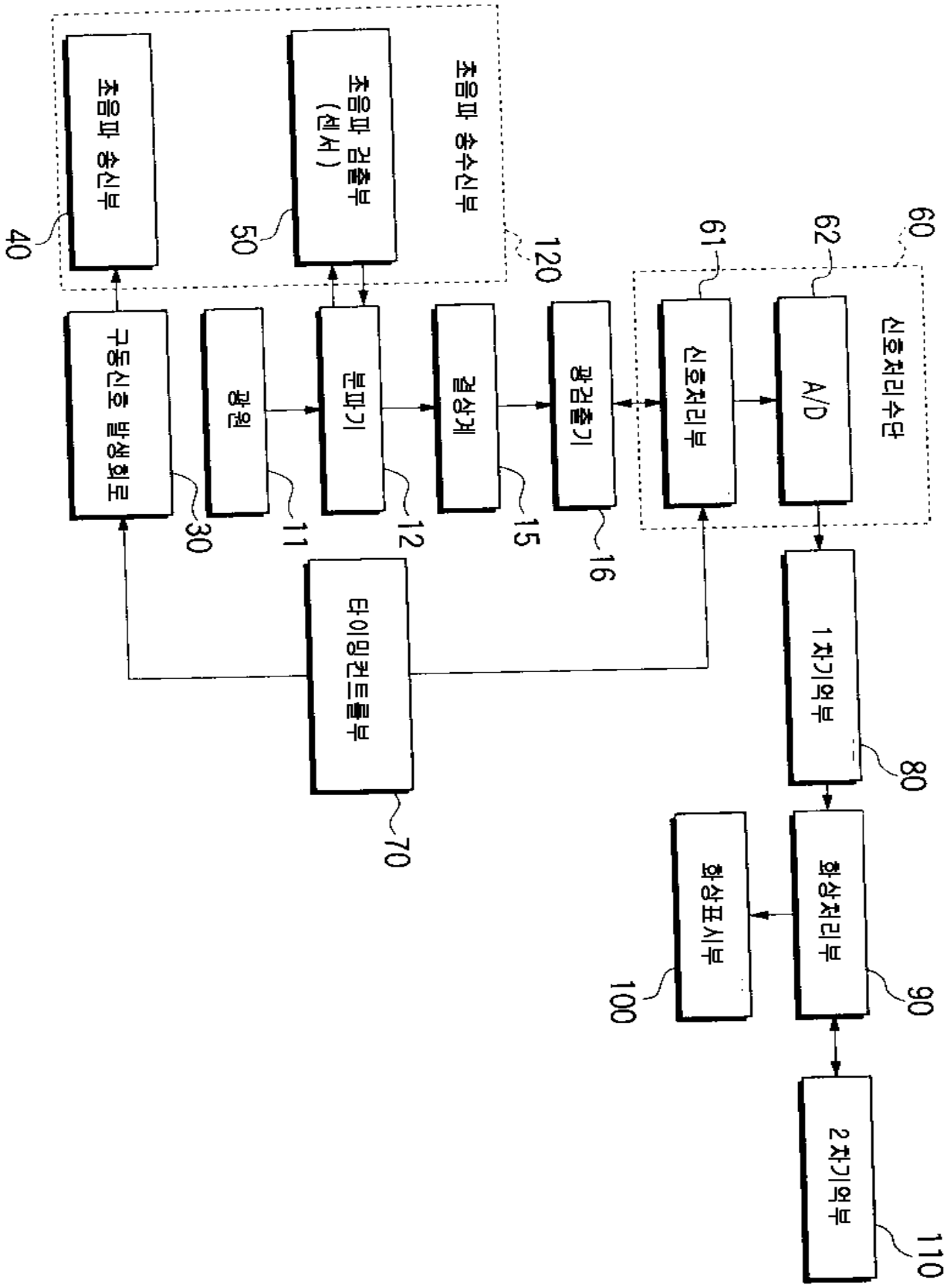
도면 20



도면 21



도면 22


초음파 송수신부
120
초음파 송신부
40
초음파 검출부
(센서)
50
신호처리수단
60
61
62
신호처리부
A/D
구동신호 발생회로
30
광원
11
클파기
12
결상계
15
광검출기
16
타이밍컨트롤부
70
1차기억부
80
화상처리부
90
화상표시부
100
2차기억부
110

专利名称(译)	超声波探头和超声波接收器，以及超声波诊断设备		
公开(公告)号	KR1020010100925A	公开(公告)日	2001-11-14
申请号	KR1020010023194	申请日	2001-04-28
[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	G01H9/00 G01N21/45 G01N29/24 A61B8/00		
CPC分类号	B82Y15/00 G01H9/004 G01N21/45 G01N29/2418 G01N29/2462 G01N29/449 G01N2291/106		
代理人(译)	HA，桑KU HA，杨郁		
优先权	2000133085 2000-05-02 JP 2001026293 2001-02-02 JP		
其他公开文献	KR100797899B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

不需要对大量精细元件进行电气布线，并且不会引起串扰或电阻抗增加。超声波探头包括光路阵列，该光路阵列包括光从第一端入射的光路，以及形成在多个光路的第二端的多个光路路径，以及多个用于调制光的超声波检测元件。 1