

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. <sup>6</sup> G02B 26/00	(11) 공개번호 특 1998-028131	(43) 공개일자 1998년 07월 15일
(21) 출원번호 특 1996-047123		
(22) 출원일자 1996년 10월 21일		
(71) 출원인	한국전자통신연구원 양승택 대전광역시 유성구 가정동 161번지한국전기통신공사 이준 서울특별시 종로구 세종로 100번지 김향균 대전광역시 유성구 어은동 101-3 박서연 대전광역시 유성구 신성동 한울아파트 106동 1604호 이동호 대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 125동 1406호 박창수 대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 130동 901호	
(72) 발명자		
(74) 대리인	김영길, 원혜중, 김명섭	

심사청구 : 있음

(54) 이득 등화 유지를 위한 에르븀 첨가 광증폭기

요약

본 발명은 파장분할 다중방식의 광전송시스템에서 파장에 따른 이득차이가 최소화된 상태를 유지하기 위한 에르븀 첨가 광증폭기에 관한 것으로서, 종래기술에서의 에르븀 첨가 광증폭기가 파장에 따라 이득이 차이가 있어 파장분할 다중방식의 광전송시스템에 이용할 경우 외부의 환경에 영향을 받아 시스템의 성능을 저하시켰던 문제점을 해결하기 위해, 본 발명은 3개의 광 아이솔레이터(21a, 21b, 21c), 파장분할 광섬유결합기(22), 여기광원(23), 신호광과 자연방출광을 증폭하는 에르븀 첨가 광섬유(가), 광섬유 방향성 결합기(25), 광섬유 방향성 결합기(25)에 연결된 광 검출기(26), 1530nm 영역의 증폭된 자연방출광만을 추출하는 광학필터( $\beta$ ), 이득을 등화시키기 위한 여기광 세기 조절부(28)로 구성되어, 외부의 환경이 변할지라도 이득이 증폭된 자연방출광의 세기에 비례하는 원리에 의해 광학필터(27)로 추출된 1530nm 영역의 자연방출광 성분을 기준광으로 하여 광증폭기의 이득을 이득등화가 최적인 상태의 이득으로 일정하게 유지하도록 조절할 수 있는 것이다.

대표도

도 2

명세서

도면의 간단한 설명

- 도 1은 일반적인 에르븀 첨가 광증폭기의 광 스펙트럼.
- 도 2는 본 발명의 이득 등화를 위한 에르븀 첨가 광증폭기 및 이의 특성 측정을 위한 실현장치 구성도.
- 도 3은 광학필터에서 반사된 광신호의 세기에 대한 증폭기의 이득 및 이득 등화 특성으로 에르븀 첨가 광증폭기로 입사되는 신호광 세기를 변화시키며 측정할 결과.
- 도 4는 임의의 입력 신호광 세기 및 여기광 세기에 대하여 광학필터에서 반사된 광신호 세기에 대한 이득등화 특성도.
- 도 5는 광학필터에서 반사된 광신호의 세기를 적정의 값으로 유지하도록 여기광 세기를 조절하였을 때, 입력 신호광 세기의 변화에 대한 이득등화 특성도.

\* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

- 10 : 신호광원
- 15 : 광 감쇠기
- 20 : 에르븀 첨가 광증폭기

- 21a, 21b, 21c : 제 1 내지 제 3 광 아이솔레이터
- 22 : 파장분할 광섬유 결합기      23 : 여기광원
- 24 : 에르븀 첨가 광섬유      25 : 광섬유 방향성 결합기
- 26 : 광 검출기      27 : 광학필터
- 28 : 여기광 세기 조절부      30 : 광스펙트럼 분석기

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

본 발명은 이득 등화의 상태 유지를 위한 에르븀 첨가 광증폭기에 관한 것으로서, 특히 파장분할 다중방식의 광전송시스템에서 광섬유의 손실을 보상하기 위해 파장에 따른 이득 등화상태를 유지하기 위한 에르븀 첨가 광증폭기에 관한 것이다.

일반적으로, 에르븀 첨가 광증폭기는 광전송 시스템에서 광선로의 손실을 보상하여, 전송거리를 증가시킨다.

이를 위하여 에르븀 첨가 광증폭기는 주어진 환경, 즉 입력신호광 세기 및 여기광 세기에 대하여 적정의 이득 및 잡음지수를 유지하여야 한다.

다채널의 광전송시스템에 이용되는 에르븀 첨가 광증폭기의 경우 또 한 가지 중요한 사실은 전송 채널, 즉 전송 파장간의 이득 등화 특성이다.

에르븀 첨가 광증폭기는 이득 에르븀 이온의 근본적인 특성으로 인하여, 파장에 따라 증폭률 및 잡음지수가 다르다. 특히, 이러한 파장에 따른 불균일 특성은 여러 개의 에르븀 첨가 광증폭기를 통과하면서 계속 누적되어 전송된 신호 채널간의 최종 광세기 및 신호대 잡음비 변화를 유도한다.

따라서, 전체 광전송시스템이 오율없이 운영되려면, 광전송시스템의 규격을 품질이 가장 나쁜 채널을 기준으로 정하여야 하며, 이때 품질이 좋은 채널은 필요 이상으로 마진(margin)을 가지게 되어 전체 광전송시스템은 비효율적이 된다.

이러한 단점을 없애기 위하여 일반적으로, 다채널 광전송시스템에서는 수신부에서의 채널간의 광세기 및 신호대 잡음비가 균일하게 되도록 조정한다.

이를 위한 방법으로는 에르븀 첨가 광증폭기(이하, EDFA)의 이득 스펙트럼과 반대의 스펙트럼 특성을 나타내는 광학필터를 이용하는 방법, 광신호를 전송하기 전에 전송 광채널 사이의 광세기를 조절하여 최종적으로 전송된 광의 세기를 일정하게 되도록 하는 방법, 그리고 EDFA에서 에르븀 첨가 광증폭기의 길이 및 여기광 세기를 조절하여 EDFA자체에서 이득 등화를 유지하도록 하는 방법이 있다.

그러나 채널간의 광세기 및 신호대 잡음비가 균일하게 조정되었다 하더라도, EDFA의 입력 신호광 세기나 여기광 세기가 변하면 수신단에서의 등화특성이 달라져서 시스템의 성능을 변화시킬 수 있다.

따라서 견고한 광전송 시스템을 구성하기 위해서는 EDFA의 이득 등화 및 이의 유지가 무엇보다 중요하다. 본 발명에서는 위에 열거한 여러가지 이득 등화 방법을 이용하여 이득 등화된 EDFA의 이득 등화 유지방법에 대하여 기술한다.

에르븀 첨가 광섬유의 길이가 결정되었을 때 이를 포함한 EDFA의 이득이 등화된 상태를 나타내는 이득은 한 값으로 결정된다. 즉, 에르븀 첨가 광섬유 길이 L에 대하여 파장에 따른 이득차( $\Delta G$ )가 최소인 이득은 단일한 값  $G_0$ 이다.

같은 에르븀 첨가 광섬유 길이에 대하여 이득이  $G_3$  보다 클 경우 단파장 쪽의 이득이 장파장쪽의 이득보다 크고, 이득이  $G_0$  보다 작을 경우 장파장쪽의 이득이 단파장쪽의 이득보다 크다.

이와같이 주어진 에르븀 첨가 광섬유 길이에 대하여 이득 스펙트럼의 등화 상태를 나타내는 이득이 단일하게 결정되므로, 이 EDFA의 이득 등화 및 이의 자동 유지는 주어진 에르븀 첨가 광섬유에 대하여 등화된 이득을 나타내는 고정 이득 유지방법을 이용하면 된다.

채널간의 등화방식이 에르븀 첨가 광증폭기 자체를 최적화하는 것이 아니라 전송광신호의 신호광 세기 조절, 혹은 에르븀 첨가 광증폭기의 이득 스펙트럼과 반대의 스펙트럼을 가지는 광학필터를 이용하였다 하더라도 등화된 상태를 유지하려면 주어진 상황에서 고정 이득을 유지하여야 한다.

다시 말하면, 에르븀 첨가 광증폭기는 파장에 따라 이득이 차이나는 근본적인 특성을 지니고 있으므로, 이를 그대로 파장분할 다중방식의 광전송시스템에 이용할 경우 시스템의 성능을 저하시키는 문제점을 발생한다.

이에따라, 일반적으로는 파장분할 다중방식의 광전송시스템에서는 에르븀 첨가 광증폭기의 이득 특성을 고르게하여 이용하였다.

그러나 이러한 특성이 최적화 되었다 하더라도 외부의 환경이 변하면 최적화된 특성이 변한다. 따라서 외부의 환경이 변하더라도 파장에 따른 이득 등화 특성을 유지하여야 할 필요성이 있다.

**발명이 이루고자하는 기술적 과제**

상기 필요성에 따라 안출된 본 발명은 파장에 따른 이득이 등화된 에르븀 첨가 광증폭기에서 입력 신호 광 세기나 여기광 세기 등과 같은 외부의 환경이 변할 때 이득 등화의 상태를 유지하는데 그 목적이 있다.

**발명의 구성 및 작용**

아하, 본 발명을 첨부된 도면에 의거하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

도 1은 EDFA의 이득 스펙트럼을 나타낸다.

일반적인 조건에서 동작하는 EDFA의 경우 1530nm영역에서 이득이 매우 크고, 1545nm ~ 1560nm의 영역에서는 이득 스펙트럼이 비교적 균일하다.

1530nm영역의 이득이 너무 크기 때문에 여러 개의 EDFA를 지나면서, 이 영역의 이득이 다른 파장의 이득보다 월등히 커져, 다른 대역의 이득을 포화시키기 때문에 이러한 경우 1530nm영역의 좁은 대역밖에 이용할 수 없다.

그래서 일반적으로 1530nm 영역을 완전히 제거하여, 이 성분에 의한 포화를 제거하고 대신 더 넓은 대역인 1545nm ~ 1560nm영역을 신호대역으로 이용한다.

이를 위하여 각 증폭기를 통과한 후 광섬유 회절격자등의 광학필터를 이용하여 1530nm대역의 증폭된 자연방출광 성분을 제거한다.

이 제거된 1530nm영역의 증폭된 자연방출광 세기는 이득에 비례한다.

이를 이용해 본 발명에서는 광학필터로 뽑아낸 1530nm영역의 증폭된 자연방출광성분을 기준광으로 하여 광증폭기의 이득을 이득동화가 최적인 상태의 이득으로 일정하게 유지하도록 조절을 한다.

도 2는 1530nm영역의 증폭된 자연방출광 제거 및 이를 이용한 이득 등화 유지 기능을 수행할 수 있는 EDFA의 구조 및 이의 성능을 시험할 수 있는 실험장치도를 나타낸다.

본 발명에서는 EDFA의 이득동화 특성을 측정하기 위하여 1545nm - 1557nm 사이에 있는 네 개의 광원을 4X4 광섬유 방향성 결합기를 이용하여 다중화시켜 신호광원(10)으로 이용하였다.

이에 따른 본 발명의 이득동화의 상태 유지를 위한 에르븀 첨가 광증폭기(20)를 실험장치와 연관시켜 설명하겠다.

에르븀 첨가 광증폭기(20)의 이득 등화 정도를 측정하기 위해서는 1545nm-1557nm 범위에 있는 네 개의 광원(예 : 1545nm, 1548.2nm, 1553nm, 1557nm)을 갖는 신호광원(10)과, 상기 신호광원(10)으로부터 출력된 신호광의 세기를 조절하는 광감쇠기(15)와, 본 발명의 에르븀 첨가 광증폭기(20) 및 에르븀 첨가 광증폭기(20)의 출력의 광스펙트럼을 측정하기 위한 광스펙트럼분석기(30)로 구성되어, EDEA의 이득동화 특성을 측정한다. 이에 대한 측정 결과는 후술할 도 3 내지 도 5를 참조하여 설명하겠다.

상기 에르븀 첨가 광증폭기(20)의 구성은, 이득 등화 정도를 측정하기 위해 입력되는 신호광에 대해 반사된 빛은 차단하고 투과된 빛은 통과시키는 제 1 광 아이솔레이터(21a)와, 상기 투과된 신호광과 레이저 매질을 여기(광펌핑)시키는 여기광을 결합시키는 파장분할 광섬유결합기(22)와, 이 파장분할 광섬유결합기(22)를 통과한 신호광을 증폭함과 동시에 자연방출광을 증폭하는 에르븀 첨가 광섬유(24)와, 상기 에르븀 첨가 광섬유(24)를 통해 증폭된 출력 광에 대해 반사된 빛은 차단하고 투과된 빛은 통과시키는 제 2 광 아이솔레이터(21b)와, 상기 제 2 광 아이솔레이터(21b)를 통과한 증폭된 신호광과 자연방출광이 전송되어 반사된 1530nm 영역의 성분을 뽑아내기 위한 광섬유 방향성 결합기(25)와, 상기 광섬유 방향성 결합기(25)에서 뽑아낸 1530nm영역의 자연방출광의 광세기를 측정하는 광 검출기(26)와, 상기 광섬유 방향성 결합기(25)를 거쳐 1530nm영역의 증폭된 자연방출광단을 추출하고 나머지 신호광의 파장 성분은 통과시키기 위한 광학필터(27)와, 상기 광섬유 방향성 결합기(25)의 일측에 연결되어 이득을 등화상태로 유지 시키기 위해 상기 추출된 1530nm영역의 자연방출광 세기를 기준으로 상기 여기광원(23)의 여기광 세기 변화를 궤환방식에 의해 조절하는 여기광 세기 조절부(28)와, 상기 광학필터(27)를 통과한 나머지 신호광의 파장 성분은 투과시키는 제 3 광 아이솔레이터(21c)로 구성되어 있다. 이와같은 구성에 의한 본 발명의 작용을 설명하면 다음과 같다.

EDFA의 출력단에는 1530nm영역의 증폭된 자연방출광을 제거(추출)하기 위하여 광학필터(27)를 삽입하고, 이 광학필터(27)에 의해 추출된 1530nm 영역의 증폭된 자연방출광 성분을 광섬유 방향성 결합기(25)에 의해 뽑아낸다.

이렇게 뽑아낸 자연방출광 성분의 광세기를 광검출기(26)에 의해 검출한다.

그리고 에르븀 첨가 광섬유(24)에서 발생하여 증폭된 자연방출광과 증폭된 신호광은 광학필터(27)에 의해 1530nm영역의 성분은 반사되고 나머지 신호광의 파장 성분(1550nm 파장 대역의 성분)은 투과하여 광증폭기의 출력으로 나간다.

이때 상기 광학필터(27)에서 반사된 1530nm영역의 성분은 제 2 광 아이솔레이터(21b)와 광학필터(27) 사이에 있는 광섬유 방향성 결합기(25)에 의하여 추출되어 광 검출기(26)로 들어간다.

이렇게 광 검출기(26)에 의해 검출된 성분의 광세기가 주어진 EDFA의 이득을 파장에 대하여 균일하게 유지하는 이득에서의 광세기가 되도록 상기 여기광원(23)에서 여기된 여기광 세기를 조절함으로써, EDFA의 입력 신호광 세기나, 여기광 세기가 변하더라도, 궤환(feedback)방식에 의하여 여기광 세기를 다시 조정

하여 이득 등화의 상태를 유지하도록 제어한다.

이와같은 제어 결과로 에르븀 첨가 광증폭기에서의 출력을 광스펙트럼 분석기(30)를 통해 그 상태를 측정하게 된다.

도 3은 특정의 에르븀 첨가 광섬유 길이에 대하여, 이득, 이득동화 정도, 그리고 추출된 1530nm영역의 광세기를 나타낸다.

파장에 따른 이득동화 정도는 이득에 역비례하고 추출된 1530nm영역의 광세기에 비례한다. 측정에 이용된 증폭기의 경우, 이득 등화의 상태를 나타내는 이득은 약 20dB이고 이 상태에서 추출된 1530nm영역의 광세기는 약 -23 dBm이다. 도 4는 EDFA의 입력 신호광 및 여기광 세기를 변화시켜가며 측정된 이득 등화의 정도에 대한 추출된 1530nm영역의 광세기를 나타낸다.

특정한 이득동화정도에서, 추출된 1530nm영역의 광세기는 항상 일정하다. 따라서 이러한 방법을 이용하면 이득 등화 유지 뿐만 아니라 EDFA를 시스템에서 요구하는 임의의 이득 등화 상태로 조절할 수도 있다.

도 5는 측정에 이용된 EDFA에 대하여 최적의 이득 등화 상태일때 추출된 1530nm영역의 광세기를 기준값으로 하여, EDFA로 입사되는 입력 신호광 세기가 변할때, 추출된 1530nm영역의 광세기가 일정하게 유지되도록 여기광 세기를 조절하면서 이득동화 정도의 변화를 측정하는 것이다.

채널당의 입력 신호광 세기가 -30dBm에서 -15dBm까지 변하여도 이득 등화는 약 0.4dB이내에서 유지됨을 보인다.

이 입력 신호광 세기 영역은 여기광 세기에 의하여 제한된 값으로 여기광 세기가 충분할 때 압력 신호광 세기 영역은 계속 증가될 수 있다.

이상에서와 같이 본 발명은 등화된 EDFA의 이득 등화상태를 자동적으로 조절, 유지할 수 있는 것이다.

### 발명의 효과

이상과 같은 본 발명은 외부의 환경이 변하더라도 파장에 따른 이득 등화특성을 유지시키기 때문에 파장분할 다중전송시스템에서의 시스템 성능을 향상시킬 수 있는 잇점이 있다.

### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1

이득 등화 정도를 측정하기 위해 입력되는 신호광에 대해 반사된 빛은 차단하고 투과된 빛은 통과시키는 제 1 광 아이솔레이터(21a)와, 상기 투과된 신호광과 여기광원(23)에서 여기한 여기광을 결합시키는 파장분할 광섬유결합기(22)와, 상기 파장분할 광섬유결합기(22)를 통과한 신호광을 증폭함과 동시에 자연방출광을 증폭하는 에르븀 첨가 광섬유(24)와, 상기 에르븀 첨가 광섬유(24)를 통해 증폭된 출력 광에 대해 반사된 빛은 차단하고 투과된 빛은 통과시키는 제 2 광 아이솔레이터(21b)와, 상기 제 2 광 아이솔레이터(21b)를 통과한 신호광과 자연방출광이 전송되어 반사된 1530nm 영역의 성분을 뽑아내기 위한 광섬유 방향성 결합기(25)와, 상기 광섬유 방향성 결합기(25)에서 뽑아낸 1530nm 영역의 자연방출광의 광세기를 측정하는 광검출기(26)와 상기 광섬유 방향성 결합기(25)를 거친 1530nm영역의 증폭된 자연방출광만을 추출하고 나머지 신호광의 파장 성분은 통과시키는 광학필터(27)와, 상기 광섬유 방향성 결합기(25)의 일측에 연결되 이득을 등화상태로 유지 시키기위해 상기 추출된 1530nm 영역의 자연방출광 세기를 기준으로 상기 여기광원(23)의 여기광 세기 변화를 폐환방식에 의해 조절하는 여기광 세기 조절부(29) 및 상기 광학필터(27)를 통과한 나머지 신호광의 파장 성분은 통과시키는 제 3 광 아이솔레이터(21c)로 구성된 것을 특징으로 하는 이득 등화의 상태 유지를 위한 에르븀 첨가 광증폭기.

#### 청구항 2

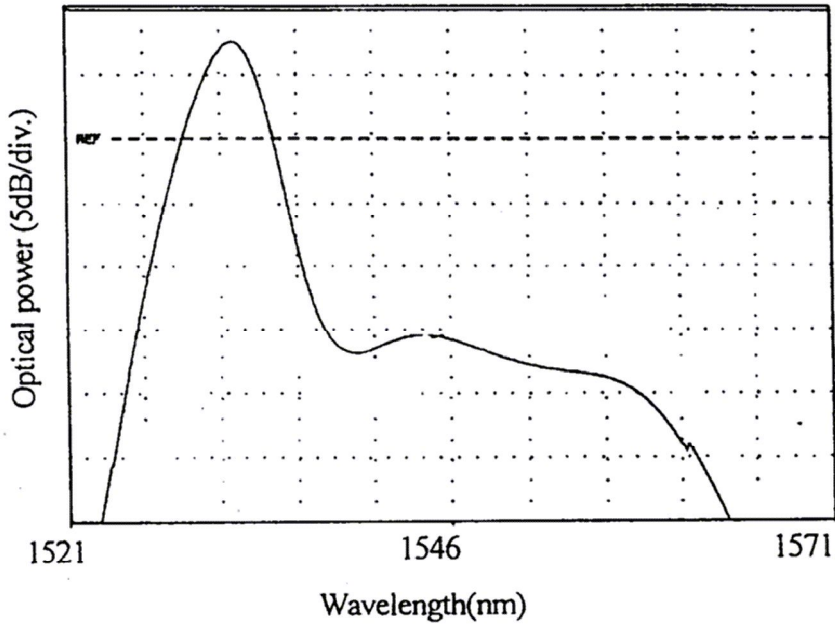
제 1 항에 있어서, 상기 광학필터(27)는 1530nm파장 대역의 성분은 반사시키고 1530nm 파장대역의 성분은 투과시키는 것을 특징으로 하는 이득 등화의 상태 유지를 위한 에르븀 첨가 광증폭기.

#### 청구항 3

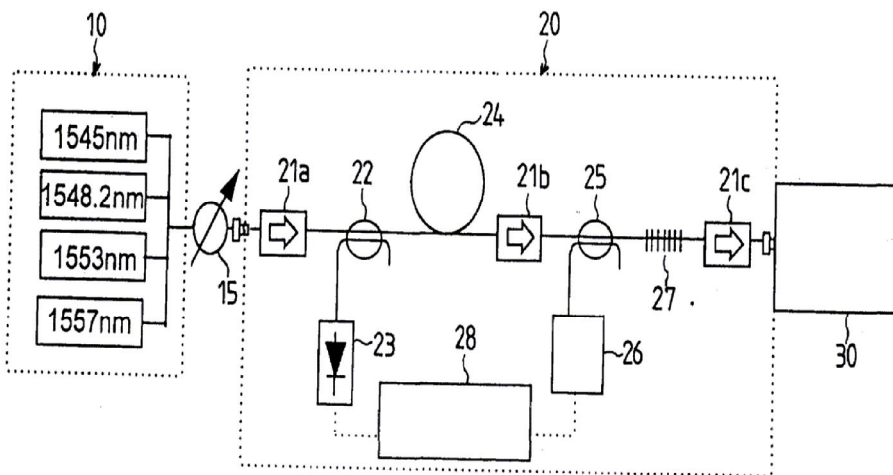
제 1 항에 있어서, 상기 여기광 세기 조절부(29)는 상기 광 검출기(26)에서 검출된 성분의 광세기가 소정의 에르븀 첨가 광증폭기의 이득을 파장에 대하여 균일하게 유지하는 이득에서의 광세기가 되도록 여기광 세기를 조절하는 것을 특성으로 하는 이득 등화의 상태 유지를 위한 에르븀 첨가 광증폭기.

### 도면

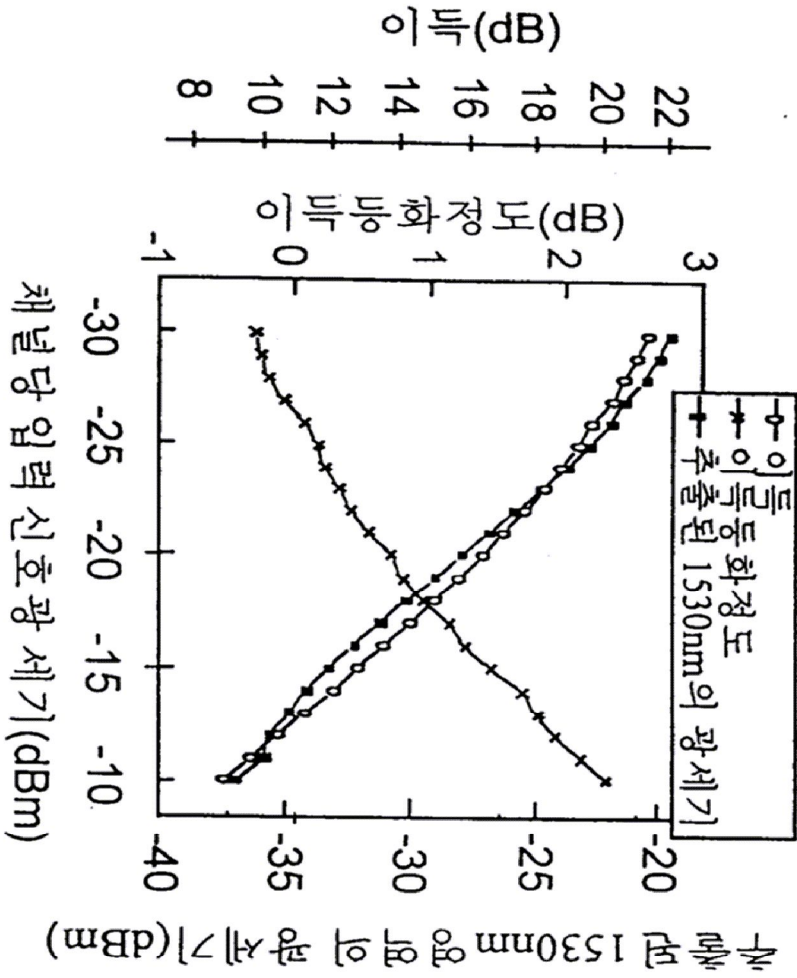
도면1



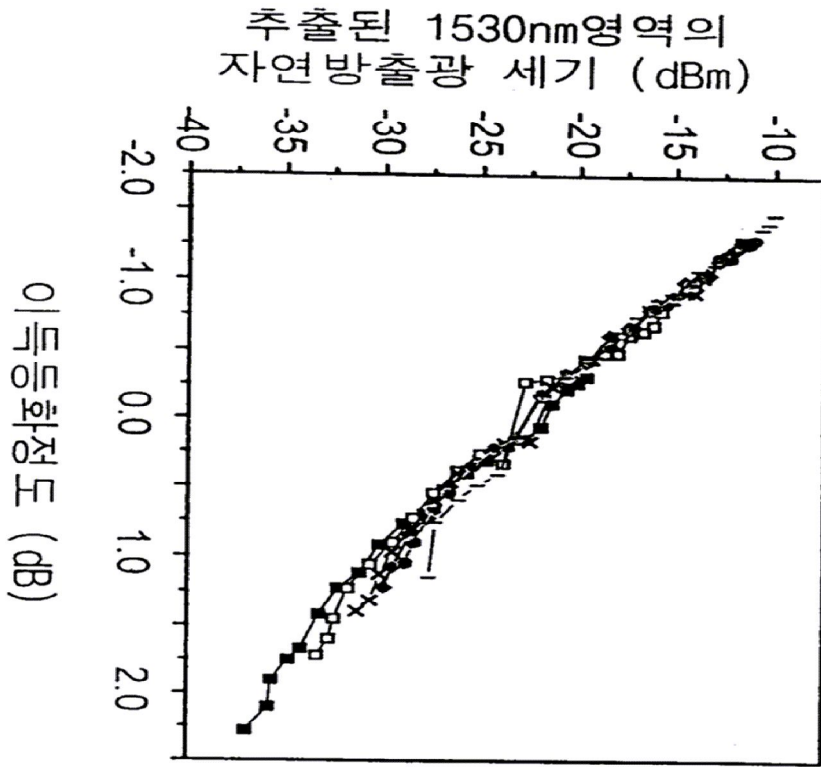
도면2



도면3



도면4



도면5

