

국제표준화소식

광디바이스의 동향

1. 서론

광케이블에 의한 정보전달 광파이버 전송은 통신을 비롯하여 계산기, 산업기기, 사무기, AV기기로 응용분야를 확대해 나가고 있다. 이 하드웨어 구성의 기본요소는 광디바이스 및 반도체 레이저로 대표되는 광디바이스이다. 이장에서는 최근의 연구를 예를 들어 통신분야의 광디바이스 동향에 대하여 대략 살펴본다.

2. 광통신 시스템의 동향

(1) 중계전송 대용량화

통신에서 광디바이스는 고속, 대용량, 장거리라는 특성을 활용하여 중계전송에서 실용화 되기 시작하였다. 1985년에 전송속도 400Mbit/s인 일본을 세로로 통과하는 광파이버 전송로가 완성되고 1989년에는 태평양 횡단 해저 광케이블이 개통되었다.

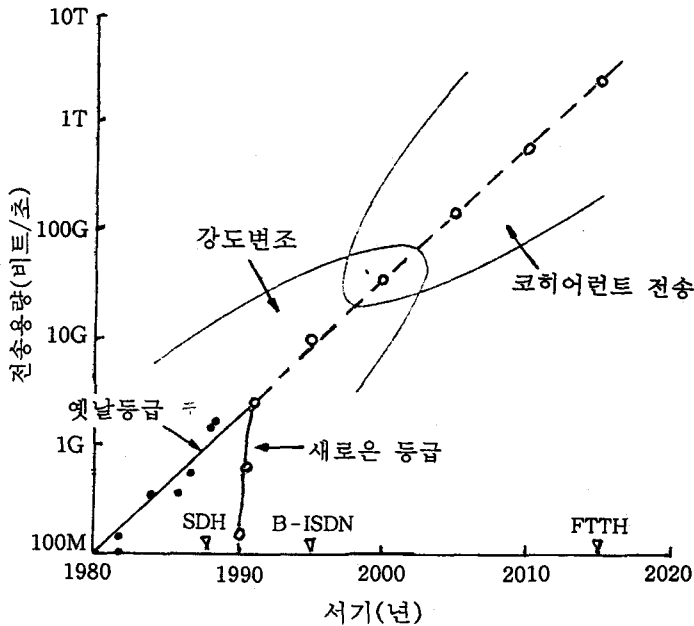


그림 1 광전송 시스템의 실용화 동향

이 글은 일본 ITU협회 발행 "ITU저널"에서 번역·재출판 할 것입니다.

그림1에 나타내었듯이 광통신 시스템은 과거 8년간 약 10배로 고속화 되었고 1988년에 CCITT(국제전신전화 자문위원회)는 세계적인 통신망을 통합하여 광전송 시스템을 경제적으로 도입할 목적으로 전송속도의 새로운 계층(SHD=Synchronous Digital Hierachy)을 표준화 하였다. 앞으로는 예전의 경향에 따라 새로운 계층에서 전송용량을 증가한다.

한편, 음성, 데이터를 중심으로 한 협대역 종합 정보통신망(N-ISDN)은 영상 서비스를 종합하는 광대역 ISDN(B-ISDN)으로 전개된다. 1995년경에 도입하기 위하여 표준화가 진행되고 있는데 2015년에는 전국의 일반 가정에도 광파이버가 보급(FTTH=Fiber-to-the-Home)될 것이다.

용량을 크게 하기 위하여 우선 현재 실용화 되어 있는 강도 변조방식을 고속화하고 있으며 이러한 욕구에 부응하는 것이 광고속 디바이스의 개발이다. 앞으로는 이러한 개발이 빛의 주파수나 위상을 변조하는 코히어런트 전송방식으로 이행될 것이다.

(2) 가입자계, 국내계에 대한 전개

정보량이 증대됨에 따라 교환국 장치간의 전송량도 증대되어 국내의 배선이 폭주되고 있다. 용량이 크고 직경이 가늘며

내잡음성인 광파이버 전송의 특성을 활용하여 국내계로 전개중인데 가입자계는 사무실의 사설교환기(PBX) 등으로 다중전송방식이 이미 실용화되어 있어서 몇년 후에는 가정에도 도입되기 시작할 것이다.

국내계, 가입자계로 전개해 나가려면 낮은 소비전력, 공간 줄이기, 경제화를 목표로 한 병렬전송, 파장다중 전송 등이 필요하다.

(3) 광네트워크로의 전개

그림2에는 중계계에서 국내계, 가입자계, 특히 네트워크로의 전개를 나타내고 있는데 적용분야의 확대, 높은 신뢰화, 고효율화는 광통신망을 점과 점의 접속에서 네트워크로 발전시키는 자기회복 기능을 갖춘 전송계, 대용량 정보를 전화하는 크로스 코넥터, 각 단말에 대한 분배계 등이 추가된 광네트워크에 이르고 있다. 여기에서는 다채널 광정보를 전송, 처리할 수 있는 코히어런트 전송이 중요한 기술이 되고 있다.

이러한 네트워크로 전개하기 위해서는 광디바이스에 새로운 기능이 추가 되어야 하며 광증폭은 반도체 레이저, 광파이버에 있어서 광전송 기간기술로서 이미 10Gbit/s 고속 중계 실험계에 적용되고 있으며, 분배계의 브스터 증폭에도 적용될 예정이다. 코히어런트 광전송에는 파장가변광원,

정보전송로 전환에는 고속광 스위치가 필요하는데 이러한 예전의 기술로는 빛을 에너지로 취급하였지만 지금은 빛을 파로

취급하여 빛을 전기로 교환하지 않고 처리하는 새로운 기능이 개발되었다.

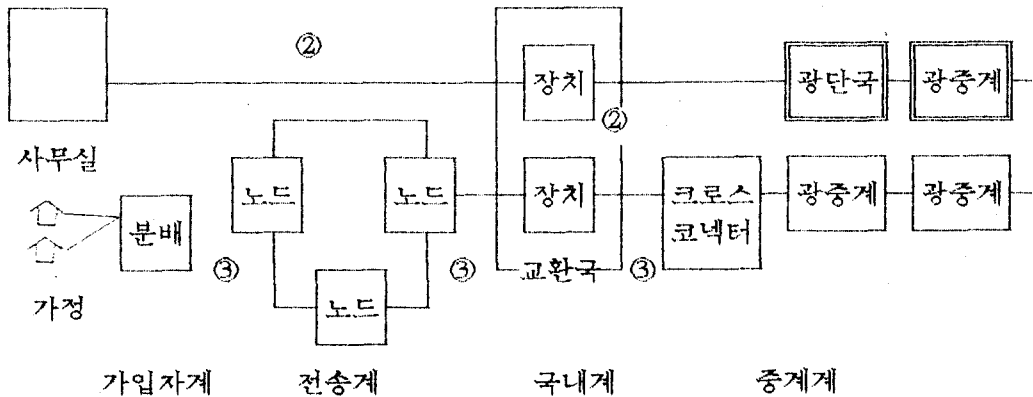


그림 2 광 네트워크로의 전개(①→②→③)

3. 광디바이스 고속화

(1) 다중양자우물 반도체 레이저

광원을 고속화하기 위하여 먼저 반도체 레이저가 고속화되었는데 반도체 레이저는 더블헤테로(double hetero) 구조로 실온 연속발진에 성공하여 그림 3(a)에 나타낸

매워넣기 헤테로 구조에 의한 가로모드 제어는 광통신의 실용화에 공헌하였다. 이어서(b)의 분포귀환형에 의한 세로모드 제어에 의해 2.4Gbit/s 정도인 고속장거리 전송을 할 수 있게 되었다.

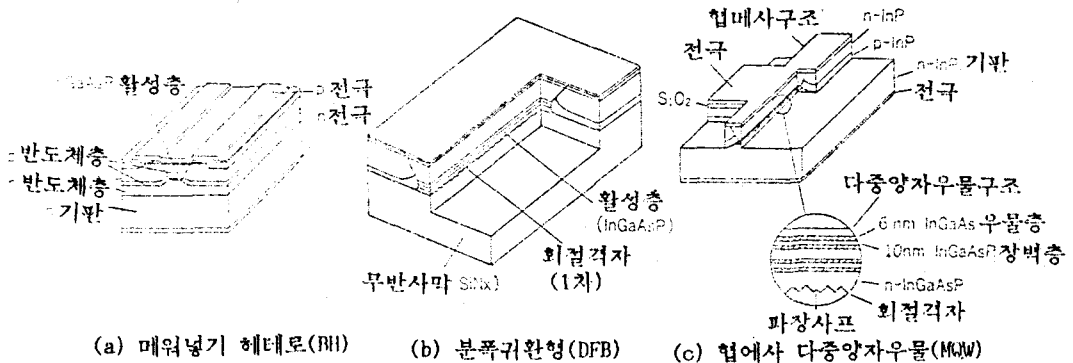


그림 3 대용량 전송을 위한 반도체 레이저 구조의 변화

10Gbit/s 이상인 고속전송에는 우선 반도체 레이저의 용량을 절감시키기 위하여 그림 (c)와 같이 협매사구조로 하며, 특히, 변조에 의한 파장변도(차핑)를 절감하기 위하여 다중양자우물(MQW) 구조를 도입한다. 다중양자 우물구조란 두께 10nm 이하인 우물층과 이 우물층보다 금계대폭이 큰 10nm 부근의 장벽층을 여러개 쌓은 것이다. 이것은 일종의 인공결정 격자에서 초격자라고도 하는데 반도체 레이저에 한정되어 있지 않고 대부분의 광디바이스에 이용된다. 발광에 관여하는 양자단위의 에너지 폭이 좁아져 양자효율 향상, 낮은 한계전류, 낮은 차핑 효과가

있다. 이결과 파장 1.55 μ m에서 대역 17GHz, 10Gbit/s 변조가 보고되었다.

(2) 변조기 집적화 광원

차핑이 적은 고속 광원을 실현하려면 반도체 레이저를 연속발전시켜 외부에 설치된 변조기에서 고속변조를 거는 방법이 있다. 변조기로는 LiNbO₃등의 전기광학 결정을 이용한 것, 반도체 pn접합의 전계 흡수를 이용한 것 등이 있다. 그림 4에는 전계흡수형 변조기와 반도체 레이저를 집적시킨 광원을 나타내었으며 레이저부, 변조부 활성층에 MQW 구조를 이용하여 인가전압 2.7V에서 15dB인 소광비율을 얻을 수 있다.

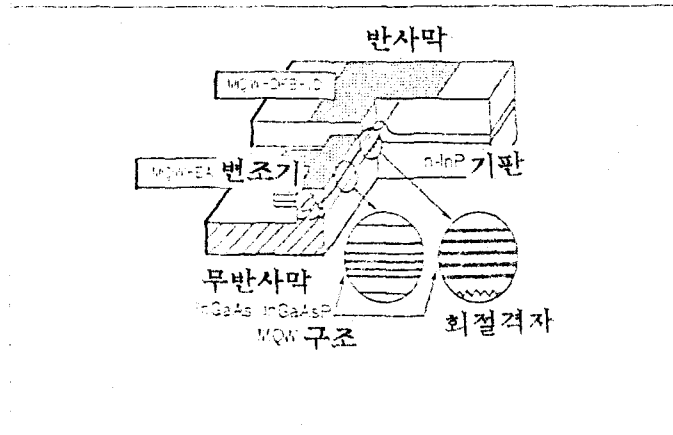


그림 4 전계흡수(EA)형 변조기 집적화 광원

(3) 초격자 APD

초속광 전송계에는 고속저잡음 광검출기가 필요하며 하나의 해(解)는 다음에

설명하는 광증폭기를 전치증폭기로 이용한다. 이에 대하여 고속 경사 증배 포토다이오드(APD)는 장치를 소형화 하는데 유

리하고 이 고속, 저잡음화를 위하여 초격자 APD가 개발되었다. 그림5에 나타내었듯이 헤테로 구조계 면에서 캐리어 가속에 의해 증배시간이 단축되어 전자와 정

공의 이온화율의 차이를 크게 할 수 있기 때문에 잡음을 낮출 수 있으며 10Gbit/s 수광신기에 적용가능한 성능인 대역 12GHz, GB, 110GHz가 보고되고 있다.

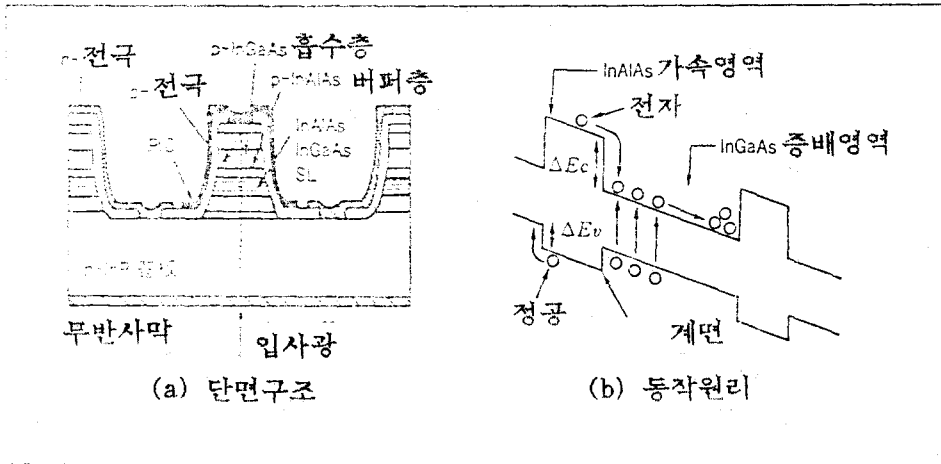


그림 5 조격자(SL) APD

4. 가입자계, 국내계용 광디바이스

(1) 낮은 한계값 반도체 레이저

가입자계, 국내계 모두 소비전력을 절감시킨다는 점에서 바이어스 없이 동작하는 반도체 레이저가 요구되며 또한, 가입자계에서는 광범위한 환경온도에서 동작되도록 하고 있다. 한계값을 낮게하려면 이득 향상, 손실절감, 전류나 빛의 누설의 절감, 광온도범위 동작에는 온도특성을 개선해야 하며 이러한 요구에 부응하여 MQW 구조를 이용해서 그림6과 같이 실온에서 2.8mA 한계전류, 120°C까지의 동작이 보

고되고 있다.

(2) 광인터코넥션

통신에서의 교환국내, 계산기의 CPU와 주변기기의 접속을 빠르게 하고 공간을 줄이는 요구에는 빛에 의한 병렬전송이 각광을 받고 있다. 그 개념도를 그림7에 나타내었는데 집적화된 발광소자(LD), 수광소자(PD) 집적회로, 다심 파이버 코넥터, 다채널 수신용 IC와 이것을 콤팩트로 모듈화 한다. 발광소자에 반도체 레이저를 이용하는 경우는 낮은 한계전류가 필수적인 조건이다. 8심 싱글모드 광파이버 리본을 이용하여 1.35cc로 정리한 광파이버 코

넥터 모듈이 발표되었는데 전송속도 3mA이다.
200Mbit/s, 반도체 레이저의 한계전류는

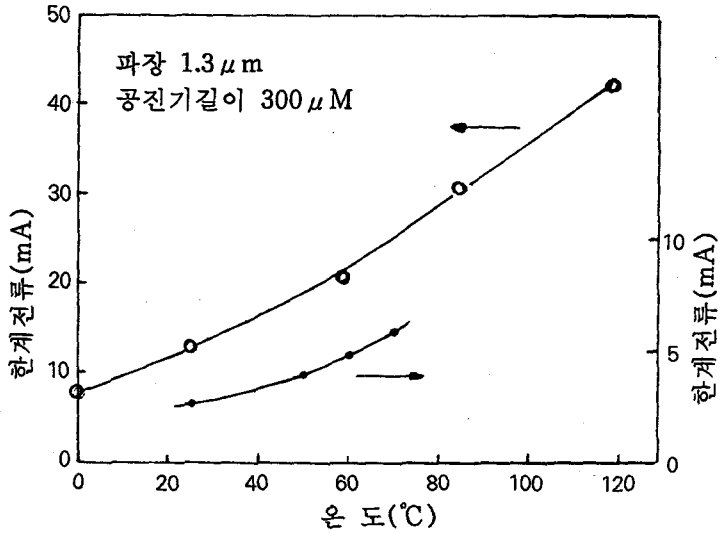


그림 6 낮은 한계값/고온 동작 반도체 레이저

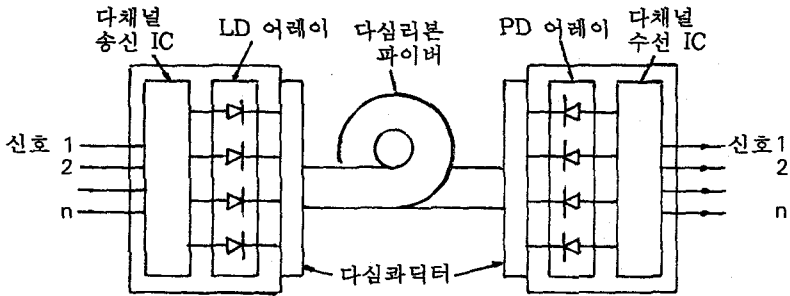


그림 7 병렬광 인터코넥션 개념도

(3) 파장다중 양방향 소자

광가입자계에서는 광파이버 투자를 삭감하기 위하여 1개의 파이버로 상향, 하향, 양방향 신호를 보낸다. 이미 1985년에

삼영(三鷹) INS모델 시스템에서는 간섭막 필터를 이용한 광합분파기에 의한 4파장 다중을 시험하였다. 최근에는 광파이버와 정합성이 좋은 석영계 평면도파로에서

합분파기를 구성하여 광소자와 일체화하는 시험을 하고 있다. 그 구조의 예를 그림 8에 나타내었는데 반도체 레이저(LD)에서 다이오드(PD)로의 누화는 40dB 이

하이며 평면도파로는 합분파기 이외에 광케블러 등 각종 광수동부품의 구성요소가 되기도 한다.

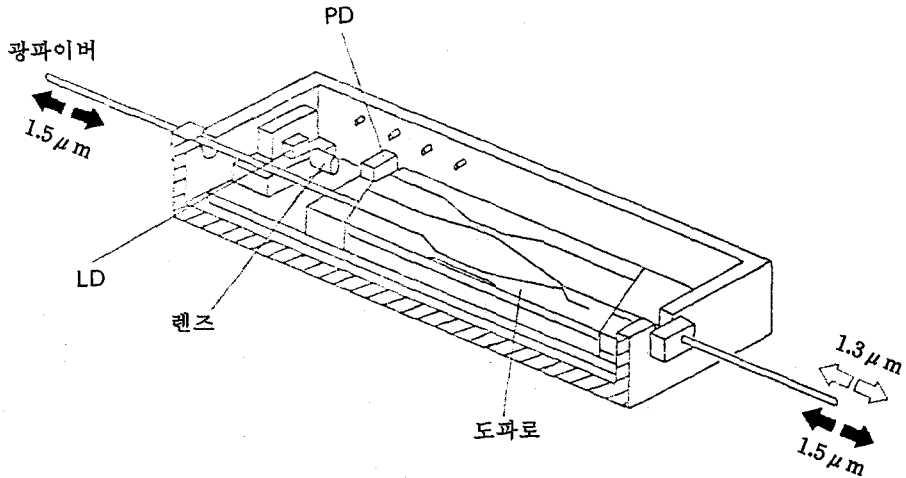


그림 8 평면도파로를 이용한 양방향 모듈

5. 신기능 디바이스

(1) 광증폭기

예전에는 광전송에서 재생증폭은 전기 신호로 변경시킨 후 실행하였는데 전기신

호로 교환하지 않고 광신호를 반도체와 광파이버 2가지 방법으로 증폭할 수 있게 되었다.

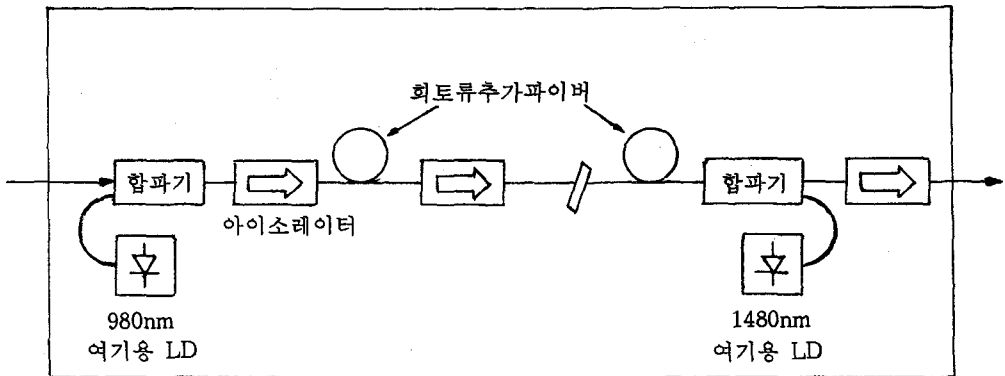


그림 9 광파이버 증폭기의 구성

광파이버 증폭기의 구성예를 그림 9에 나타낸다. 신호파장 $1.55\mu\text{m}$ 인 증폭에 파장 0.98, $1.48\mu\text{m}$ 에서 고출력 여기용 반도체 레이저(LD)를 필요로 한다. 수십 미터 파이버가 필요한 소형화에 한계가 있으나 파이버와의 정합성, 잡음이라는 점에서 뛰어나며 반도체형은 구성이 간단하고 소형화에 알맞다. Er 첨가 광파이버 증폭기는

30~50dB의 이득, 10~20dBm 출력, 3~5dB 잡음지수를 얻을 수 있어서 10Gbit/s, 1,260km의 전송실험이 실행 가능하게 되었다.

광증폭은 고속중계전송에 그치지 않고 분배계의 출력증폭에 이용되는등 네트워크 구성의 자유도를 높이는 광다이브스로 기대되고 있다.

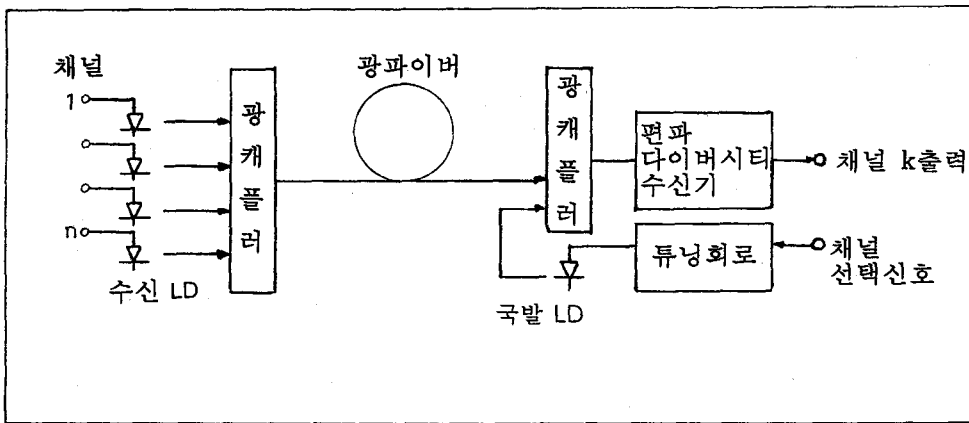


그림 10 코히어런트 광전송 방식

(2) 코히어런트 전송용 광소자

코히어런트 광전송 방식의 개념구성을 그림 10에 나타낸다. 1GHz 정도의 간격으로 파장이 다른 광원에서 빛을 합파하여 보내고 채널선택 신호에 따라 선택한 채널의 신호를 출력한다. 파장 $1.5\mu\text{m}$ 에서 주파수 간격 1GHz는 약 0.1A인 파장차에 해당되며 채널선택에는 국부발진용 반도체 레이저가 필요하다. 이때문에 협 스펙트럼, 파장가변 반도체 레이저가 전개되어 최소 스펙터클 선포

56kHz, 파장가변폭 1.9mm을 얻을 수 있다. 또한, 광캐플러나 편파 다이버시티 수신기에 편파 빔스프리터(PBS)등의 광수동부품이 이용된다.

(3) 광스위치

중계계에서 광신호의 루트를 변경하거나, 교환기의 광화를 목표로 하여 광스위치 개발이 진행되고 있는데 구조상으로는 도파로형과 공간결합형, 방식상은 공간분할, 시분할, 파장분할 등으로 나뉘어진다.

그림 11에는 반도체상의 도파로를 이용한 광스위치의 예를 나타내고 있다.

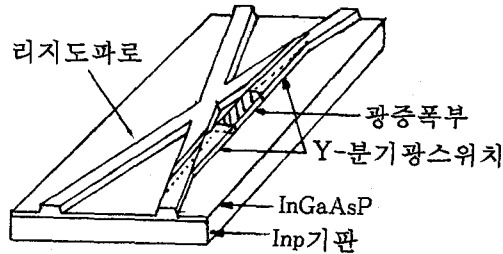


그림 11 광조정장치

캐리어 주입에 의한 굴진률 변화에 따라 광로를 전환하며 이 예에서는 스위치의 손실을 보상하기 위하여 Y분기에 광증폭부가 설치되어 있다. 4x4캐리어 주입형 광스위치를 이용하여 1채널당 2.4Gbit/s(1.2Gbit/s×2파) 토탈스루트 9.6Gbit/s 용량을 갖춘 ATM광교환기가 시험 제작된다고 보고되고 있다.

6. 결론

광통신은 선을 연결하는 일차원 접속에서 면의 넓이를 갖춘 네트워크로 전개되며 광디바이스도 이에 대응하여 고성능화

에서 새로운 기능으로 질이 전환되고 있다. 정보처리가 전기에 의해 이루어지고 광전기전환을 필요로 한다는 점에서도 광증폭이나 광스위치와 같이 빛 그대로의 정보를 처리하게 된다. 광자(photon)가 전자(electron)과 융합협조하여 새로운 시대의 통신, 정보처리가 가능할 것이라고 기대된다.

이상, 통신분야를 중심으로 광디바이스의 동향을 대략 살펴보았는데 문제삼았던 화제와 연구에 대한 예가 한정되어 있다는 점을 사과드리는 바이다.