

光通信用 光素子の 概要

馬東星

반도체 레이저를 비롯한 광소자들은 광섬유통신의 실현을 위하여 개발되었고, 또한 이들 통신시스템의 실용화에 힘입어 발전되어 왔으며, 현재도 광섬유통신의 고성능화를 위하여 계속적인 연구와 개발이 이루어지고 있다. 오늘날에는 광섬유통신의 개발과정에서 얻어진 고도의 기술은 광디스크, 레이저프린터 등 일반 광전자산업 제품들을 개발하는데 크게 기여하고 있다.

본 특집의 광소자부문은 각 소자들의 기능이 서로 다르기 때문에 반도체 레이저(발광소자), 수광소자, 광기능소자로 나누어 소개하는 한편, 현재 광소자연구실에서 연구하는 내용 및 지금까지 얻은 결과에 대하여서도 이들 분야별로 나누어 소개하고자 한다.

광섬유통신이 적극적으로 개발되게 된 동기는 1970년에 미국의 Corning Glass 에서 20 dB/Km이하라는 저손실 광섬유제조에 성공한

것과, 동년 미국의 Bell 연구소에서 상온에서 연속동작을 하는 이종접합(heterojunction structure) 반도체 레이저의 제작에 성공한데 있다. 당시 반도체 레이저는 III-V 화합물 반도체 재료중 가장 일찍부터 연구되어 왔던 GaAs, $Al_xGa_{1-x}As$ 를 사용하였기 때문에 발진파장이 $0.8\sim 0.9\mu m$ 였다. 한편 Si 반도체는 이 파장대역의 빛을 감지할 수 있으며, 또 Si 을 다루는 기술은 이미 트랜지스터, 다이오드, 태양전지 등의 개발과정에서 고도화 되어 있었기 때문에 통신용 고속 수광소자를 개발하는 것은 별 어려움이 없었다.

그리고, LiNbO₃ 등 강유전체를 사용하는 스위치, 광도파로 등 광기능소자에 대해서도 1970년대 초반부터 연구가 착실히 진행되고 있었다. 반도체 레이저는 동작전류에 신호 전류를 실음으로써 광을 변조시키는 직접 변조 방식으로도 수 GHz 이상 고속으로 변조시킬

수 있기 때문에 이러한 광섬유통신의 실용화에는 위에서 언급한 광기능소자를 꼭 사용해야 할만한 필요성은 없었다. 그러나 LiNbO₃ 결정을 이용하면 수십 GHz 이상으로 변조시킬 수 있는 이점을 가지고 있기 때문에 일부 연구진에 의하여 오늘날까지 꾸준히 연구되어 왔고, 개발초기에는 변조에 필요한 전압이 수백 V 였으나 현재는 수 V까지로 성능이 향상되었으며, 소자의 크기도 수십 cm에서 1 cm 미만으로 상당한 수준까지 개발되었다.

1970년에서 1980년까지 10년 동안은 GaAs/AlGaAs DH(Double Heterojunction Structure) 레이저의 신뢰성 향상과 고성능화에 연구가 집중되었으며, 1977년에 들어서는 레이저의 추정 수명이 10만시간 이상 확보할 수 있을 정도로 기술이 개발되었다. 그러므로 오늘날의 광섬유통신시스템의 구성(반도체 레이저-광섬유-수광다이오드)은 이때부터 실용화가 확실히 되었다고 볼 수 있다.

한편, 광섬유의 저손실화도 꾸준히 이루어졌다. 1974년 말에는 최저손실을 이룬 한계인 Rayleigh 산란손실(산란손실은 파장의 4승에 반비례한다.)까지 줄일 수 있는 가능성이 보이게 되었다. 따라서 최저손실 파장은 1.3 μ m~1.6 μ m 이고 손실은 0.2dB/km 미만이 될 것이라는 예측이 이루어져 현재 실험적으로 그 한계값에 도달했다.

GaAs 계통 반도체 레이저는 0.9 μ m보다 긴 파장의 빛을 낼 수가 없기 때문에 1.3 μ m ~ 1.6 μ m대역의 빛을 낼 수 있는 새로운 반도체 재료를 탐색하고, 이러한 레이저를 개발하는 연구가 1975년부터 싹트기 시작하였다. 미국의 MIT 링컨연구소, 일본의 동경공업대학(TIT)과 국제전신전화연구소(KDD)에서는 InGaAsP/InP를 재료로 한 반도체 레이저의 개발에 착수하였으며, 오늘날 1.3 μ m 광섬유통신용 광원인 InGaAsP/InP 레이저 개발의 초석을 마련하였다.

Si 수광소자(PD: Photodiode)는 1.0 μ m보다 긴 파장의 빛은 감지하지 못하기 때문에,

가시광 대역에서 1.6 μ m 파장대역까지 감지할 수 있는 Ge APD 개발에 대한 연구가 일본의 Fujitsu 연구소를 필두로하여 Hitachi 연구소 등에서 적극적으로 이루어졌으며, 오늘날 1.3 μ m 파장대역 광섬유통신시스템의 수광소자로서는 Ge APD가 사용되고 있다.

그러나, Ge APD는 잡음이 크고, 1.6 μ m 파장대역 이상에서는 감도가 급격히 떨어지기 때문에 최근 들어서는 잡음도 비교적 작고, 수십 GHz 이상 초고속 동작이 가능하며, 1.7 μ m 이상 대역까지 감도를 가지고 있는 InGaAs PD의 개발에 대한 연구가 적극적으로 이루어지고 있다.

1980년대에는 적외선 파장대역에서 극저손실(이론한계 0.01~0.001dB/Km미만)을 보이는 불화중금속 광섬유의 개발이 시작되었고, 미국, 일본 등 여러 선진 연구소에서는 이러한 광섬유 개발에 박차를 가하고 있다. 이에 따라 이 파장대역에 사용할 수 있는 반도체 레이저, 수광소자 등에 대한 연구도 행하여지고 있다. 그러나, 이 분야에 대하여서는 해외에서도 개발초기 단계에 있고, 우리 연구소에서도 아직 개념형성단계 정도에 머물러 있기 때문에 이 분야에 대한 소개는 다음 기회로 미루기로 한다.

우리나라는 1977년 말부터 KAIST 연구부에서 실리카 광섬유개발이 착수되었고, 동년에 ETRI에서는 광섬유통신시스템을 개발하기 시작하였다. 오늘날 광섬유는 금성, 대한전선, 삼성, 대우 등 여러회사에서 대량생산을 할 수 있는 단계까지 발전되었으며, 45Mb/s와 90Mb/s 광섬유통신시스템은 이미 상용화 수준으로까지 발전되었다. 한편, 작년 말 ETRI 광통신시스템연구실에서는 360Mb/s 시스템의 연구개발을 끝내고, 금년에는 560Mb/s 시스템 개발에 관한 연구가 행해지고 있다. 이와같이 광섬유제조 및 광섬유통신시스템 개발에 관한 연구는 비교적 일찍 시작되었으나 광원과 수광소자의 개발은 그간 기술의 미확보, 시장성의 불투명 등의 이유로 개발이 상당히 늦어져서, 1983년에 비로소 K-

AIST 학사부 및 ETRI 에서 개발이 시작되었다.

1984년에 ETRI는 KTA로부터 장파장 반도체 레이저의 개발에 관한 연구과제 ("광자공학기술개발" 과제)를 승인받아 지난 3년간 ('84~'86)인건비 포함한 총 연구비 15억원을 투입하였으며 1985년에는 광소자연구실에서 광소자 개발에 박차를 가하였다. 광통신개발부에서는 1984년에 1.3 μ m LD의 펄스발진을 성공시키고 1985년에는 SiO₂ stripe 형 1.3 μ m LD의 실온연속동작 및 1.5 μ m LD의 펄스발진에 성공하였다. 과제가 끝나는 금년과와서는 1.3 μ m LD는 Buried Heterojunction stripe (BH) 형으로 실온연속동작에 성공하여 실용화 시킬 수 있는 기술 수준까지 끌어올렸으며, 1.5 μ m LD 역시 실온연속동작이 거의 가능한 수준까지 기술축적이 이루어져 있는 상태이고, InGaAs PD의 시험모델 개발, 1.3 μ m LED 시험모델 제작, WDM 광기능 소자의 개발이 각각 성공하여 소기의 성과를 얻어내고 있다. 아직 선진국 수준에는 미치지 못하나, 이제부터는 선진국 연구진들과 어깨를 나란히 하여 광소자들을 개발하고 이들의 고성능화를 위한 연구경쟁에 참여할 수 있는 단계까지 온 것으로 보이며 이로써 국내기술 정착을 위한 가장 어려운 고비는 넘치게 된 것으로 보인다.

소자의 고성능화 및 새로운 기능을 가진 소자를 개발하기 위하여서는 장치개발 및 재료에 관한 연구가 필수 불가결 하다. 우리나라는 특히 이점에 관하여 축적된 연구업적이 미

약하기 때문에 둘째단계는 장치의 개발 및 재료탐색에 관한 연구가 활발하게 이루어져야 할 것이다. 이를 위하여 본 연구소에 반도체 연구동이 마련되고 있는 것은 대단히 고무적인 일이 아닐 수 없다.

이러한 터전이 마련된 이후 세째단계에 가서는 해외기술에 의존함이 없이 부가가치가 높은 첨단소자들을 개발해 나갈 수 있을 것이다. 이 때에 가서 비로소 국내 고유의 광전산업제품, 장치, 시스템들이 개발되어 산업계의 수익금을 학계, 연구계에 환원시키게 될 것이고, 산 . 학 . 연의 유기체적인 협조체계가 이루어지게 될 것이다.

한편, KAIST 의 학사부에서는 광전자산업 조합의 지원을 받아 AlGaAs/GaAs LD, 1.3 μ m InGaAs P/InP BH-LD 의 실온 연속동작을 성공시켰으며, 그간 다수의 고급인력을 양성해왔다. 그리고 서울대, 연세대, 전북대 등에서는 일찍부터 재료에 관한 연구를 행하여왔고, KAIST 연구부에서는 MOCVD로 AlGaAs를 성장시킬 수 있는 기술을 확보했으며, 동국대에서는 MBE 장치를 이용하여 AlGaAs를 초박막(초격자)성장에 성공하는 등, 광소자를 제작해 나갈 수 있는 국내 연구분위기도 상당히 고조되어 가고 있는 실정이다.

지금까지 주로 광소자에 관련된 국내외의 연구동향에 대하여서만 간단히 정리를 해보았다. 광소자의 제작기술에 관한 구체적인 내용 및 관련분야의 해외 연구동향, 전망 등에 대해서는 다음의 각 부문에서 소개하기로 한다.



馬 東 星 (Ma, Dong Sung)
1940년 4 월 10일

- 1964. 2. : 서울대학교 물리학과 학화학과 이학사
- 1975. 5. : 미국 The Catholic University of America 이학석사(물리화학 전공)

1977. 5. : 미국 The Catholic University of America 이학박사(물리학전공)

- 1977~1977. : 미국 Catholic 대학교 Vitreous State Laboratory, Research Associate
- 1980-1982. : 미국 Cornell 대학교 화공과, Research Associate
- 1982-1984. : 미국 Rensselaer Polytechnic Institute Materials Research Center, Research Associate
- 1984~1985. : 경북대학교 공과대학 전자공학과 초청교수
- 1985~1986. : 한국전자통신연구소
- 1986. 12. 현재 : 광소자연구실실장