

광학 Focus

-레이저 (2)-

③ 소형 레이저

레이저의 큰 결점 중의 하나가 고출력일수록 크기가 방대하여져 이동시키기가 매우 힘들다는 것이다. 그러나, 레이저 응용을 활성화시키기 위해서는 소형화시키는 것이 필수적이다. 큰 출력은 아직 불가능하나 가장작게 소형화된 레이저는 반도체 레이저로서 매우 시장성이 기대되는 분야이다.

반도체 레이저는 1960년 GaAs 레이저의 펄스 동작으로 그 가능성이 처음으로 알려진 이후 근래 10년 사이에 급격히 발전된 소자이다. 이러한 발전은 1970년대 후반에 들어서 반도체 기술의 전반적인 향상에 따라 반도체레이저 제작에 장애가 되었던 반도체 재료 정제 및 결정 성장 부문에서 기술의 진전이 있었고, 통신용 광섬유의 실용화에 의해 적합한 통신용 광원이 필요하게 됨에 따라 이루어질 수 있었다. 또 실온에서 작동하는 반도체 레이저가 개발됨에 따라 이에 관한 연구는 더욱 가속화 되었다. 현재는 그 응용 분야에 따라 여러가지 형태로 개발되어 있고, 또한 다른 종류의 기체 레이저, 고체레이저에서는 기대할 수 없는 몇 가지 근본적인 장점으로 인하여 그 효용성이 넓기 때문에 계속해서 응용 분야를 넓힐 수 있는 연구가 진행되고 있다. 대표적인 응용 분야로는 종합 정보 통신망 구성에 필수적인 광통신의 광원, 광통신 측정기, 레이저 인쇄기, 대용량 컴퓨터

메모리, 레이저 디스크, 거리측정기, 군사용기기 등을 들수 있다.

반도체 레이저는 전기적으로는 다이오드로 되어 있는데, 양극에 전류를 흘려 줄 때 P/N 접합에서 전자와 정공이 결합하여 빛이 발생하는 원리를 이용한다. 따라서 고체나 기체 레이저와 뚜렷이 구별되는 특징이 있는데,

“

반도체 레이저의 종류는 발진 파장에 따라서 단파장 반도체 레이저, 장파장 반도체 레이저, 원적외선 반도체 레이저 등으로 분류될 수 있고, 동작상태에 따라서 펄스 레이저, 연속 발진 레이저로 분류될 수 있다. 또한 사용되는 재료에 따라 GaAlAs/GaAs 레이저 GaInAsP/InP 레이저 등 여러가지가 있다.

”

첫째, 소재가 반도체이기 때문에 그 크기가 1mm 이하의 소형이라는 점이다. 이것은 현재의 레이저의 응용 분야를 대폭 넓힐 수 있는 중요한 특징이다.

둘째, 레이저의 동작이 전류 주입에 의해 이루어지기 때문에 전류의 변화에 따라 빛의 세기 및 주파수를 직접 변화시키는 직접 변조가 가능하다

는 점이다.

세제, 레이저 효율이 다른 종류의 레이저가 수 %인데 반하여 반도체 레이저는 이론적으로는 100%까지 가능하며 실제로 70%정도는 보통 얻어지고 있다.

네제, 동작 전류가 낮다는 것이다. 동작 전류의 크기는 종류에 따라 변화가 있지만 통신용으로는 20mA이고, 저전류형으로는 1mA, 고출력으로는 수백mA이어서 1A이하의 동작 전류를 갖는다. 펄스형의 경우는 1A가 넘는 경우도 있다. 한편 레이저 빛의 특성을 보면 반도체 레이저는 반도체의 에너지 갭을 이용하기 때문에 발진 파장의 선택성이 좋지 않아서 단일 모드 발진이 어렵고, 공진기 길이가 짧고 공진기 반사율이 낮아 발진 선폰이 넓으며, 온도 및 전류변화가 직접적으로 출력과 주파수에 영향을 주기 때문에 주파수 안정도가 나쁘다. 따라서, 간섭성이 좋지 않아 가간섭 길이가 1mm이며 한 모드의 선폰이 200MHz정도이다. 또한 발진 빛의 발산각이 15° 이상이며, 최대출력은 연속 동작으로는 1W정도이며, 펄스 동작으로는 수 W에 달한다. 이러한 기존의 레이저와 비교되는 특징 이외에도 반도체 레이저는 현대 기술 사회의 근간이 되어 왔던 전자 기술의 한계 영역인 고속 신호처리, 병렬 신호처리 등의 분야에서 광의 효용성을 넓혀주는 대표적인 역할을 하고 있어 전자 소자의 트랜지스터 혁명에 비교될만 하다.

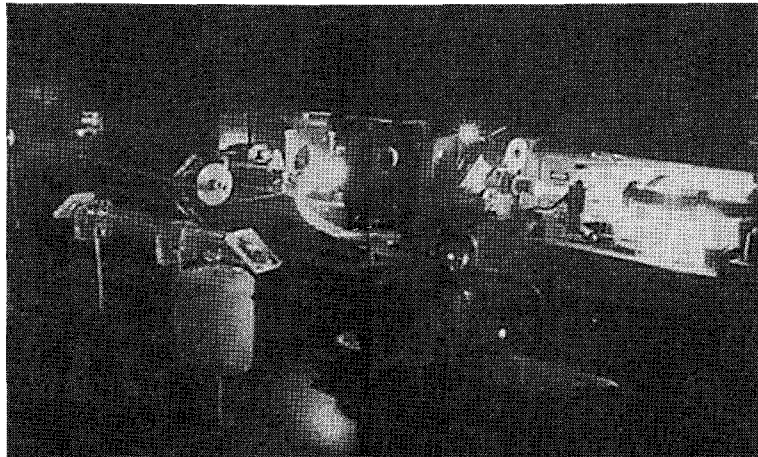
반도체 레이저의 종류는 발진 파장에 따라서 단파장 반도체 레이저, 장파장 반도체 레이저, 원적외선 반도체 레이저 등으로 분류될 수 있고, 동작 상태에 따라서 펄스 레이저, 연속 발진 레이저로 분류될 수 있다. 연속 발진 레이저는 갖고 있는 특성에 따라 저전류 동작형, 단일 모드 동작형, 고출력형, 고속 동작형 등으로 분류될 수 있다. 또한 사용되는 재료에 따라 분류하면 GaAlAs/GaAs 레이저, GaInAsP/Inp 레이저 등 여러가지가 있다. 단파장 반도체 레이저에는 GaAlAs/GaAs 레이저가 있고 발진 파장은 그 조성에 따라 0.63 μ m-0.88 μ m까지 변화될 수 있는데 레이저 디스크,

“

반도체 레이저는 전기적으로는 다이오드로 되어 있는데, 양극에 전류를 흘려 줄 때 P/N 접합에서 전자와 정공이 결합하여 빛이 발생하는 원리를 이용한다. 대표적인 응용분야로는 종합정보 통신망 구성에 필수적인 광통신의 광원, 광통신 측정기, 레이저 인쇄기, 대용량 컴퓨터 메모리, 레이저 디스크, 거리측정기, 군사용 기기 등을 들 수 있다.

”

단거리 광통신에 주로 사용되고 있다. 장파장 반도체 레이저는 실리카 광섬유의 전송 파장 대역인 1 μ m-1.7 μ m파장 대역의 광원을 말하며 GaInAsP/InP 레이저가 있는데, 광섬유의 전송 특성상 색 분산이 없는 1.3 μ m, 광섬유의 최소 손실 영역인 1.55 μ m파장에서 레이저가 주로 제작되고 있다. 원적외선 반도체 레이저는 10 μ m이상의 발진파장을 갖는 레이저이다. 10 μ m이하의 발진 파장을 갖는 반도체 레이저 즉 가시광, 단파장, 장파장 반도체 레이저는 Al, Ga, In 등의 III족 원소와 P, As, Sb 등의 V족 원소로 이루어진 III-V화합물 반도체로 제작된다. 원적외선 반도체 레이저는 Zn, Cd, Hg의 II족 원소와 S, Se, Te의 VI족 원소로 이루어진 II-VI화합물 반도체로 제작된다. 원적외선 반도체 레이저는 수십 K의 낮은 온도에서 동작되고 있는데 분광학을 이용한 화학 분석, 군사용 광원의 응용분야가 있다. 펄스 레이저는 현재 수W의 출력을 얻고 있고, LIDAR, 광통신 측정기기, 군사용으로 이용되고 있다. 일반적인 반도체레이저가 이득도파형, 굴절률 도파형으로 구조가 발전됨에 따라 동작 전류가 감소되어 왔는데, 일반적인 레이저 구조로 정착된 굴절률 도파형으로는 상온에서 20mA의 동작전류가 실현되었다. 전류를 위한 굴절률 도파형 구조로는 buried heterostructure, V-grooved substrate, double channeled planar buried heterostructure,



ridgewaveguide structure 등 많은 종류가 개발되었다. 그러나, 광전 IC의 실현, 트랜지스터의 출력과의 용이한 동작 전류 정합, 고출력동작 등을 위해 동작전류를 1 mA이하로 줄이는 것이 중요하다. 이를 위해 전술한 여러 구조의 여러가지 변형에 대한 연구가 진행되고 있고, 한편 양자우물 구조의 결정을 성장하여 활성 매질의 이득 계수를 증가시켜 동작 전류를 1 mA로 감소시키는 연구가 진행되어 일부 상용화되어 있다. 단일 모드 레이저는 동작 상태의 변화로서 발진 파장 선택성을 향상시킨 레이저이다. 구체적인 구조는 광도파로에 grating을 첨가한 distributed feedback laser, distributed Bragg reflector laser, 발진 파장에 대한 두개의 공진기의 동시 선택성을 이용한 C 레이저, 외부 파장 선택기를 이용한 레이저 등이 있는데, 현재 통신용으로 가장 유망한 구조는 DFB-LD로 알려져 있다. 고출력 반도체 레이저는 열분산 구조를 개선하여 단일 측모드 형태로 200mA의 출력을 얻을 수 있는 레이저가 상용화되어 있다. 그외 활성 영역을 Array 형태로 모아 놓은 Array 레이저가 있는데 이러한 구조로는 수 W의 출력을 얻고 있다. 고속 동작형은 최근에 마이크로 웨이브 통신의 상호 연결을 위한 직접 신호변환과 1 ns 이하의 고속 신호처리 등을 위해 개발되고 있는데, 현재 약 40GHz까지 직접 변조가 가능하고, 10GHz까지 변조가 가능한 반도체 레이

저가 상용화되어 있다.

반도체 레이저의 제작에는 일반적인 반도체 공정 기술이 필요하며, 그 이외에 화합물 반도체 결정 성장기술이 확보되어야 한다. 결정 성장은 성장재료의 상태에 따라 액상성장기법(liquid phase epitaxy), 기상성장기법(vapour phase epitaxy), MO-CVD(metalorganic chemical vapour deposition), 분자선 성장기법(molecular beam epitaxy)등이 있다. GaAlAs/GaAs, GaInAsP/InP재료는 액상성장기법으로 결정 성장 상태가 안정되어 있는 상태이고, 그 외의 성장 방법으로는 현재 계속적인 결정 특성 개선이 활발하게 이루어지고 있다. 특히 MO-CVD, 분자선 성장 기법은 반도체 레이저의 특성 향상, 양산성 제고 및 광전 IC 실현 등을 위해 커다란 잠재력을 갖고 있는 기술이기 때문에 세계적으로 많은 연구가 진행되고 있다.

반도체 레이저의 주 응용 분야는 현재 통신용, 광학 메모리 등에 한정되어 있다. 그 이외에도 Nd:YAG레이저, 색소 레이저 등의 여기 광원, 거리 측정기 등으로 그 응용이 확대되고 있다. 반도체 레이저는 고효율, 소형 경량, 저소모 전력, 양산성 및 가격 저렴으로 인해서 기존의 레이저 응용 분야에서 일반 레이저를 대체할 수 있을 것이며, 또한 새로운 레이저의 응용 분야를 개척할 수 있을 것으로 전망된다.