

표면방출레이저 소자 기술 및 동향

Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser Device Technology and Trend

IT 핵심부품기술 특집

송현우 (H.W. Song)

차세대광소자팀 선임연구원

한원석 (W.S. Han)

차세대광소자팀 선임연구원

목 차

.....

- I . 소개
- II . 표면방출레이저 기술 설명 및 현황
- III . 표면방출레이저의 응용 분야
- IV . 표면방출레이저 시장 동향
- V . 맺는말

반도체 산업의 눈부신 발전은 진공관을 대신할 다이오드와 트랜지스터를 발명함으로써 저전력, 소형화에 성공하였기 때문이며, 또한, IC의 발명으로 이를 집적화하여 대량 생산이 가능하고, 제품 제작을 용이하게 함으로써 제품 제작가격을 낮출 수 있게 되었기 때문이다. 이와 마찬가지로 가스 레이저를 대신할 반도체 레이저의 발명은 광통신의 핵심 부품인 광원의 저전력, 소형화를 실현시킴으로써 광통신 시대를 열게 하였다. 반도체 레이저의 발명으로 저전력, 소형화에는 성공하였으나, 비싼 광통신 부품은 본격적인 광통신 시대 실현에 걸림돌이 되고 있다. 반도체 산업의 주역인 IC 칩과 같은 저전력이며, 집적화가 가능하고, 대량 생산이 용이하여 가격이 저렴한 광 부품이 필요하다. 이런 이유로 광 부품 중 핵심 기술인 광원에 있어서는 표면방출레이저(VCSEL)가 주목 받고 있다. 본 고에서는 각 파장 대역별로 표면방출레이저 소자의 기술 및 현황을 설명하고, 이들의 다양한 응용 분야 그리고 현재의 표면방출레이저 소자 시장 동향을 살펴 본다.

I. 소개

반도체 산업의 눈부신 발전은 진공관을 대신할 다이오드와 트랜지스터를 발명함으로써 저전력, 소형화에 성공하였기 때문이며, 또한, IC의 발명으로 이를 집적화하여 대량 생산이 가능하고, 제품 제작을 용이하게 함으로써 제품 가격을 낮출 수 있게 되었기 때문이다. 이와 마찬가지로 가스 레이저를 대신할 반도체 레이저의 발명은 광통신의 핵심 부품인 광원의 저전력, 소형화를 실현시킴으로써 광통신 시대를 열게 하였다. 반도체 레이저의 발명으로 저전력, 소형화에는 성공하였으나, 비싼 광통신 부품은 본격적인 광통신 시대 실현에 걸림돌이 되고 있다. 반도체 주역인 IC 칩과 같은 저전력이며, 집적화가 가능하고, 대량 생산이 용이하여 가격이 저렴한 광 부품이 필요하다. 이런 이유로 광 부품 중 핵심 기술인 광원에 있어서는 표면방출레이저(VCSEL)가 주목 받고 있다. 표면방출레이저는 발광 다이오드(LED)와 같이 반도체 기판의 표면에 수직인 방향으로 빛을 방출함으로써 많은 장점을 가지고 있어 통신 산업에서 차세대 광원이라 할 수 있다. 또한, 표면방출레이저는 1차원 및 2차원 행렬 소자 제작이 가능한 장점으로 인하여 통신뿐만 아니라 다양한 분야에서 관심을 가지고 있다.

표면방출레이저는 측면방출레이저와 발광 다이

오드의 핵심적인 장점을 결합한 효과를 가지며 단점들은 보완한 형태이다. 발광 다이오드와 같이 표면 방출형이면서 주위 환경으로부터 견고하며 집적 회로의 공정과 비슷한 비용으로 생산과 시험이 가능하다. 그리고 측면방출레이저처럼 낮은 잡음으로 고속에서 변조되고 많은 양의 빛을 발함으로써 광 검출기의 요구조건을 크게 완화한다. 표면방출레이저는 광범위한 응용 범위에서 모드 특성과 스펙트럼 특성의 조절이 가능하다. 측면방출레이저의 광 출력은 비대칭적인 반면에 표면방출레이저의 광 출력은 원형 대칭적인 출력 모드를 제공한다. 이것은 표면방출레이저가 효율적으로 광섬유에 연결하여 발광 다이오드와 같은 모드 잡음 없이 저 잡음, 안정적인 고속 변조가 가능하다는 것을 말해준다.

표면방출레이저는 측면방출레이저나 발광 다이오드에 비해 가지는 장점의 상당 부분을 매우 높은 효율에서 찾을 수 있다. 주어진 전기 전력에 대해서 광섬유에 결합하는 빛의 효율은 측면방출레이저 경우보다 적어도 1자리수 이상 크고, 발광 다이오드의 경우보다는 2자리수 이상 크다. 더불어 표면방출레이저는 이것을 결합 광학계 없이 구현할 수 있다. 표면방출레이저에서 더 적은 구동 전류와 내부 온도 보상은 구동 회로의 가격을 크게 낮춘다. 표면방출레이저는 수 mA에서 구동 가능하기 때문에 복합 CMOS IC를 통해 직접 구동이 가능할 수 있다. 낮은

〈표 1〉 발광 다이오드, 측면방출레이저 및 표면방출레이저의 특성 비교

특성	LED	EE LD	VCSEL	장점
I_{th} (mA) 문턱전류	NA	~ 10	~ 1	Low electrical power
I_{op} (mA) 구동전류	~ 100	~ 40	~ 10	Low electrical power
Bandwidth(GHz) 동작 속도	> 0.1	1~10	1~10	High speed
R_N (dB/Hz)		~ 120	~ 120	High data rate with low optical power
η_d (W/A) 광전효율	0.001	0.2 ~ 0.9	0.2 ~ 0.7	High eff.
θ_{div} (FWHM) 발산각	180°	40/10°	10°~ 15°	High coupling eff. Free space appl.
Linewidth(nm)	50	3	< 0.3	Long distance appl.
Beam Shape	NA	Oval	Circular	High coupling eff.
Array	2D	1D	2D	Flexibility parallel interconnect.
$d\lambda/dT$ (nm/degree)	~ 0.3	~ 0.3	~ 0.06	Temp. stability
On-wafer Test	Y	N	Y	High yield, Low cost

전류 밀도와 노출된 측면이 없는 평면형 구조는 더 긴 수명으로 이어진다. <표 1>은 표면방출레이저, 측면방출레이저와 발광 다이오드의 특성을 비교하여 정리한 것이다[1].

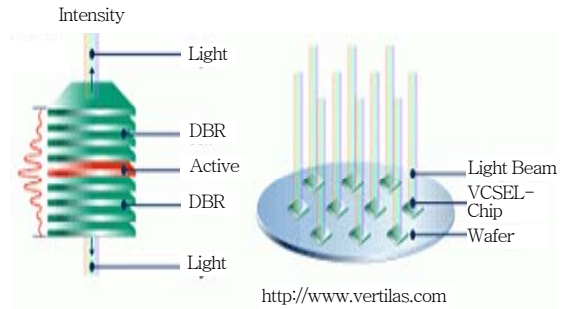
표면방출레이저 중에서 가장 먼저 개발되어 상용화된 것은 850nm 파장 영역의 소자이다. 850nm 표면방출레이저는 그의 장점으로 인하여 측면방출레이저의 시장을 빠르게 잠식하며 건물내 데이터 전송용으로 성공적으로 사용되고 있으며, 850nm 표면방출레이저 기반의 통신이 표준으로 정의되어 있다. 실제 시장에서 표면방출레이저의 장점이 구현된 예라 하겠다. 국내 기업에서도 850nm 대역의 표면방출레이저의 기판 및 소자를 제작하기도 하고, 이러한 소자를 이용한 다양한 모듈을 만들어 상품화하고 있다.

최근에는 단일 모드 광섬유에 연결한 근·장거리 통신용으로 1310nm 및 1550nm 파장의 표면방출레이저가 이용한 주목을 받고 있다. 장파장 표면방출레이저는 세계적으로 큰 업체 간에 치열히 경쟁하면서 상용화 문턱에 와있는 광원이다.

그 외에도 가시광선 영역의 표면방출레이저가 개발되고 있는데, 붉은색과 푸른색 표면방출레이저가 그것이다. 이러한 소자들은 아직 초기 연구단계에 있거나 초기 응용단계에 있다고 할 수 있다.

II. 표면방출레이저 기술 설명 및 현황

표면방출레이저는 활성영역(혹은, 이득영역)의 양면에 굴절률 차가 큰 두 박막을 $\lambda/4$ 두께로 교대 반복 증착한 브래그 반사경이 있도록 구성된다. 전류가 주입되면 활성영역에서 방출되는 빛이 양면의 브래그 반사경(DBR)에서 각각 반사를 반복하면서 이득을 얻고 기판 표면에 수직인 방향으로 단일 파장에서 레이저 동작을 하는 것이다. 이러한 구성으로 인해서 측면방출레이저에 비해 우수한 여러 특성들이 있다(그림 1) 참조)[2]. 출력광의 모양이 원형 대칭성을 가지기 때문에 광섬유와의 연결이 용이하



(그림 1) 표면방출레이저의 개념도

여 광 연결 효율이 80%에 이른다. 반면 측면방출레이저의 경우 광섬유와 연결하여 신호를 보내고자 할 때 전형적으로 10% 정도의 광 연결 효율을 보이며 더 나은 광 연결을 위해서 추가적인 광학 부품을 사용하거나 추가적인 기능을 집적하여야 하는 것이다.

표면방출레이저는 측면방출레이저에 비해서 현저히 테스트에 용이성을 갖고 있다. 소자를 분리해 내지 않은 기판 상태에서 탐침을 이용하여 소자의 기본적인 특성을 모두 측정할 수 있어서 조기에 좋은 소자를 골라내고 더 이상 동작하지 않는 소자에 노력을 기울일 필요가 없다. 이로 인해 수율(yields)은 현저히 높다. 반면, 측면방출레이저에서는 소자의 성능을 알기 위해서 기판에서 개별 소자를 분리해 내야만 하기 때문에 비용이 들고 수율이 낮아진다.

표면방출레이저는 저전력 소자이다. 기본적으로 이득 영역의 체적이 작기 때문에 레이저 동작의 문턱 전류(~1mA)가 낮고 동작 전류(<10mA)도 낮아서 전형적인 동작 전력은 약 20mW 이내이다. 이러한 점은 고밀도 집적에 유리한 장점이 될 수 있다.

또 다른 가능성으로는 2차원 행렬 광원으로 응용이 용이하다는 점이다. 기판 평면에서 수직하게 방출되는 광원이므로 그 자체로 2차원 광원으로 작용할 수 있다. 고속 병렬 광 연결, 형렬형 센서 등 2차원 행렬의 특성을 이용한 다양한 응용이 가능하다.

1. 850nm 표면방출레이저 기술

850nm 표면방출레이저는 화합물 반도체 결정 성장법을 이용하여 GaAs 반도체 기판 위에 전체 표

면방출레이저의 구조를 성장하고, 주로 양성자 주입 (proton implantation) 방법으로 활성 영역에만 전류를 흘려주도록 하는 제작 공정으로 만들어진다.

다양한 응용으로 세계의 여러 업체들에서 850nm 표면방출레이저를 공급하고 있고 상용화된 상태이다. 통신용으로는 2.5Gbps급 소자가 상용 제품으로 유통이 되고 있고, 10Gbps급의 고속 소자도 일부 업체에서 개발한 상태로 시장 적용 단계에 있다. 여러 가지 모듈로 개발이 되어 있고 위치 센서 등의 응용도 시장을 형성하고 있다.

광인터넷 포럼(the optical internet working forum: OIF)에서는 OIF-VSR-01.0 OC-192를 통해서 850nm 표면방출레이저 기반 표준을 정의하고 있고, 이것은 SONET 프로토콜을 이용한 기지국(CO) 내의 네트워크 장비간의 데이터 통신에 대한 것이다. 850nm 표면방출레이저의 시장은 건물내측, 기지국(CO) 내의 용도에 있고, SONET 통신에 있어서 표면방출레이저를 이용한 표준이 검증되었다[3].

2. 장파장 표면방출레이저 기술

장파장 표면방출레이저에서 출력되는 빛의 파장은 단일 모드 광섬유와 연결하여 근·장거리 통신에 사용되는 1,310nm와 1,550nm 근처에 있다. 장파장 표면방출레이저는 특별한 소자 구조가 기술적인 우위에 있지 않고 여러 가지 구조가 시장 개척을 위해 치열히 경쟁하면서 상용화의 문턱에 와있다.

표면방출레이저의 현재 건물 내의 데이터 통신 용도로 사용되는 것이 대부분이지만 1,310nm 표면방출레이저가 상용화되면 단일 모드 광섬유와 연결되어 메트로(metro) 용도로 20km 이내의 신호 전송에 사용될 수 있다. 이러한 전송 거리는 약 90% 정도의 스위칭 센터를 포함하는 영역으로써 가장 큰 시장을 형성하리라 예상하고 있다[4]. 850nm 표면방출레이저의 성공을 기반으로 장파장 표면방출레이저도 이러한 시장에서 측면방출레이저의 역할을 대체할 수 있을지 기대하고 있다.

장파장 표면방출레이저는 세계적으로 여러 가지 구조들이 서로 경쟁하고 있는데, GaAs 반도체 기판에 결정 성장된 소자, InP 반도체 기판 위에 결정 성장된 소자 그리고, 활성층은 InP 기판에서 반사경은 GaAs 기판에서 각각 결정 성장하고 서로 기판 대 기판 접합을 하여 얻은 소자 등으로 크게 나누어 볼 수 있다.

GaAs 기판 위에 결정 성장하여 얻은 장파장 표면방출레이저는 활성 매질은 InGaAsN/InGaN 반도체 양자 우물을 이용하고 반사경 및 공정 기술은 850nm 표면방출레이저에서 개발된 기술들을 이용하여 제작된다. 1,310nm 표면방출레이저의 경우, 광원 부품의 필요한 기준인 Telcordia GR-468을 모두 만족하고 있다고 업체는 이야기하고 있다. GaAs 기판이 InP 기판에 비하여 가격이 싸서 대량 생산 체제로 갈 경우 가격 경쟁력 우위가 예상된다. 한 가지 단점은 비교적 새로운 InGaAsN/InGaN 이득 매질이 성장법에 따라서 혹은, 1,550nm 정도의 긴 파장에서는 신뢰성 있는 양질의 성장이 기술적으로 어렵다는 점이다. Picolight(미국)와 Infineon(독일) 등에서 이러한 구조의 소자를 만들고 있다.

활성층은 InP 기판에서 반사경은 GaAs 기판에서 각각 결정 성장하고서 서로 기판 대 기판 용융 접합을 하여 얻은 구조의 장파장 표면방출레이저 소자는 최근까지 가장 좋은 성능을 보고하고 있고 활발히 응용성을 타진하고 있다. 마찬가지로 Telcordia spec.을 만족한다고 보고하고 있으며 1,270nm에서 1,620nm 파장 영역에서 우수한 성능을 보고하고 있다. 그리고, 상온과 70°C에서 각각 10Gbps 고속 직접 변조 및 다중 모드 광섬유를 이용한 320m 거리의 성공적인 전송을 보고했다. 이러한 구조의 단점으로는 하나의 표면방출레이저 구조를 위해서 기판을 3장 사용하기 때문에 가격 경쟁력에서 뒤쳐질 가능성이 있으며 기판 용융 접합 공정의 수율이 높지 않을 가능성이 있다. JDS Uniphase의 E20라는 회사에서 위와 같이 앞선 결과들을 보고하고 있다[5].

InP 기판에 InAlGaAs 활성층과 반사경을 성장하여 얻은 장파장 표면방출레이저 소자는 두꺼운 결정

성장의 어려움 때문에 오랜 동안 좋은 결과를 얻지 못하고 있었다. 하지만, 최근의 연구들에서 좋은 성능의 결과들이 얻어지고 있다[6]. 1,310nm와 1,550 nm 파장에서 동작하는 표면방출레이저에서 단일 횡모드 ~1mW 광출력을 보고하였고, 2.5Gbps 직접 변조에서 전송 실험을 수행하였다. 이러한 구조는 활성매질의 신뢰성 및 온도 안정성이 알려져 있지만, 반사경을 포함하는 전체 소자가 가속 수명을 포함하는 Telcordia 기준에 적합한지 검증을 위해서 실험이 진행중에 있다. 이러한 구조의 연구는 ETRI(국내), Finisar+ Honeywell VCSEL(미국), Vertilas(독일) 등에서 활발히 수행되고 있다.

이외에도 활성층에 양자점을 이용한 구조, 반사경을 InP/공기층을 이용한 구조 등이 세계적으로 활발히 연구되고 있다.

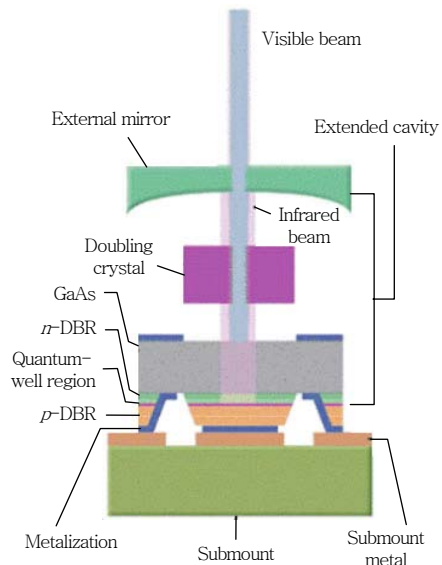
3. 가시광 표면방출레이저 기술

가시광 영역의 표면방출레이저는 다시 크게 두 가지로 나뉘는데, InGaP/InAlGaP 활성매질을 이용한 붉은색 파장의 표면방출레이저와 푸른색 파장(자외선 포함)의 표면방출레이저이다.

GaAs 기판 위에 결정 성장되는 활성매질인 In-GaP/InAlGaP 물질층을 이용한 붉은색 표면방출레이저 소자에 대해서 Lott(공군연구소, 미국)와 동료 연구원들이 많은 연구를 수행하였고, 좋은 성능을 보고한 바 있다[7]. 공정기술은 기존의 850nm 표면방출레이저 기술이 사용되지만, 기울어진 기판을 사용하여야 하며, 결정 성장 온도 결정 및 도핑 등의 핵심 기술을 포함하고 있다고 알려져 있다.

GaN/InGaN 활성매질을 포함하는 푸른색의 표면방출레이저는 사파이어 기판과 GaN 기판 등에서 시도되고 있고 아직 초보적인 연구가 진행되고 있는 상황에 있어서 이러한 기술을 이용한 푸른색(자외선 포함) 표면방출레이저의 전기 동작을 보고하고 있는 곳은 아직 없다.

그 외에 GaAs 기판에 활성층과 이차조화파 발생을 이용한 외부 공진기 구조에서 표면방출형 푸른색



(그림 2) Novalux 사에서 제공하는 푸른색 확장 공진형 표면방출레이저

레이저를 보고하고 있는 해외 업체(Novalux, 미국)가 있다(그림 2 참조)[8].

Ⅲ. 표면방출레이저의 응용 분야

1. 건물 내 데이터 전송

다중모드 광섬유를 이용한 광신호 데이터 전송으로 기지국 내(central office)의 네트워크 장비간 SONET protocols를 이용한 통신에 사용된다. 이 분야는 850nm 표면방출레이저의 가장 성공한 응용 분야이다. 광인터넷 포럼에서 통과된 OIF-VSR-01.0 OC-192는 이러한 통신에 대해서 850nm 표면방출레이저를 표준으로 정의하고 있다.

2. 비디오 신호의 유선 전송

국내의 표면방출레이저 개발 기업(Opticis, 옵티시스)에서 내놓은 응용으로, 대용량 비디오 신호의 전송에 있어서 850nm 표면방출레이저 행렬을 이용한 PC link 응용 분야이다. 구리선 전송의 경우 거리

가 멀어지면, 증폭기와 증계기 없이는 전송 거리의 한계가 있었다.

3. 위치 센서

850nm 표면방출레이저를 이용한 응용으로서 현재 Agilent에서 가장 신뢰성 있는 모듈을 공급하고 있다. 표면방출레이저 광원과 광 검출기를 이동하는 팔에 적용하여 정확한 이동을 가능하게 한다. 실제 단일 모드 표면방출레이저를 이용하여 안정성과 정밀도를 한층 높인 광 마우스를 상품으로 내놓고 있다.

4. 초고속 PC용 Backplane에 사용되는 행렬 광원

기존의 전기 PCB를 대체할 광 PCB에 고속의 표면방출레이저 행렬을 적용하여 약 ~1Tbps의 초고속 정보처리용 차세대 컴퓨터에 사용하기를 기대하고 있다(그림 3 참조)[9].

5. 행렬형 센서

표면방출레이저는 2차원 행렬의 응용이 가능하므로 이를 응용하여 각종 감지기에 적용하면 행렬 요소의 수만개의 속도 및 정밀도의 향상을 얻을 수 있다. 저장 매체의 정보 읽기(optical pick up) 및 복사기 등에 일부 응용이 되고 있다.

6. 20km 이내 거리 및 가입자용 통신용 광원

단일 모드 광섬유와 연결하여 가입자용 1,310nm 표면방출레이저 광원 소자의 응용으로서 20km 이내에는 90% 이상의 스위칭 센터를 포함하고 있어서 광통신이 본격화될 때 가장 수요가 많은 광원 시장 영역이 될 것이다. 2.5Gbps 및 10Gbps급 속도의 소자가 적용되리라 예상된다.

7. 장거리 200~300km 유선 통신용 광원

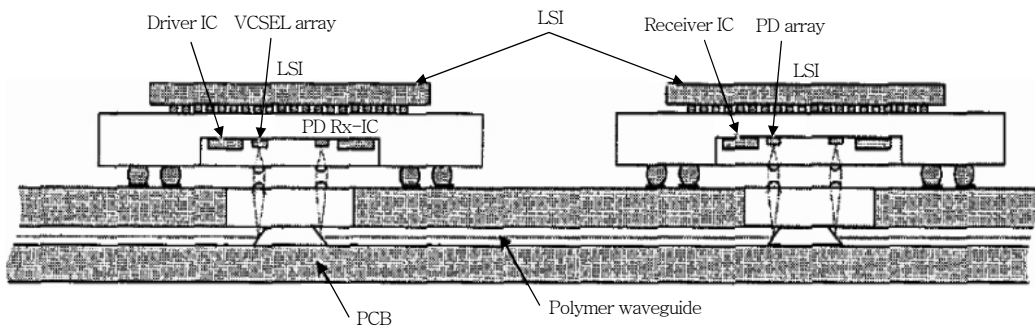
단일모드 광섬유와 연결하여 1,550nm 표면방출레이저 광원의 적절한 응용 분야로 생각하며, 단일 모드 표면방출레이저 소자 외에도 여러 기능성 소자와 집적을 통해서 기존의 측면방출레이저의 대체를 기대한다. 이러한 응용을 위해서는 추가적인 연구 개발이 필요하다.

8. 4Gbps급 Fiber Channel용 광원

새롭게 떠오르는 표준이라고 할 수 있을 정도로 fiber channel 기반의 트랜시버 응용이 있다. Fiber channel과 연계한 저장영역 네트워크(FC-SAN) 등으로 사용된다.

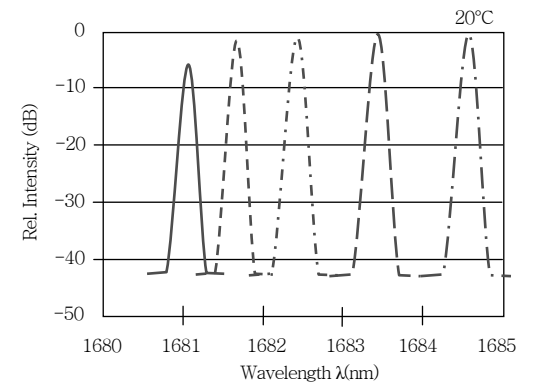
9. 가스 센서 응용

장파장 표면방출레이저의 출력 광 파장대역 근처

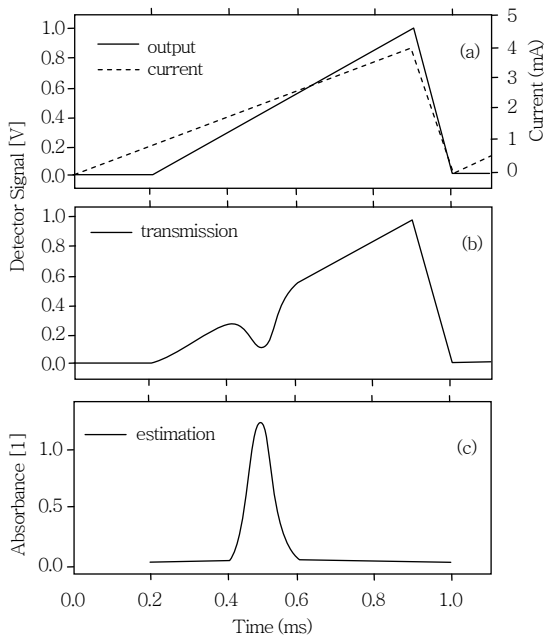


(그림 3) 광 인쇄회로기판(PCB)에 응용된 표면방출레이저 행렬

에서 흡수선이 있는 가스의 경우 표면방출레이저의 전류 주입에 따른 파장 이동 특성을 이용하여 잔류 가스의 양을 측정할 수 있는 센서로 응용이 가능하다(그림 4) 참조[3]. 수백 ppb 정도의 정밀도로 CH₄, CO 등의 대기의 유해 가스들을 검출할 수 있다. 현재 독일 기업인 Vertilas에서 이러한 용도의 상품을 내놓고 있다[3].



(a) 주입 전류에 대한 출력 파장의 변화

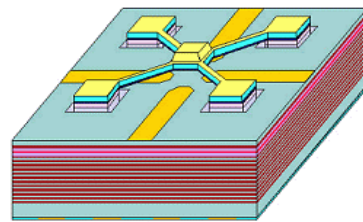


(b) 특정 가스의 흡수선 검출

(그림 4) 장파장 표면방출레이저를 이용한 가스센서의 원리

10. 파장가변형 표면방출레이저 광원

표면방출레이저에 MEMS 기술을 적용하여 상부 반사경의 위치 가변성을 주도록 하여 출력 파장을 제어하는 파장가변형 표면방출레이저가 나와 있다. Bandwidth 9(미국) 등의 업체가 이 일을 하고 있다(그림 5) 참조[10].



(그림 5) 파장가변형 표면방출레이저: 위쪽 반사경이 움직일 수 있도록 되어 있다.

11. 홈 네트워크용 광원

국내 표면방출레이저 개발 업체인 옵토웰에서 650nm 가시광의 공진형 발광 다이오드(resonant cavity, RC-LED)를 개발 출시하고 있다[11]. 홈 네트워크용 가시광원으로 활성층 양면에 반사경을 둔 소자로 표면방출레이저와 유사한 구조를 가지고 있다.

12. 고밀도 저장 매체와 연계한 응용

푸른색 표면방출레이저가 개발되면 저가의 고밀도 저장 매체의 광 검출(optical pick-up)이 가능하리라 생각한다. 빛의 파장이 짧을수록 저장 매체의 밀도는 높아질 수 있다. 저장 소자 관련 시장은 세계적으로 현재 통신 소자 시장의 거의 두 배에 이르고 있으며 저비용 및 저전력 저장 매체용 광소자 개발이 필요하다.

13. 고휘도 조명

가시광 특히 푸른색 표면방출레이저의 기술 수준이 성숙해지면 조명 시장에서도 저비용, 저전력, 긴

수명 등의 장점으로 상당한 수요를 대체하리라 예상된다. 표면방출레이저와 백색광 발광체를 결합한 고 휘도 조명을 응용 분야로 예상할 수 있다.

14. 생체 및 제약 응용

Novalux사에서 푸른색 출력 광을 갖는 확장 공진형 표면방출레이저를 개발하여 응용하는 분야인데, 특정 단백질이나 새로운 약제의 분류나 개발에 있어서 신속하고 비용이 적은 방법을 제공한다[8]. 가느다란 유체 내의 특정 입자를 여기시키기 위해서 표면방출레이저를 사용하게 된다.

그 외에도 표면방출레이저를 이용한 응용 분야들이 생겨나고 있으며 각 파장 대역별 표면방출레이저 소자 기술의 성숙과 함께 더 다양해지리라 생각한다.

IV. 표면방출레이저 시장 동향

표면방출레이저의 응용 분야로서 현재 가장 큰 시장을 이루고 있는 부분이 통신 분야이다. 그래서 표면방출레이저 시장 및 업계의 움직임도 많은 부분이 광통신 산업 활성화와 맞물려 있다고 볼 수 있다.

광통신 부품 업계는 2000년 시장 활황의 거품이 꺼지면서 큰 시련을 겪어 왔고 현재에 이르고 있지만, 최근의 세계적인 통신 시장은 안정세로 돌아선 듯이 보인다. 2000년 이래로 3년간 계속적으로 빠른 총소득 감소세를 겪어 온 것이 사실이다. 하지만, 2003년 3/4분기와 4/4분기 이후 총소득 상승세로 일단 광부품 업계는 광통신 산업이 다시 성장하리란 예상을 하고 있다. 2003년 한 해 동안의 광통신 부품은 약 20억 달러 정도의 시장을 형성하였고, 현재 까지 데이터 통신 관련 업체(datacom suppliers)가 그 시장을 이끌고 있다. 반도체 레이저 시장은 2003년에 전년총액 대비 18% 성장했고, 2004년에는 4% 성장으로 다소 낮아졌지만, 여전히 성장세를 이어가고 있다[12].

광통신 부품 업체 중에서 큰 시장 점유율을 갖는 업체로 Agilent(미국), JDSU(미국), Infineon(독일),

Finisar(미국) 등이 있는데, 모두가 표면방출레이저 소자의 기술을 가지고 있거나 활발히 투자하고 있는 회사들임을 알 수 있다[13]. Agilent(미국)은 850 nm 표면방출레이저의 기술을 가지고 있고, 기술 성능 면에서 우위를 가짐으로써 높은 시장 점유율을 고수하고 있다. 근·장거리 통신을 대비한 장파장 표면방출레이저의 연구 및 투자도 계속하고 있는 것으로 알려져 있다. JDSU(미국)는 신생 기업을 인수 합병하는 방식으로 시장 점유율을 지켜가고 있는데, 그 신생 기업들 중에는 앞선 성능의 장파장 표면방출레이저의 기술을 가진 E2O(미국)가 포함되어 있다. 또한, Finisar(미국)는 Honeywell의 표면방출레이저 사업 부분을 흡수했으며, 광 부품 시장 점유율 3위에 있는 기업이다. 이렇듯 광 부품 관련 최상위 업체들은 모두 표면방출레이저 소자에 대한 투자와 경쟁적 연구를 하고 있으며 기대를 아끼지 않고 있다. 또한, Infineon(독일)은 Finisar(미국) 및 Pico-light(미국) 등의 업체들과 기술 제휴하고 있고 장파장 표면방출레이저의 기술을 가지고 있는 업체이다.

데이터 통신 관련 업체가 시장 점유율을 늘려 가고 있는 경향을 보이고 있지만, 현재로는 수익률이 낮고 돈을 벌고 있는 상황은 아니다. 하지만, 전체적인 광통신 시장이 감소에서 안정적으로 돌아섰고, 다시 상승세로 이어가면서 광통신 부품에 있어서 시장 기회가 주어지리라 본다. 우선, 데이터 통신(datacom) 관련에서 근거리 네트워크 및 저장 영역 네트워크 통합(LAN/SAN convergence), 데이터 통신 및 원거리 통신 통합(datacom/telecom convergence), 트랜시버 등으로의 시장 기회가 확대될 것으로 예상하고 있다. 이러한 기대는 광섬유가 집집마다 들어가는 광통신(FTTH)에 이미 일본에서는 100만 가입자(2004년 2월 기준)를 넘어섰고, 우리나라에서도 방송/통신 통합 작업을 정책적으로 준비하고 있어, 대용량/고속신호 통신의 FTTH가 곧 도래할 상황이어서 현실에 가까운 것이다.

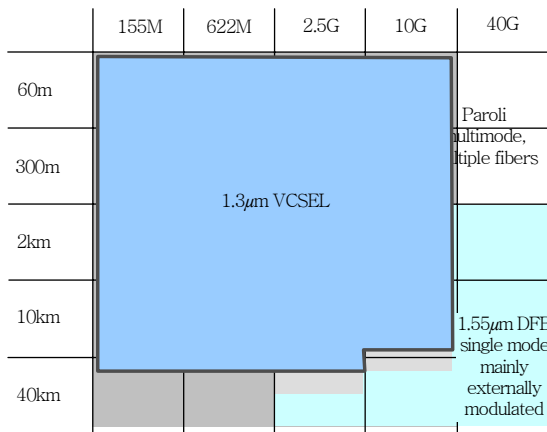
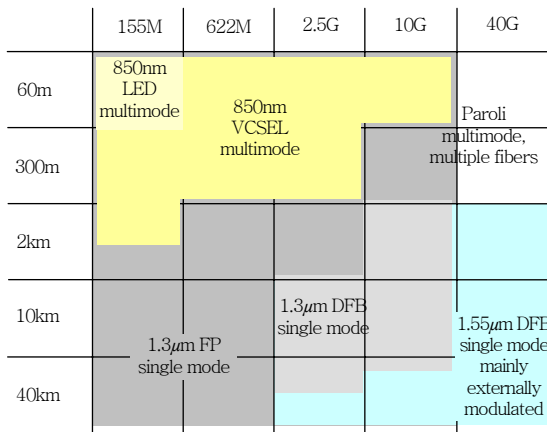
850nm 표면방출레이저의 건물내 데이터 통신 소자로서의 성공을 근거로 광통신 부품의 업체들은 장파장 표면방출레이저의 시장에서의 성공 가능성

에 기대하고 있다. 실제로 1,310nm 표면방출레이저의 상용화가 가능해지면, 850nm 표면방출레이저의 위치를 대체할 만큼의 성능이 되면, 데이터 통신과 원거리 통신, 근거리 네트워크와 저장영역 네트워크 등의 통합이 더욱 빠르게 진척을 볼 수 있을 것이라 생각된다. 장파장 표면방출레이저는 시장에서 경쟁력을 얻고 기존의 측면방출레이저들을 대체하고 상당한 시장을 점유하게 되리라 기대하고 있다 ((그림 6) 참조)[4].

그 외의 응용 분야인 위치 센서, 대기 센서, 초고속 PC용 광원 등의 경우 작은 시장 규모이거나 향후에 시장을 형성할 잠재력을 가진 응용 분야로 보여진다. 또한, 고밀도 저장 매체용, 조명용, 생체 응용

및 홈 네트워크와 같은 분야는 가시광 표면방출레이저의 기술 수준이 성숙한 후에는 현재의 여러 광원들과 경쟁하여 시장 침투가 이루어 질 수 있는 부분이라고 생각된다.

국내의 표면방출레이저 관련 업체들로는 옵토웨이(Optoway), 옵토웰(Optowell), 옵티시스(Opticis) 및 레이칸(RayCan) 등이 있다. 옵토웨이와 옵토웰은 표면방출레이저의 GaAs 기판 위에 결정 성장과 소자 제작까지를 모두 공급하는 회사들이며, 근거리 광통신용 1,310nm 표면방출레이저의 연구 개발도 진행하고 있는 상황에 있다. 현재 옵토웨이는 가시광 발광 다이오드 및 자외선 광검출기를 주력 상품으로 하고 있고, 옵토웰은 홈 네트워크용 650nm 가시광 RCLED 및 850nm 대역 표면방출레이저와 광검출기를 상품으로 출시하고 있다. 옵티시스는 850nm 표면방출레이저 행렬과 광검출기 소자를 이용한 개인용 컴퓨터 광신호 연결(PC link) 제품군인 디지털 그래픽 신호 연결(digital graphic interconnection), optical USB extension 및 표면방출레이저 트랜시버 등을 상품으로 가지고 있다. 그리고, 레이칸(RayCan)은 한국전자통신연구원 출신 연구원들이 설립한 기업으로 1.3 μ m과 1.55 μ m 파장의 표면방출레이저를 상용화하여 상품화하고자 힘을 기울이고 있다.



(그림 6) 1.3 μ m 표면방출레이저 시장(가로: 전송거리, 세로: 전송거리)

V. 맺는말

표면방출레이저는 광원으로서 자체의 장점들을 가지고 있다. 반도체 IC 칩과 동일한 공정을 이용하여 집적화가 가능하며, 대량 생산이 용이하고 가격이 저렴한 광원을 얻을 수 있는 것이다. 이는 850nm 표면방출레이저 소자를 통해서 부분적으로 시장에서 이미 검증이 되었다고 본다. 그리고, 출력 광의 파장 대역별로 매우 다양한 응용에 사용될 수 있는 가능성을 가지고 있다. 이러한 점에서 미성숙된 부분의 기술에 대해서는 계속적으로 연구가 진행되어야 하며, 확보된 기술에 대해서는 주변의 기업

들을 통해서 활발히 그 응용을 찾아 상용화할 수 있도록 지원되어야 할 것이다.

약어 정리

CMOS	Complementary Metal-Oxide Semiconductor
CO	Central Office
DBR	Distributed Bragg Reflector
FTTH	Fiber To The Home
IC	Integrated Circuit
LAN	Local Area Network
LED	Light Emitting Diode
MEMS	Micro Electro Mechanical Systems
PCB	Printed Circuit Board
SAN	Storage Area Network
VCSEL	Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser
VSR	Very Short Reach

참 고 문 헌

- [1] 송현우, 신재현, 주영구, 유병수, “장파장 표면방출레이저 기술 동향,” 주간기술동향 1044호, 2002, pp.18-30.
- [2] Optical Component Market Opportunities, Forecasts, and Market Strategies, 2004-2009, Winter-

- Green Research, Inc., 2004.
- [3] <http://www.vertilas.com>
- [4] Meghan Fuller, “1,310nm VCSEL Based Transceivers Emerge,” *LightWave*, June 2003.
- [5] “E2O Intros New VCSEL Tehcnology in IEEE LEOS Post Deadline Paper,” *LightWave*, Nov. 2003.
- [6] H.W. Song et al., “1.55 μ m Bottom-emitting InAl-GaAs VCSELs with Al₂O₃/a-Si Thin Film Pairs as Top Mirror,” *Electron. Letts.*, Vol.40, No.14, 2004, pp.868-869.
- [7] J.A. Lott et al., “Tunable Red Vertical Cavity Surface Emitting Lasers Using Electrostatic Actuation,” *Optoelectronic and Microelectronic Materials and Devices*, Dec. 2000, pp.13-16.
- [8] <http://www.novalux.com>
- [9] Y. Ishii et al., “Demonstration of on-PCB Optical Interconnection Using Surface Mount Package and Polymer Waveguide,” *Electronic Components and Technology Conf.*, May 2003, pp.1147-1152.
- [10] Jeff Hecht, “VCSELs Turn to High Speed Transmission,” *WDM Solutions*, Feb. 2003.
- [11] <http://www.optowell.com>
- [12] R.V. Steele, “Diode Laser Market Grows at a Slower Rate,” *Laser Focus World*, Feb. 2005.
- [13] D. Inniss(RHK), “Market Trends in Optical Communication Components,” *Worldwide Photonics Market Trend 2004-Optical Communication & LED*, June 2004.