

이 보고서는 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해 발간한 보고서입니다.

[혁신성장품목분석보고서](#)

[YouTube 요약 영상 보러가기](#)

VCSE레이저

통신용 광원에서 3차원 센서용 광원으로
응용 분야 확대

요약

배경기술분석

심층기술분석

산업동향분석

주요기업분석



작성기관

(주)NICE디앤비

작성자

민현동 전문위원

- 본 보고서는 「코스닥 시장 활성화를 통한 자본시장 혁신방안」의 일환으로 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해, 한국거래소와 한국예탁결제원의 후원을 받아 한국IR협의회가 기술신용 평가기관에 발주하여 작성한 것입니다.
- 본 보고서는 투자 의사결정을 위한 참고용으로만 제공되는 것이므로, 투자자 자신의 판단과 책임하에 종목선택이나 투자시기에 대한 최종 결정을 하시기 바랍니다. 따라서 본 보고서를 활용한 어떠한 의사결정에 대해서도 본회와 작성기관은 일체의 책임을 지지 않습니다.
- 본 보고서의 요약영상은 유튜브로도 시청 가능하며, 영상편집 일정에 따라 현재 시점에서 미게재 상태일 수 있습니다.
- 카카오톡에서 “한국IR협의회” 채널을 추가하시면 매주 보고서 발간 소식을 안내 받으실 수 있습니다.
- 본 보고서에 대한 자세한 문의는 작성기관(TEL.02-2122-1300)로 연락하여 주시기 바랍니다.



한국IR협의회



VCSEL레이저

통신용 광원에서 3차원 센서 광원으로의 응용 분야 확대가 시장 성장 견인

■ 새로운 컨셉의 반도체 레이저 VCSEL레이저

저전력이며 집적화가 가능하고 대량 생산이 용이하여 가격이 저렴한 광 부품에 대한 필요성이 높아지면서 VCSEL레이저(VCSEL)가 주목받기 시작하였다. VCSEL은 LED, EEL 등 타 반도체 광원에 비해 출력 측면에서 약점이 있으나, 광 집중도가 높고 1차원 및 2차원 어레이 형태로의 구성이 용이하며 저전력, 저비용, 고수율을 달성할 수 있는 장점이 있다. VCSEL은 LED나 EEL 등의 타 광원에 비해 원형에 가까운 레이저 빔을 방출하므로 광섬유와의 결합에 최적화되어 있어 데이터 광통신 분야에서 응용되기 시작하였다. 현재는 3차원 센서로 주로 활용되고 있으며, 광마우스의 광원, 고휙도 조명 등으로 활용되기도 한다.

■ VCSEL 제작을 위한 공정 기술과 원하는 파장을 얻기 위한 기술이 핵심

반도체 레이저의 일종인 VCSEL의 특성 상, 반도체 공정 기술에 기반한 VCSEL 공정 기술이 필요하며, 각각의 응용 분야에 적합한 파장 대역을 얻기 위한 기술 또한 중요하다. VCSEL은 기본적으로 p-n 접합 구조를 가진 레이저 다이오드로, 반도체 활성영역의 양면에 굴절률 차가 큰 두 박막을 교대로 반복 증착한 브래그 반사경 및 p형, n형 전극을 증착한 형태로 구성된다.

제작 방식과 구조에 따라 빛의 방출 방향이 상단 또는 하단으로 나뉘며, 그에 따라 방출광의 파장이 달라진다. 850nm 대역을 포함한 근적외선 VCSEL은 위치 검출 센서용, 근거리 통신용 광원으로 사용되고, 1,310nm와 1,550nm 대역의 장파장 VCSEL 레이저는 고속 장거리 광통신용으로 사용된다. 가시광 영역의 VCSEL은 기술 개발이 가장 늦은 분야이나, 적색, 청색, 녹색의 VCSEL 등이 개발되고 있으며, 조명용, 디스플레이용 등으로 활용이 가능할 전망이다.

■ 3차원 센싱 어플리케이션으로 스마트폰에 탑재되며 급속한 시장 성장

VCSEL은 1988년 최초로 상용화된 이래 광통신 데이터 링크의 핵심소자로 활용되어 왔으며, 2014년부터는 매우 좁은 대역폭의 레이저를 높은 안정도로 방사할 수 있어 빔의 검출이 쉬운 점에 착안하여 센싱 어플리케이션으로도 응용되기 시작하였다. 2017년 애플이 얼굴 인식 모듈용 VCSEL을 탑재한 아이폰 X를 출시하면서 센싱 어플리케이션으로서의 VCSEL 활용이 크게 증가하였다. 자동차 업계에서도 차량 내부의 운전자 및 승객 모니터링을 위한 3차원 센서 도입이 빠르게 진행되어, VCSEL 기반의 구조광 카메라와 ToF 카메라가 각광을 받고 있다.

MarketsandMarkets(2020)에 따르면, 세계 VCSEL 시장규모는 2019년 10.4억 달러(한화 약 1조 2,073억 원)에서 연평균 19.0% 성장하여 2025년에는 29.3억 달러(한화 약 3조 4,214억 원)에 달할 것이며, 국내 VCSEL 시장규모는 2019년 210억 원에서 연평균 27.7% 성장하여 2025년에는 909억 원 규모에 달할 전망이다.

I. 배경기술분석

통신용 광원에서 3차원 센서용 광원으로 진화한 VCSEL레이저

VCSEL레이저는 초고속 광통신을 위한 광원으로 주로 활용되었으나, 최근에는 스마트폰과 자율주행 차량에 적용되는 3차원 이미지 인식 센서인 라이다(LiDAR), ToF 카메라용 광원으로 적합성을 인정받고 있어 향후 높은 시장 성장이 전망된다.

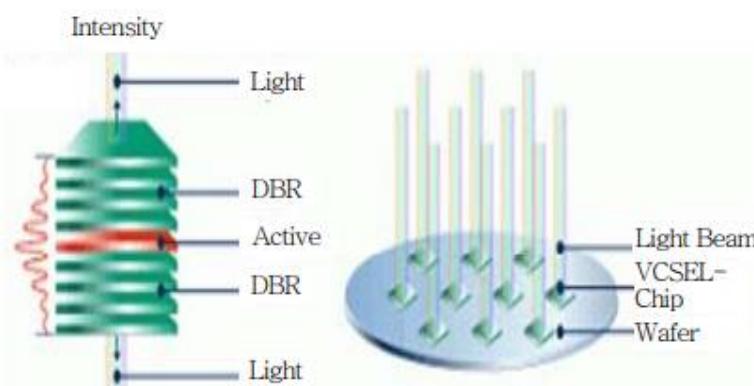
■ 새로운 컨셉의 반도체 레이저 VCSEL레이저

반도체 산업의 발전은 진공관을 대신할 다이오드(Diode)와 트랜지스터(Transistor)를 발명함으로써 저전력, 소형화에 성공하였기 때문이며, IC(Integrated Circuit, 집적회로)의 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, 고가인 광통신 부품은 본격적인 광통신 시대 실현에 걸림돌이 되기에 반도체 주역인 IC 칩과 같은 저전력이며 집적화가 가능하고 대량 생산이 용이하여 가격이 저렴한 광 부품에 대한 필요성이 높아지게 되었다. 이런 이유로 광 부품 중 핵심 기술인 광원에 있어서는 VCSEL레이저(Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser, 수직 캐비티 표면 광방출 레이저)가 점차 주목 받기 시작하였다.

통상 빅셀(VCSEL)로 불리는 VCSEL레이저는 반도체 표면에서 레이저 빔을 방출하는 형태의 레이저 다이오드(반도체 레이저)로, 전자(Electron)와 정공(Hole)이 재결합할 때의 광방출 현상을 응용한 반도체 광원의 한 종류이다.

[그림 1] VCSEL 개념도



*출처: Vertilas GmbH, KIPOST(2018))

최초의 VCSEL은 1979년 일본의 소다(Soda Haruhisa) 등이 제안한 것으로, 활성 영역에 갈륨인듐비소인(GaInAsP) / 인화인듐(InP) 재료를 사용하여 제조되었으며 1,300nm 파장의



레이저 빔이 방출되었다. 실온에서 연속적으로 작동하는 VCSEL 기기는 850nm 파장 대역으로 1988년에 코야마(Koyama Fumio) 등이 최초로 제작에 성공하였다. 이후 벨연구소의 슈어러(Axel Scherer)와 주웰(Jack Jewell)이 반도체를 이용한 VCSEL을 발명하였다.

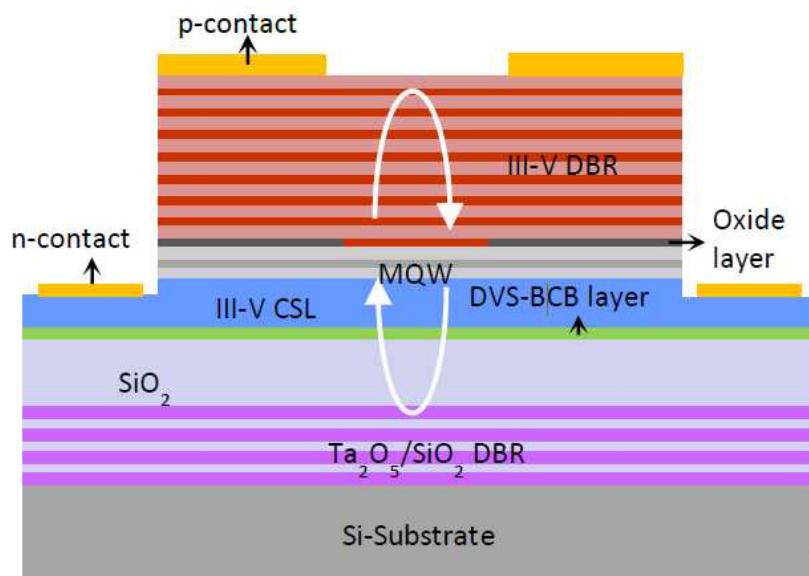
VCSEL은 LED(Light Emitting Diode, 발광 다이오드)와 같이 반도체 기판의 표면에 수직한 방향으로 빛을 방출하는 표면 발광 구조의 특성상 다른 반도체 부품과의 접적화에 유리하고 제조 공정 및 패키지 과정에서 장점을 가지고 있다. VCSEL은 작은 크기의 공진기¹⁾ 및 활성영역에 따른 낮은 문턱 전류²⁾를 가지며, 낮은 전류에서의 고속 동작이 가능하여 초고속 변조에 유리한 장점이 있어, 기가비트 이더넷이나 파이버 채널과 같은 단거리 광통신 분야에서 폭넓게 사용되어 왔다.

VCSEL 중에서 가장 먼저 상용화된 것은 850nm 파장 대역의 소자이다. 850nm VCSEL은 그 장점으로 인하여 EEL(Edge-Emitting Laser, 측면 방출 레이저)의 시장을 잠식하며 건물 내 데이터 전송용으로 성공적으로 사용되고 있으며, 850nm VCSEL 기반의 통신이 표준으로 정의되어 있기도 하다. 국내 기업에서도 850nm 대역의 VCSEL의 기판 및 소자를 제작하기도 하고, 이러한 소자를 이용한 다양한 모듈을 만들어 상품화하고 있다. 1992년 이래로 980nm, 780nm 등 다양한 파장 대역의 VCSEL도 상용화되었으며, 최근에는 가시광 대역의 VCSEL에 대한 연구도 이루어지고 있다.

■ VCSEL의 구조 및 특징

VCSEL의 구조는 EEL보다 더 복잡한데, 이는 서로 다른 굴절률의 재료층을 이용하여 하단에 전체 거울을, 상단에 부분 거울을 갖는 브래그 반사경을 생성하기 위하여 최대 40 개의 p형 및 n형 재료의 에피택시³⁾ 층과 다양한 광학 재료를 사용하기 때문이다.

[그림 2] 1세대 VCSEL의 구조



*출처: Universiteit Gent(2017)

1) 공진기(Resonator): 공진 현상을 이용하여 특정 주파수의 파동이나 진동을 끌어내기 위한 장치로 주로 전자파나 전기진동에 대한 공진을 일으키는 장치를 의미함



VCSEL은 LED, EEL 등 타 반도체 광원에 비해 출력 측면에서 약점이 있으나, 광 집중도가 높고 1차원 및 2차원 어레이(array, 배열) 형태로의 구성이 용이하여 저전력, 저비용, 고수율을 달성할 수 있는 장점을 나타내어 광변조 기반의 통신 혹은 센싱 목적으로의 활용도가 높은 광원이다.

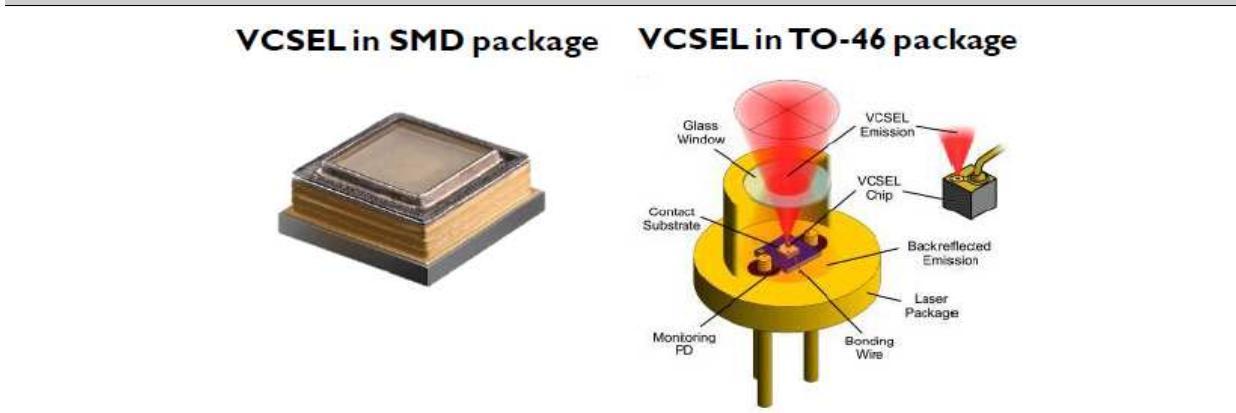
[표 1] 반도체 광원별 특성 비교

	Edge Emitting Laser (EEL)	Vertical Cavity Surface Emitting Laser (VCSEL)	Light Emitting Diode (LED)
구분	Top contact Epitaxial layers Active region Substrate Emission pattern	Vertical Cavity Surface Emitting Laser (VCSEL)	Light Emitting Diode (LED)
구분	VCSEL	VCSEL	LED
출력	좋음	35% 이상	~17°(원형)
전력변환 효율	매우 좋음	45% 이상	11~40°(타원형)
빔 확산도	나쁨	25% 이하	180°(원형)
파장 안정도	수 ns	0.07nm/°C	0.3nm/°C
펄스 주기	수 ns	수 ns	10~100 ns
패키징		저비용 표면 실장형	복잡함, 상대적으로 대형

*출처: 레이아이알, Finisar

VCSEL은 LED와 유사하게 SMD(Surface Mount Device, 표면실장 기기) 형태로 실장하여 패키징하거나 TO-46 패키지⁴⁾ 형태로 패키징할 수 있으며, VCSEL 어레이는 광학 요소가 있는 패키지에 밀봉되어 있는 것이 일반적이다.

[그림 3] VCSEL 패키지



*출처: Yole Developpement(2018)

■ 다양한 응용 분야에서 활용되는 VCSEL

VCSEL은 광통신, 광전자 기기, 광학 센싱, 3차원 센싱 등 다양한 분야에서 활용이 가능하나,

2) 문턱 전류(Threshold current): 반도체 활성영역의 이득(Gain)이 레이저 빔의 발생 조건을 만족할 수 있는 기준 전류

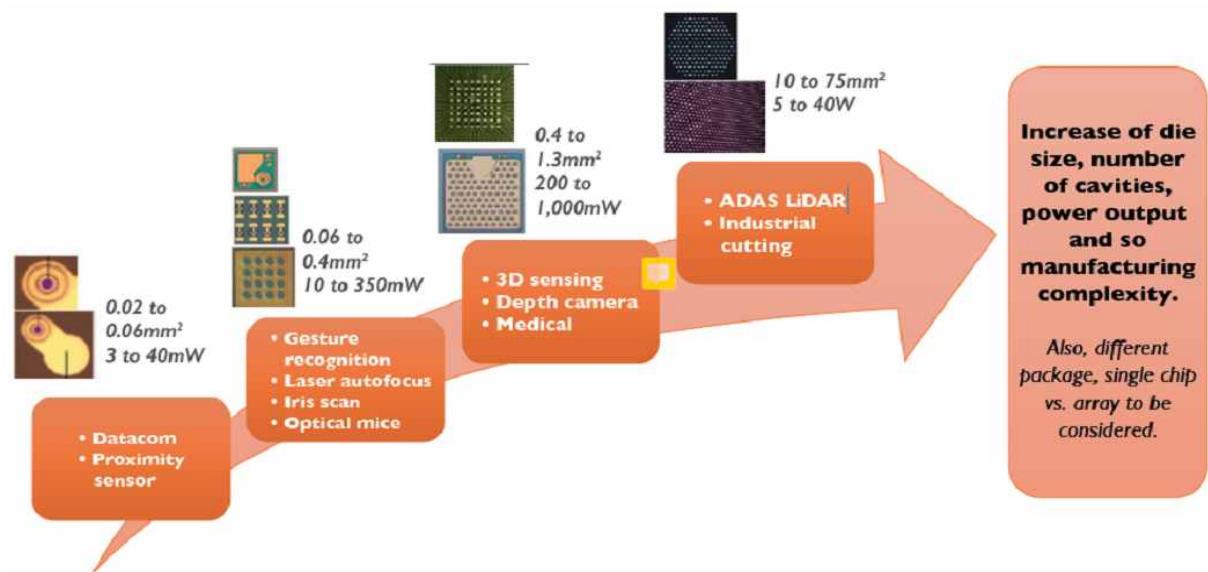
3) 에피택시(Epitaxy): 하나의 결정체에 규칙적으로 일정하게 배열된 결정 성장으로, 에피택시얼 성장(Epitaxial growth)라고도 함



현재까지는 850nm 또는 940nm의 VCSEL이 주로 광학 통신 또는 광학 센싱 어플리케이션에 사용되고 있다. VCSEL은 원형의 레이저 빔을 방출하므로 광섬유와의 결합에 최적화되어 있어 데이터 광통신 분야에서 활발하게 응용되고 있으며, 광마우스의 광원, 고휘도 조명 등으로 활용되기도 한다.

최근 스마트폰, 자율주행 자동차를 중심으로 3차원 영상 정보를 수집하기 위한 센서 도입이 증가하면서, 스마트폰과 자율주행 차량의 환경인식에 사용되는 라이다⁵⁾, ToF⁶⁾ 카메라와 같은 3차원 센서의 광원으로도 채택되는 등 최근 들어 산업용 및 소비재용 레이저 시장에서도 각광받고 있다.

[그림 4] VCSEL사양별 주요 응용분야



*출처: Yole Developpement(2018)

VCSEL 칩 또는 어레이에서 레이저 빔이 방출되는 면적은 데이터 통신 및 근접 감지 어플리케이션의 경우 0.1mm² 미만에서 라이다 어플리케이션의 경우 70mm² 이상까지 다양하게 형성되며, 방출되는 빛의 파워 또한 작게는 3mW에서 최대 40W 이상까지 넓게 분포한다.

- 4) TO-46 패키지: 반도체 장치를 위한 일종의 '금속 캔' 패키지로, 습기 및 오염 물질과 같은 환경 요인으로부터 장치를 보호하기 위해 밀폐되어 있으며, 리드 수가 적은 트랜지스터 및 집적 회로 하우징에 주로 사용됨
- 5) 라이다(LiDAR): 고출력의 펄스레이저를 이용하여 물체에 반사되어 돌아오는 레이저 빔의 시간을 측정함으로써 거리정보를 획득하는 기술
- 6) ToF(Time of Flight): 펄스가 발사된 기준 시점과 측정대상물에서 반사되어 되돌아온 펄스의 검출 시간차를 통해 거리를 측정하는 원리

II. 심층기술분석

VCSEL 제작을 위한 공정 기술과 원하는 파장을 얻기 위한 기술이 핵심

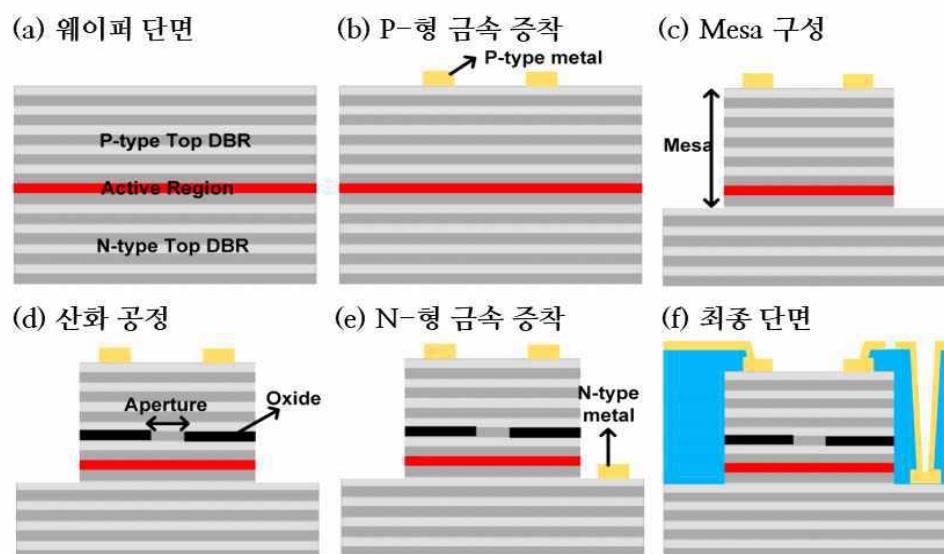
VCSEL은 방출하는 레이저 빔의 파장 대역에 따라 위치 검출 센서, 3차원 센서, 근거리 통신, 장거리 고속 광통신 등 다양한 응용 분야에 활용된다. 반도체 레이저의 일종인 VCSEL의 특성상 반도체 공정 기술에 기반한 VCSEL 공정 기술이 필요하며, 각각의 응용 분야에 적합한 파장대역을 얻기 위한 기술 또한 중요하다.

■ VCSEL 공정 기술

VCSEL은 반도체 레이저의 한 종류로, 기본적으로 p-n 접합 구조를 가진 다이오드이다. 반도체 활성영역의 양면에 굴절률 차가 큰 두 박막을 교대로 반복 증착한 브래그 반사경 (Distributed Bragg Reflectors, DBR) 및 p형, n형 전극을 증착한 형태로 구성된다. 전극을 통해 p-n 접합에 순방향으로 전류가 주입되면 활성영역에서 전자-정공 재결합을 통해 빛이 방출되며, 양면의 브래그 반사경에서 반사를 반복하면서 증폭되어 기판 표면에 수직한 방향으로 빛을 방사한다.

갈륨비소(GaAs) 반도체 기판을 기반으로 근적외선 영역대인 850nm 파장의 출력광을 갖는 구조가 가장 먼저 상용화되었으며, 850nm 이상의 장파장 레이저 생성을 위해 갈륨비소(GaAs) 기판 외에도 인화인듐(InP) 기판, 두 방식의 융합 기판 등 다양한 구조들이 개발되고 있다.

[그림 5] VCSEL 제작 과정



*출처: Optics Express(2017)

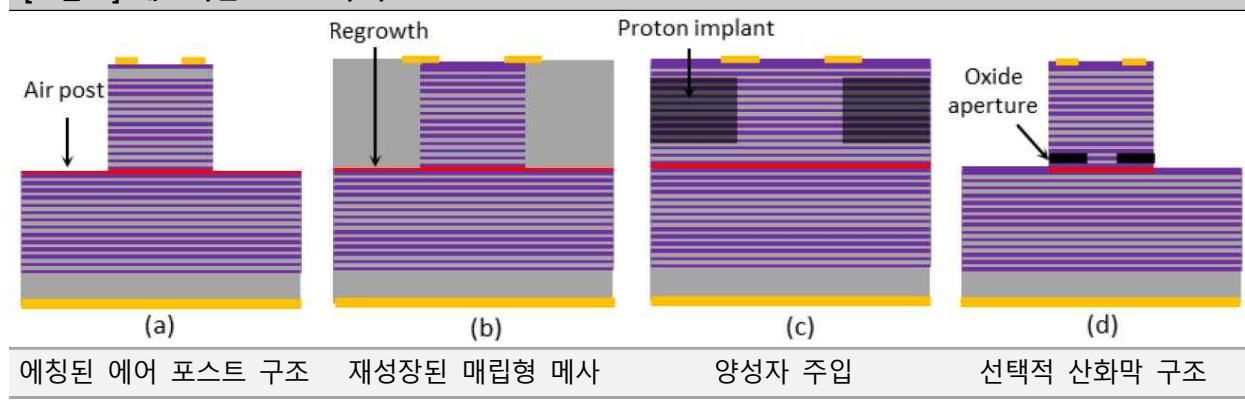
VCSEL은 양성자로 전류 주입을 제한하는 건식 식각을 기본으로 하는 단순 메사 식각 (Simple mesa etching) 방식, 양성자 주입(Proton implantation) 방식, 레이저 박막 구조층을 습식 산화시키는 선택적 산화막(Selective oxidation) 방식 등 3가지 유형의 구조가



통용되고 있다.

초기 VCSEL은 단순 메사 식각 방식으로 제작된 에어 포스트 구조를 사용했다. 그러나 단순 메사 식각 방식은 광학 필드의 산란 손실을 일으키고 활성 영역이 공기에 노출되면 신뢰성 문제를 일으킬 수 있어, 식각된 메사 주변의 반절연 반도체 재료를 재성장시키는 재성장된 매립형 메사(Regrown buried mesa VCSEL) 방식으로 발전하였다. 양성자 주입 방식은 뛰어난 생산성과 신뢰성을 가진 상업용 VCSEL을 제조하는 데 사용된 최초의 방법이며, 선택적 산화막 방식은 캐비티의 광학 손실을 줄이고 VCSEL 성능을 향상시킬 수 있는 특성을 가진다.

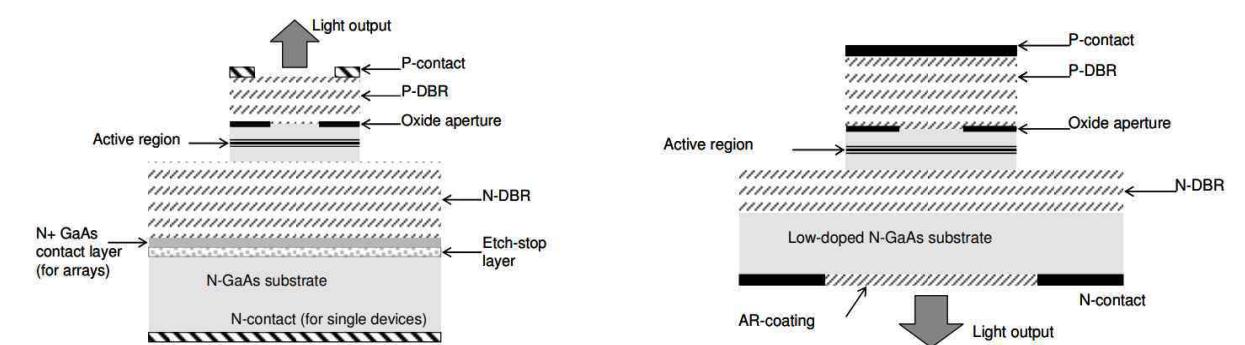
[그림 6] 대표적인 VCSEL의 구조



*출처: SPIE(2014)

VCSEL은 제작 방식과 구조에 따라 빛의 방출 방향이 상단 또는 하단으로 나뉘며, 그에 따라 방출광의 파장이 달라진다. 상단 방출형은 공기 중으로 바로 빛을 방출하는 방식으로, 주로 800nm 대의 레이저 빔을 형성한다. 반면에 하단 방출형은 투명 물질을 거쳐 레이저 빔을 방출하는 방식으로, 열 냉각에 효율적인 구조이며, 900nm 및 1,000nm 대역의 레이저 빔을 방사한다.

[그림 7] VCSEL 레이저 방출 방식: 상단 방출형(左) 및 하단 방출형(右)



*출처: SPIE(2014)

■ 파장 대역별 VCSEL 기술

1. 근적외선 VCSEL 기술(위치 검출 센서용, 근거리 통신용)

가장 먼저 상용화된 근적외선 파장 대역의 VCSEL은 850nm 대역으로, 화합물 반도체 결정성 장법을 이용하여 갈륨비소 반도체 기판 위에 전체 VCSEL의 구조를 성장하고, 주로



양성자 주입 방법으로 활성 영역에만 전류를 흘려주도록 하는 제작 공정으로 만들어진다. 다양한 응용 분야에서 세계의 여러 업체들에서 850nm VCSEL을 공급하고 있고 상용화된 상태이다. 통신용으로는 2.5Gbps급의 소자와 10Gbps급의 고속 소자가 상용 제품으로 유통이 되고 있다.

광 인터넷 포럼(The optical internet working forum, OIF)에서는 OIF-VSR-01.0 OC-192를 통해서 850nm VCSEL 기반 표준을 정의하고 있고, 이것은 SONET 프로토콜을 이용한 기지국 내의 네트워크 장비 간의 데이터 통신에 대한 것이다. 또한 레이저 다이오드 모듈 기반 광통신에 대한 국제 표준인 IEEE P802.3bs에서는 50Gbits/s의 전송량을 가진 8채널 VCSEL 어레이 형태의 송신기를 기반으로 모듈의 통신량을 최대 400Gbit/s로 정의하고 있기도 하다. 그러나 장파장 VCSEL 제품의 보급이 본격화하면서 통신용 근적외선 VCSEL의 시장은 건물 내 근거리 통신의 용도가 주가 되고 있다.

VCSEL은 여러 가지 모듈로 개발이 되어 있고 센서 등의 응용 분야도 시장을 확대하여, 광 마우스 등의 위치 검출용 센서로도 활용되고 있다. 3차원 센싱 모듈과 같은 VCSEL 기반의 위치 검출 센서의 성능은 강렬하거나 어두운 주변광에 따라 크게 영향을 받는다. 주변광의 영향을 줄이려면 800nm~1,000nm 대역의 근적외선 광원이 필요하다. 850nm VCSEL은 감시 또는 야간 탐지에 널리 활용되지만 사람의 눈에는 불편함을 주기 때문에 위치 검출 센서의 광원으로는 940nm VCSEL이 주로 채택된다.

2. 장파장 VCSEL 기술(고속 장거리 광통신용)

장파장 VCSEL에서 출력되는 빛의 파장은 단일 모드 광섬유와 연결하여 근·장거리 통신에 사용되는 1,310nm와 1,550nm 대역에 있다. 장파장 VCSEL은 특별한 소자 구조가 기술적인 우위에 있지 않고 여러 가지 구조가 시장 개척을 위해 치열히 경쟁하면서 상용화되었다.

VCSEL은 기존에는 건물 내의 데이터 통신 용도로 사용되는 것이 대부분이었지만 1,310nm VCSEL이 상용화되면 단일 모드 광섬유와 연결되어 메트로 용도로 20km 이내의 신호 전송에 채택되고 있다. 850nm VCSEL의 성공을 기반으로 장파장 VCSEL도 통신용 광원 시장에서 EEL의 역할을 조금씩 대체해 가고 있다.

장파장 VCSEL은 세계적으로 여러 가지 구조들이 서로 경쟁하고 있는데, 크게 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 구분된다.

3. 가시광 VCSEL 기술(조명용, 디스플레이용 외)

가시광 영역의 VCSEL은 다시 크게 세 가지로 나뉘는데, InGaP/InAlGaP 활성매질을 이용한 적색 파장 대역의 VCSEL과 청색 파장(자외선 포함) 대역의 VCSEL, 녹색 파장 대역의 VCSEL이 그것이다.

7) CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor): 상보성 금속 산화막 반도체. 집적 회로의 한 종류로, 마이크로프로세서나 메모리, 활상 소자 등의 디지털 회로를 구성하는 데에 이용됨

8) 일반적으로 층 두께의 차이가 1%이면 10nm의 파장 편차가 발생함

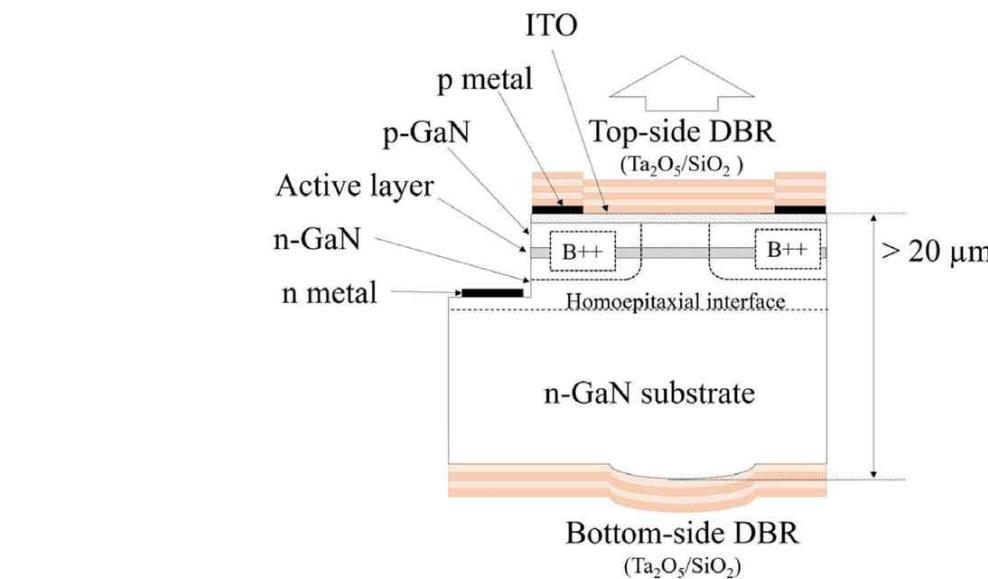


적색 VCSEL의 경우, GaAs 기판 위에 결정 성장되는 활성매질인 InGaP/InAlGaP 물질층을 이용한 소자에 대해서 미국 공군연구소 등에서 많은 연구를 수행하였고, 좋은 성능을 보고하였다. 2006년에 (주)옵토웰이 고온구동 적색 VCSEL을 세계 최초로 상용화 한 바 있다.

GaN/InGaN 활성매질을 포함하는 청색 VCSEL은 사파이어 기판과 GaN 기판 등에서 시도되어 왔다. 2012년 미국 캘리포니아 대학 산타바바라 캠퍼스는 최초로 무극성 질화물 반도체 VCSEL을 개발했다고 밝혔는데, 질화물 반도체 물질에서 VCSEL을 제조함으로써 짧은 파장의 소자를 얻을 수 있는 원리이다. 청색 VCSEL은 망막 주사 디스플레이, 아답티브 전조등, 초고속 가시광 통신 광원 등의 차세대 광원으로의 응용이 기대되고 있다.

일본의 Sony는 2019년 GaInN 기판에 곡면 거울 하단 반사경을 적용하여 임계값이 낮은 445nm 청색 VCSEL을 생산한 바 있으며, 2020년에는 곡면 거울 VCSEL 공정을 515nm~518nm 녹색 파장으로 확장하였다. 열 관리를 위해 GaN의 더 높은 열전도율을 활용하려면 기존의 브래그 반사경(DBR)에 비해 더 긴 캐비티 길이가 필요한데, 곡면 거울은 회절 효과의 감소를 통해 더 긴 캐비티 길이를 만들 수 있다.

[그림 8] 곡면 거울 하단 반사경을 적용한 녹색 VCSEL 구성도



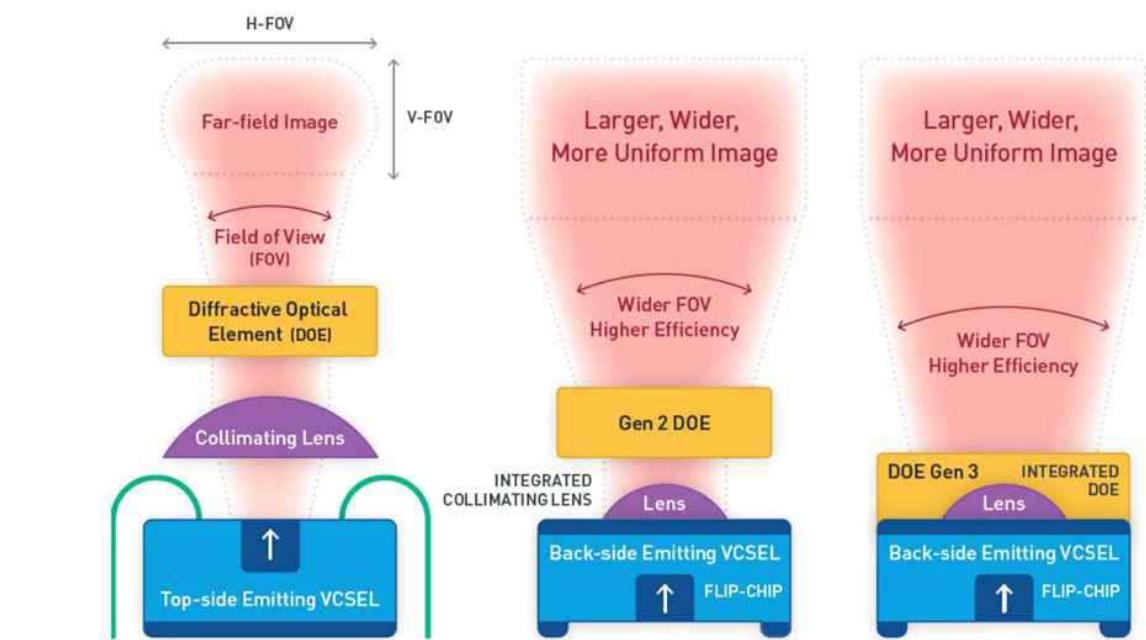
*출처: Semiconductor Today(2020)

■ 기술 발전 방향

VCSEL의 스마트폰 탑재 사례가 증가하면서 모바일 어플리케이션을 위한 최적화 기술에 개발 역량이 집중될 것으로 전망된다. 스마트폰의 한정된 공간 안에서 충분한 광량과 넓은 조사 영역을 확보하기 위해 VCSEL 소자 및 디퓨저, 렌즈 등의 광학 구조를 일체화하는 기술이 주목을 받고 있다. 또한 자연광에 의한 간섭을 최소화하면서도 촬상 소자인 CMOS⁷⁾에서의 수광에 불리하지 않도록 940nm 대역의 레이저 빔을 방출하는 VCSEL의 수요가 증가할 것으로 전망된다.

9) MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition): 유기 금속 화학 증착법. 화학 반응을 이용하여 기판 상에 금속 산화막을 형성하는 박막 형성법

[그림 9] VCSEL 광학 구조 및 패키지 집적화



*출처: Finisar

한편, VCSEL의 적용 분야가 광통신 중심에서 모바일 및 3차원 센서 어플리케이션으로 이동하면서 생산성 및 수율 확보를 위한 VCSEL의 제작 공정에 변화가 진행되고 있다. 광통신 모듈은 약 0.1mm^3 , 라이다 모듈은 약 70mm^3 내외의 VCSEL 어레이를 주로 사용하고 있어 동일한 공정 내에서의 생산이 불가능하며, 라이다 모듈과 같은 대형 VCSEL 어레이의 수율 확보를 위해서는 6인치 웨이퍼 이상의 공정이 필요하다.

6인치 웨이퍼 공정은 기존의 3~4인치 웨이퍼 기반 공정에 비해 에피택시 공정에서의 균일한 두께 유지가 어려우며, 두께의 차이가 곧 레이저 빔의 파장 오차로 연결⁸⁾되므로 관련 기술에 대한 연구 개발에 초점이 맞추어지고 있다. 에피택시 수율이 전체 VCSEL 제조 수율에 결정적인 영향을 미치게 되므로, MOCVD⁹⁾ 장비 및 계측 장비가 VCSEL 기술 개발의 핵심이 되고 있다.

■ VCSEL 기술 관련 특허동향

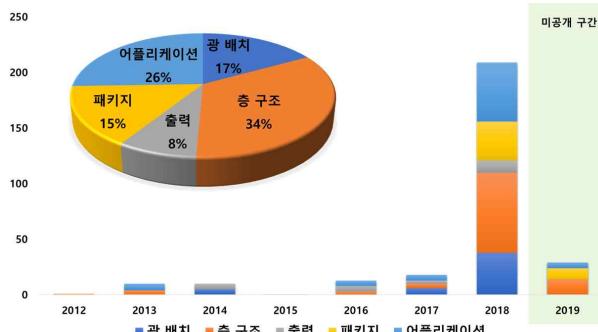
[그림 10]은 VCSEL 관련 특허 출원동향을 연도별, 기술별로 나타내었다. 전체 조사 특허 건수는 총 1,138건 중 노이즈 특허를 제외한 유효특허 모집은 290건으로, VCSEL의 주요 기술을 중심으로 총 구조 34%, 어플리케이션 26%, 광 배치 17%, 패키지 15%, 출력 8%로 확인되었으며, 2018년도에 급격히 증가하였다. 2019년 이후 특허 출원은 아직 미공개 특허들이 존재하여, 향후 추가적인 관찰이 필요한 것으로 판단된다.

[그림 11]은 VCSEL 관련 특허를 분석하여 기술시장 성장단계를 조사하였다. 그래프의 가로축은 출원인수, 세로축은 출원건수를 나타낸다. 1구간(2013년~2015년)에서 2구간(2016년~2017년)은 신기술 출현단계인 태동기, 3구간(2018년)은 출원인수와 출원건수가 급격히 증가하는 성장기에 있으며, 2019년 이후는 특허 미공개 구간을 감안し, 해당 연구개발의 급격한 증가와 경쟁의 격화 단계인 성장기 기술로 확인된다.



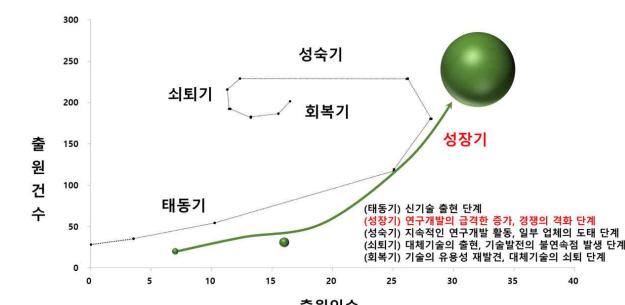
[그림 10] 연도별 특허출원 동향

(단위: 건, %)



[그림 11] 기술시장성장단계

(단위: 건, 인)



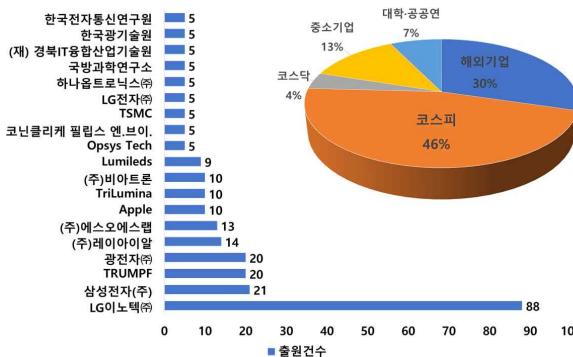
*출처: 원텔립스 DB, NICE디앤비 재구성

[그림 12]는 VCSEL과 관련된 출원특허를 검색하여 확인된 주요출원인을 나타내었다. 주요출원인은 LG이노텍(주), 삼성전자(주) 순이었으며, 코스닥 기업으로 (주)비아트론도 주요출원인으로 조사 되었으나, 전체 출원인 중에서 코스닥 기업의 4%로 확인되었다.

[그림 13]은 주요출원인별 주요기술 동향을 나타내었다. LG이노텍(주)의 경우 총 구조, 패키지 관련 특허가 많았고, (주)레이아이알은 총 구조, 광전자(주)의 경우 근거리 통신모드, (주)에스오에스랩은 라이다, 독일의 트럼프(TRUMPF)는 ToF 카메라 어플리케이션 기술 관련 특허를 보유하고 있었다.

[그림 12] 주요출원인 및 출원건수

(단위: 건)



[그림 13] 주요출원인별 주요기술 동향

(단위: 건)



*출처: 원텔립스 DB, NICE디앤비 재구성



III. 산업동향분석

3차원 센싱 어플리케이션으로 스마트폰에 탑재되며 급속한 시장 성장

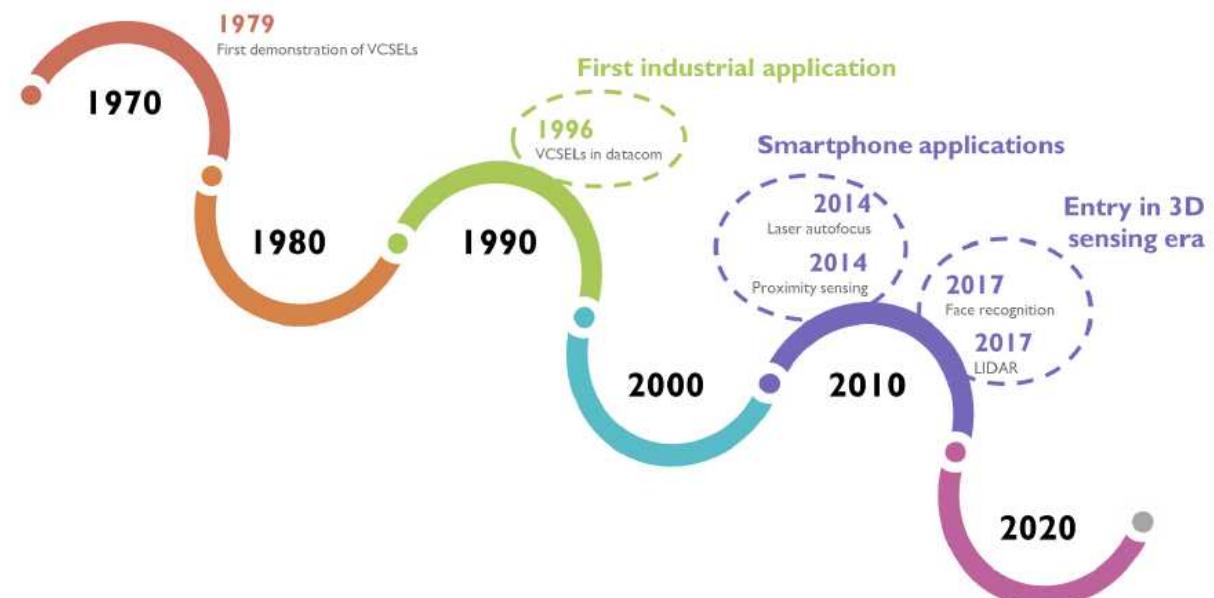
기존 데이터 통신용 광원 중심에서 스마트폰에 탑재되는 3차원 센싱 어플리케이션 등 각종 센서용 광원으로 기술 응용이 확대됨에 따라, VCSEL 시장은 스마트폰 시장의 성장과 궤를 같이 하며 크게 성장하고 있다.

■ VCSEL의 응용 분야: 데이터 통신에서 3차원 센싱까지

VCSEL은 LED나 EEL 등의 타 광원에 비해 원형에 가까운 레이저 빔을 생성할 수 있으며, 광 집중도가 높고, 반도체 집적에 유리한 특성을 이용해 광통신 데이터 링크의 핵심소자로 활용되어 왔다. 데이터 통신(Datacom)은 최초로 VCSEL이 산업적으로 응용된 분야이다.

VCSEL은 EEL에 비해 낮은 소비전력과 경쟁력 있는 가격으로 인해 데이터 센터에서 선호되어 왔다. VCSEL은 약 100ps 단위까지 빛의 방출 간격을 조절할 수 있어 고속 변조에 적합하며 넓은 대역폭으로 통신을 구현할 수 있으나, EEL 대비 출력되는 레이저 빔의 파워가 낮아 주로 근거리 통신용으로 제한적으로 사용된다. VCSEL 생산량은 2000년대 인터넷의 폭발적 성장과 함께 급증하였으며 그 이후로 통신용 VCSEL을 중심으로 꾸준한 성장을 보인다.

[그림 14] VCSEL의 응용분야: 데이터 통신에서 3차원 센싱까지



*출처: Yole Developpement(2018)

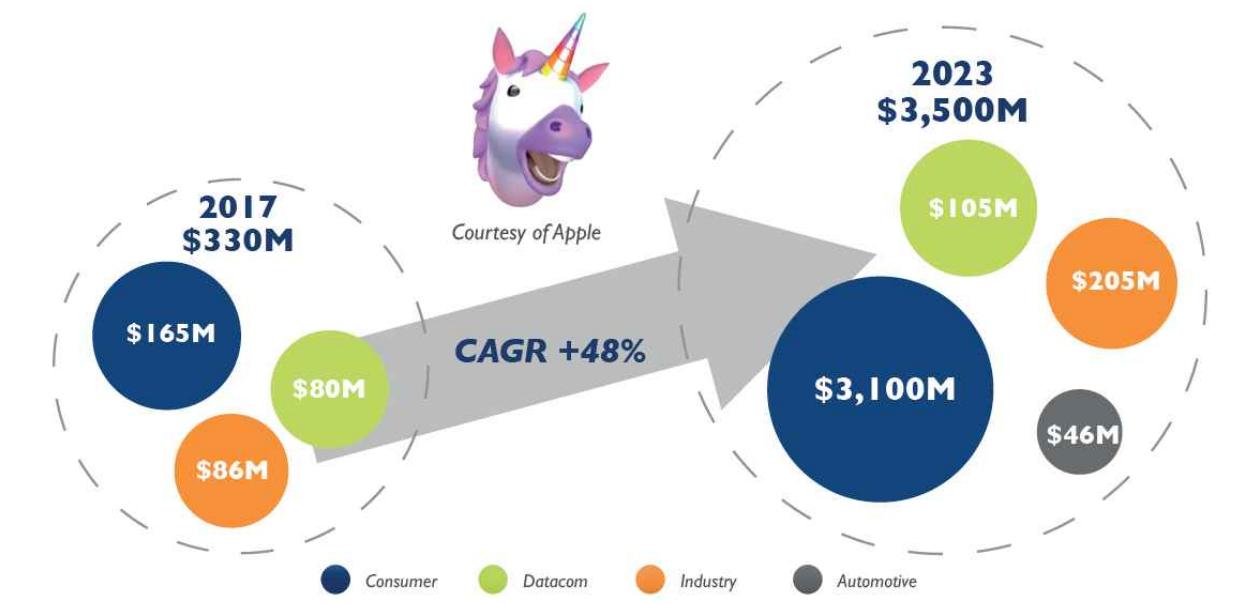
VCSEL은 저전력, 단일 광파장, 높은 복사 휘도, 낮은 빔 확산도, 패키징 유연성 등의 장점을 바탕으로 다양한 센서의 광원으로 채택되고 있는데, 매우 좁은 대역폭의 레이저를 높은 안정도로 방사할 수 있어 빔의 겜출이 쉬운 점에 착안하여 근접 및 출입 감지 센서에 적용되고 있다.



VCSEL 레이저 빔의 높은 출력 집중도를 이용하여 출력광과 입사광 간의 감쇄 효과를 기반으로 공기 중의 특정 가스량이나 혼합물의 혼탁도를 측정하기 위한 센서에도 활용된다. 출력 파장 대역이 매우 협소하여 위상차 측정에 유리하여 간섭계나 도플러 효과를 이용한 동작 센서 등에도 활용된다. 레이저 프린터 및 광 마우스와 같은 일부 새로운 VCSEL 응용 분야도 등장했지만 강력한 성장 동력은 아니었다.

기존에 데이터 통신이라는 전문 영역에서 광원으로 사용되던 VCSEL은 현재는 일반 사용자도 쉽게 접할 수 있는 3차원 센싱 어플리케이션 시대에 접어들고 있다. 데이터 통신에서 VCSEL을 처음 사용한지 거의 20년이 지난 2014년에서야 VCSEL은 센싱 어플리케이션으로도 응용되기 시작하였다. VCSEL은 자동 초점 및 근접 감지 어플리케이션에 통합되어 스마트폰에 처음 탑재되었으며, 애플이 2017년에 얼굴 인식 모듈 페이스 아이디(Face ID)용 VCSEL을 탑재한 아이폰 X를 출시하고 양산을 시작하면서 센싱 어플리케이션으로서의 VCSEL 활용이 크게 증가하였다. 아이폰 X는 근접 센서와 페이스 아이디 모듈 용도의 3개의 서로 다른 VCSEL 다이를 통합하여 3차원 센싱 기능을 구현하였으며, 이를 통해 2017년에 전체 VCSEL 시장규모가 3.3억 달러에 달할 정도로 시장을 크게 성장시킨 것으로 Yole Developppment는 분석하였다.

[그림 15] 응용 분야별 VCSEL 시장 전망



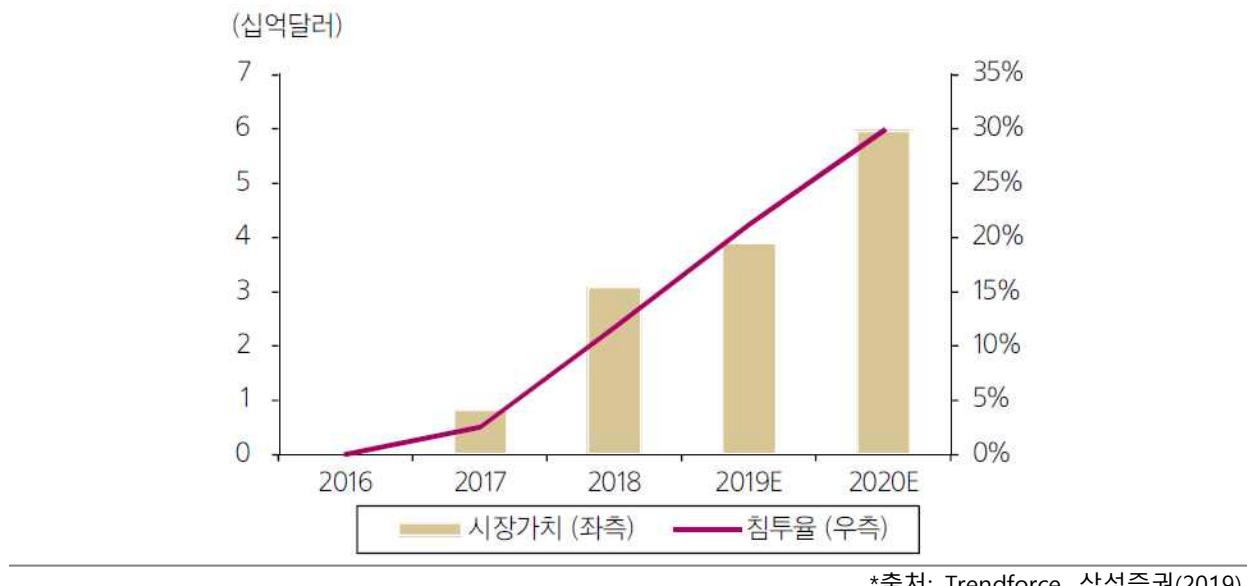
*출처: Yole Developppment(2018)

아이폰 X의 판매 호조는 3차원 센싱 기능에 대한 다른 스마트폰 제조사의 관심을 불러 일으켰고, 아이폰 X가 출시된 지 1년이 채 되지 않아 Xiaomi(모델 Mi8), Oppo(모델 Find X)와 같은 스마트폰 제조사들도 경쟁적으로 3차원 센싱 기술을 탑재하기 시작하였다.

이러한 상황을 고려할 때, 2017년에 시작된 VCSEL 수요의 폭증은 향후 5년 동안 지속될 것이며 잠재적으로 시장 규모를 10배 이상 증가시킬 것으로 전망된다. 이 기간 동안 VCSEL은 라이다 또는 가스 센서와 같은 다른 응용 분야에서 새로운 성장 동력을 찾을 수도 있을 것이며, 향후 투자, 신규 진입, 인수 합병의 형태로 VCSEL 산업에도 급속한 발전을 가져올 것이다.



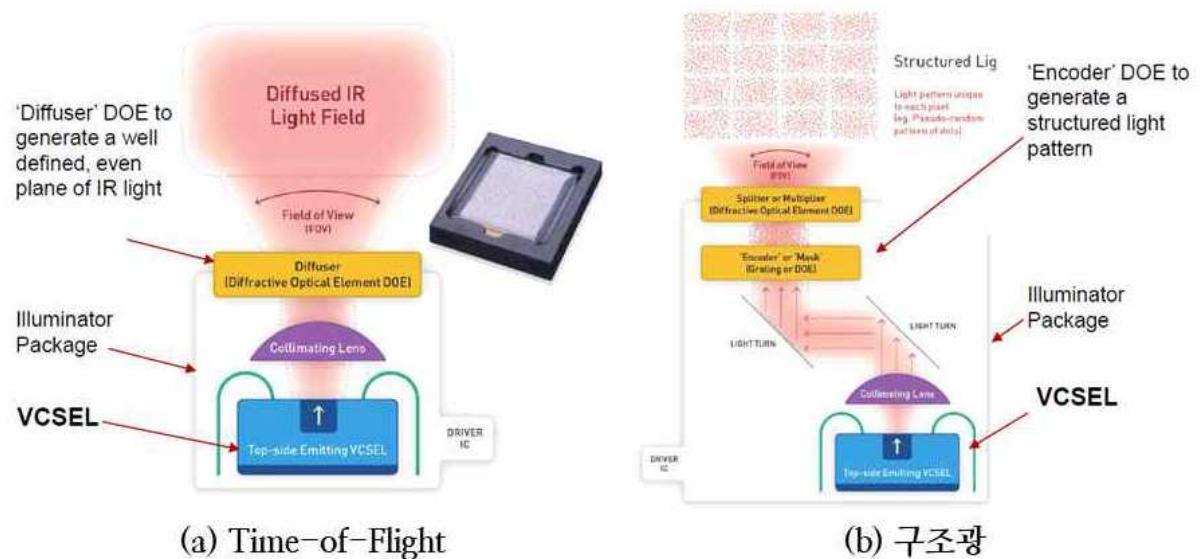
[그림 16] 스마트폰 3차원 센서 도입률 추이



*출처: Trendforce, 삼성증권(2019)

자동차 업계에서도 차량 내부의 운전자 및 승객 모니터링을 위한 3차원 센서 도입이 빠르게 진행되고 있다. VCSEL 기반의 구조광 카메라와 ToF 카메라가 크게 각광을 받고 있으므로, 3차원 센서 이후에도 VCSEL은 라이다 또는 가스 센서와 같은 다른 응용 분야에서 새로운 성장 동력을 찾을 수 있을 것이며, 향후 투자, 신규 진입, 인수 합병의 형태로 VCSEL 산업에도 급속한 발전을 가져올 것이다.

[그림 17] VCSEL을 활용한 3차원 센서 예시



*출처: Finisar

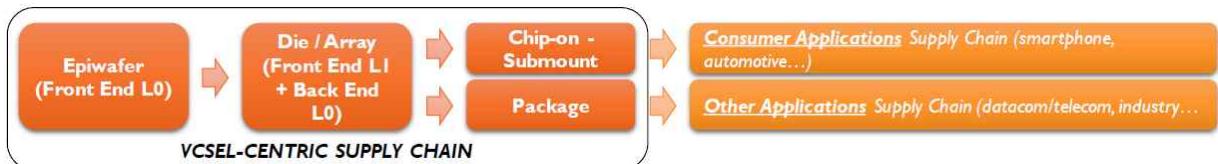
■ VCSEL 산업의 가치사슬

VCSEL 산업의 가치사슬은 패키징 단계와 최종 응용 분야에 따라 두 가지 서로 다른 가치사슬을 가진다. 스마트폰, 차량용 등 소비자 어플리케이션인 경우 VCSEL 모듈이 최종 제품의 복잡한 모듈 어셈블리에 집적될 필요가 있다. 최종 제품 제조사의 요구 사항을 충족하기



위해서는 표준 패키지를 개발할 수 없으며, VCSEL 제조사는 고객사가 VCSEL을 용이하게 접속할 수 있도록 서브마운트에 VCSEL 칩을 올린 형태(Chip-on-Submount)로 공급한다. 데이터 통신, 산업용 등 그 외의 어플리케이션에서는 VCSEL을 표준 패키지 형태로 접속하여 고객사에 공급한다.

[그림 18] VCSEL 산업의 가치사슬



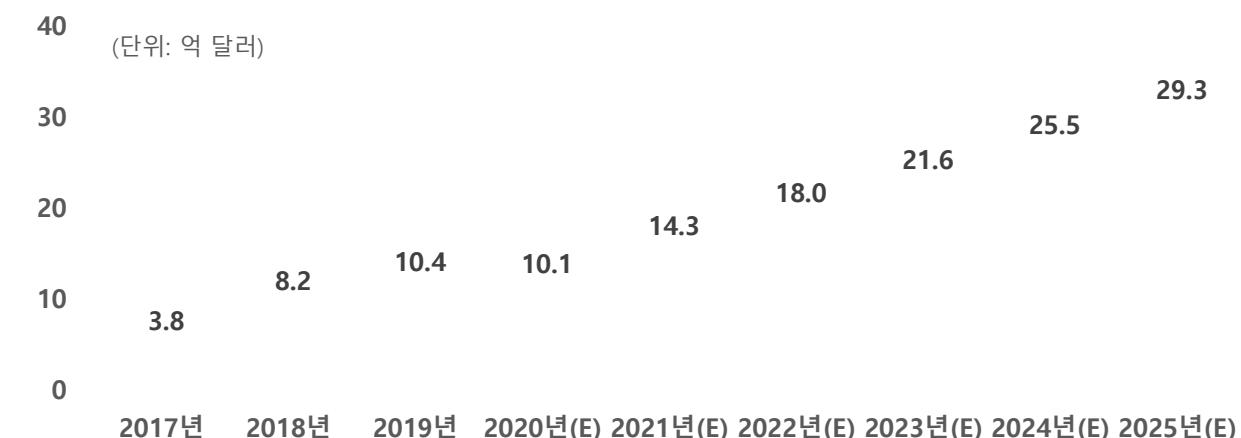
*출처: Yole Developppment(2018)

■ VCSEL 시장규모 및 전망

글로벌 시장조사 전문기관 MarketsandMarkets는 2020년 4월 공개한 ‘VCSEL Market’ 보고서에서 세계 VCSEL 시장규모가 2019년 10.4억 달러(한화 약 1조 2,073억 원) 규모이며, 연평균 19.0% 성장하여 2025년에는 29.3억 달러(한화 약 3조 4,214억 원)에 달할 것으로 전망하였다. MarketsandMarkets는 2018년 Yole Developppment가 전망한 것보다는 낮지만, 여전히 매우 높은 수준의 성장세를 보일 것으로 예상하고 있다.

시장 성장의 주요 촉진요인으로 스마트폰의 3차원 센싱 용도 도입 증가를 들 수 있으며, 데이터 통신에서도 VCSEL 사용이 급증함에 따라 VCSEL의 필요성이 높아지고 있는 점도 고려할 수 있다. 이를 반영하듯 2019년 기준 주요 응용 분야별 시장규모는 센싱이 8.0억 달러(한화 약 9,320억 원)로 전체 VCSEL 시장의 77.2%를 점유하고 있으며, 데이터 통신이 1.1억 달러(한화 약 1,283억 원)로 10.6%를 차지한 것으로 확인된다.

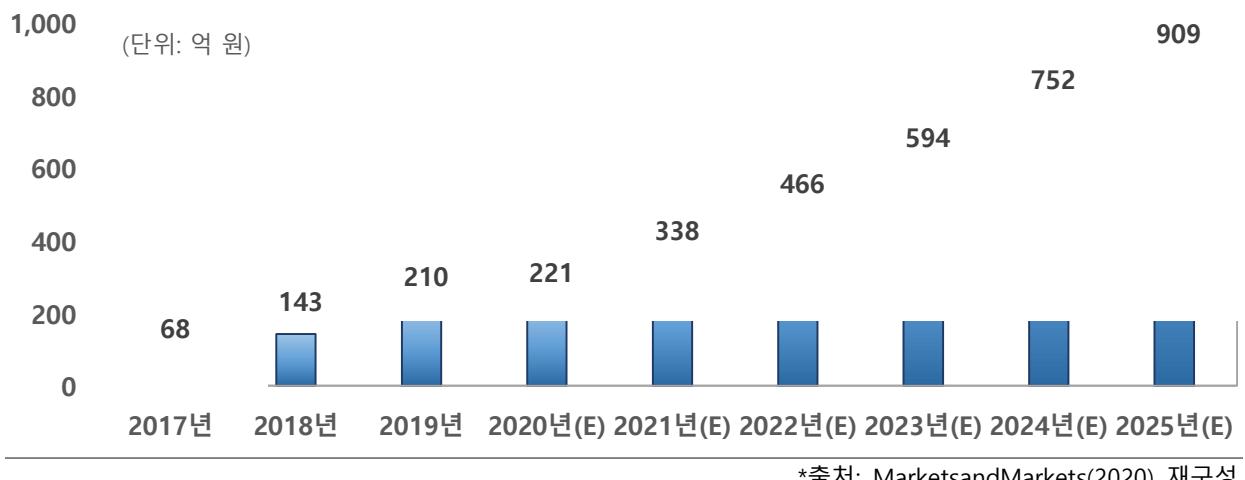
[그림 19] 세계 VCSEL 시장규모 및 전망



*출처: MarketsandMarkets(2020) 재구성

한편, 국내 VCSEL 시장은 2019년 210억 원 규모에서 연평균 27.7% 성장하여 2025년에는 909억 원 규모에 달할 것으로 전망된다.

[그림 20] 국내 VCSEL 시장규모 및 전망



IV. 주요기업분석

해외 선도기업은 VCSEL 소자, 국내 기업은 VCSEL 응용 제품 중심으로 사업화

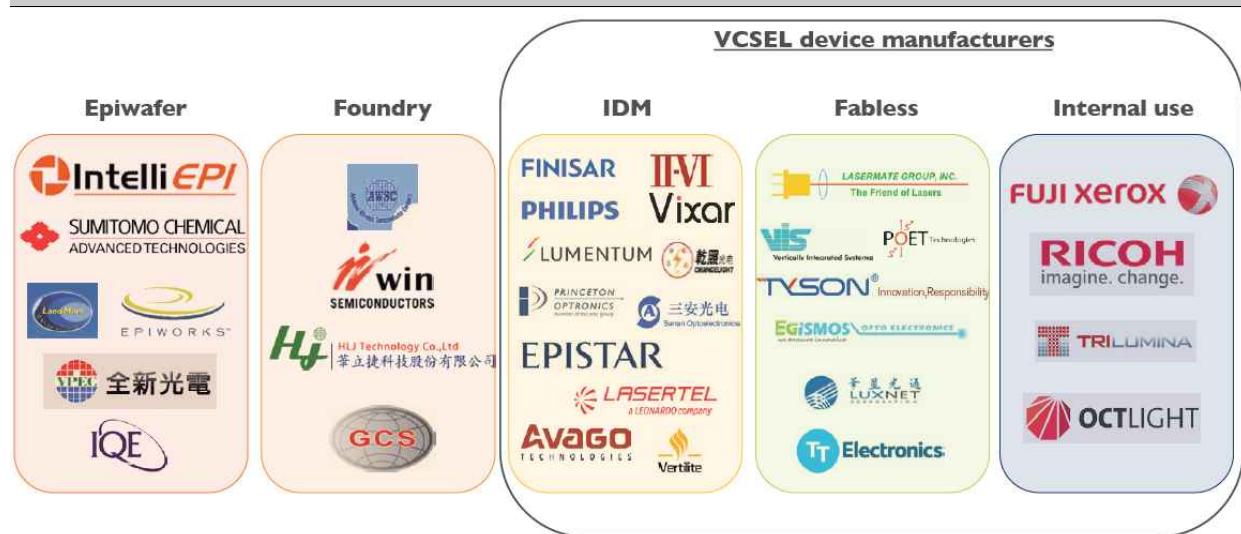
VCSEL 소자 개발 및 제품화는 해외 기업이 선도하며 투자를 확대하고 있는 반면, 국내 기업은 3차원 센서, 라이다 등 VCSEL을 활용한 어플리케이션을 중심으로 사업을 영위하고 있다.

■ VCSEL 수요 급증에 따라 반도체 업계를 중심으로 다수의 업체 참여

글로벌 시장조사 전문기관 Yole Developpment에 따르면, VCSEL 수요량은 2017년 6.5억 개에서 2023년에는 33.0억 개 이상으로 연평균 31% 증가할 것으로 예상되며, 이러한 급증하는 수요를 맞추려면 100대 이상의 MOCVD 반응기(Reactor)가 필요할 전망이다.

이와 같이 VCSEL 수요가 급증함에 따라, 종합 반도체 제조사(Integrated Device Manufacturer, IDM), 에피웨이퍼 제조사(Epi house), 반도체 위탁생산 전문회사(Foundry), 반도체 설계 전문회사(Fabless), 반도체 장비 및 재료 공급사 등 여러 분야에서 VCSEL에 관심을 가지기 시작하였다.

[그림 21] VCSEL 시장 참여기업 생태계



*출처: Yole Developpment(2018)

■ VCSEL 기술 선도기업: ams, Finisar, Broadcom, Lumentum

ams, Finisar, Broadcom, Lumentum 등 글로벌 대형업체들이 VCSEL 시장에 참여하고 있으며, 제조 공정이 유사하여 기술적인 유사성을 보이는 LED 산업에서도 다수의 기업이 VCSEL 시장에 진입하려는 움직임을 보이고 있다. 실제로 2016년부터 ams의 Princeton Optronics 인수, Osram의 Vixar 인수와 같은 다수의 M&A 사례와, 생산시설 확충 및 공급망 강화를 위한 애플의 Finisar에 대한 3.9억 달러 투자 등 다수의 투자 사례가 확인된다.



1. ams

ams AG는 오스트리아에 본사를 둔 다국적 센서 제조업체로, 1981년 설립되어 모바일, 통신, 산업, 의료, 자동차 등 다양한 분야에 걸쳐 센서 솔루션을 공급하고 있다. ams는 스마트하고 안전하며 사용하기 편리한 환경 친화적인 센서 솔루션을 제공하는 것을 목표로 하고 있으며, ams의 센서 솔루션은 스마트폰과 모바일 기기부터 스마트 홈과 스마트 빌딩, 산업 자동화, 의료 기술, 커넥티드 카 등에 이르기까지 산업 전반에 적용된다.

ams는 2019년 Ibeo Automotive Systems, ZF Friedrachschenafen 등과 함께 VCSEL 기반의 차량용 Solid-State LiDAR 기술 공동 개발 협력을 체결하였으며, 최근 글로벌 조명 업체인 Osram의 인수를 추진 중에 있다.

2. Finisar

Finisar Corporation은 1988년 설립된 광통신 전문업체로 미국 캘리포니아에 본사를 두고 있다. Finisar는 2008년 Optium Corporation과 합병하였으며, 2018년 미국의 광학 물질 및 반도체 제조기업인 II-VI(투식스)에 인수되었다. Finisar는 네트워킹, 스토리지, 무선 및 케이블 TV 어플리케이션을 위한 고속 음성, 비디오 및 데이터 통신을 가능하게 하는 광섬유 서브시스템 및 구성 요소 전문기업으로, 광학 송수신기, 능동형 광 케이블, 광학 부품, 광 증폭기 등 고속 음성 및 영상 통신에 특화된 제품을 제공하고 있다.

Finisar는 애플로부터 VCSEL의 대량 생산을 위한 3억 9천만 달러 규모의 기술개발 투자 계약을 체결하고 2017년 10월에 설비를 인수해 개발을 시작하였다. 생산 기간을 고려할 때, Finisar의 VCSEL은 아이폰 11이나 사용될 수 있을 것으로 예상된다.

3. Broadcom

Broadcom, Inc.은 1961년 Hewlett-Packard의 반도체 부문에서 독립한 Avago Technologies가 2016년 Broadcom Corporation을 인수하면서 설립된 반도체 제조업체로, 미국 캘리포니아에 본사를 두고 있다. Broadcom은 유무선 통신용 반도체 및 기반 시설 소프트웨어와 관련된 설계, 개발, 제조 등 다양한 분야의 사업을 영위하고 있으며, 동영상 및 멀티미디어 데이터 전송에 필요한 통합 솔루션 및 데이터 센터와 유무선 통신망에서의 폭넓은 서비스를 제공하고 있다.

또한 Broadcom은 디지털 케이블, 위성 및 IP 셋톱박스, 고화질(HD) DVD 플레이어, 개인용 동영상 녹화기(PVR), 케이블 및 DSL 모뎀, 소규모 사업자 및 가정용 게이트웨이(Residential Gateway), 근거리, 광역, 대도시 지역 통신망 및 광 저장장치 영역 네트워크를 위한 고속 스위칭 기술, 시스템 I/O 서버 솔루션, 광대역 보안 프로세서, 무선 및 개인 영역 네트워크, 셀룰러 통신, 이동 멀티미디어 프로세서, 전력 관리, VoIP를 이용한 통신에 필요한 통합 솔루션을 제공하고 있다.

Broadcom은 850nm 파장 대역의 싱글채널 및 멀티채널 10Gb/s, 25Gb/s 급 VCSEL 제품 라인을 보유하고 있으며, 50Gb/s 급 제품에 대한 기술 개발도 완료하였다.



4. Lumentum

Lumentum Operations LLC는 2015년 설립된 광학 제품 전문업체로, 미국 캘리포니아에 본사를 두고 광통신 부품과 광 다이오드 제조 및 판매 사업을 영위하고 있다. Lumentum은 광통신 시스템과 상용 레이저 및 레이저 다이오드와 관련된 다양한 제품군을 보유하고 있다.

라이다와 차량 내부 모니터링을 위한 940nm 파장의 VCSEL이 Lumentum의 주력 제품이며, 그 외에도 800nm~1000nm 파장 대역의 VCSEL 제품 라인을 보유하고 있다. Lumentum은 2015년 11월 대만의 반도체 파운드리 업체 Win Semiconductors와 협력하여 스마트폰에 탑재할 수 있는 형태의 VCSEL 개발을 시작하였고, 개발을 시작한지 21개월만인 2017년 3분기에 애플로부터 3억 달러 규모의 VCSEL 주문을 수주한 바 있다.

■ 국내 VCSEL 관련 기업

국내 VCSEL 관련 업체로는 LG이노텍(주), 서울반도체(주), 옵티시스(주), (주)옵토웰, (주)옵토웨이, (주)레이아이알, (주)에스오에스랩, 다보오에스티(주) 등이 있으나, 규모나 기술 수준 측면에서 해외 업체 대비 열위에 있다. VCSEL 소자를 상용화하여 제조 및 판매 중인 업체는 (주)옵토웰과 (주)옵토웨이 뿐이며, (주)레이아이알은 VCSEL 제조를 위한 에피웨이퍼를 제조하는 사업을, 그 외 업체들은 VCSEL 응용과 유통에 초점을 맞춘 사업을 영위하고 있다.

1. LG이노텍(주)

LG이노텍 주식회사는 종합 전자부품 제조사로 1976년 금성정밀공업으로 설립되어 2000년 현재 사명으로 변경하였으며, 2009년 LG마이크론과 합병하였다. LG이노텍은 모바일 광학 솔루션, 기판 소재, 자동차 전장부품, LED 등의 제조 및 판매 사업을 영위하고 있으며, 매출액 기준 글로벌 카메라 모듈 시장 1위 기업이다. LG이노텍은 애플 아이폰에 탑재되는 VCSEL 기반 얼굴 인식 모듈 페이스 아이디의 제조사로, VCSEL 소자와 회절장치 등 광학 부품 간의 접합 기술을 보유하고 있다.

2. (주)옵토웰

주식회사 옵토웰은 2000년 설립된 전자부품 및 전자통신부품 제조업체로, 옵토웨이와 함께 국내에서는 유이하게 VCSEL 소자를 제조하고 있다. 옵토웰은 VCSEL의 GaAs 기판 위에 결정을 성장시키고 VCSEL 소자를 제작하는 것까지 모두 자체적으로 수행한다. 850nm 파장 대역의 VCSEL 제품과 수광 소자인 포토다이오드, 흡 네트워크용 650nm 가시광 RCLED (Resonant-Cavity Light Emitting Diodes)가 옵토웰의 주 생산품목이며, 센서 및 광통신 어플리케이션용 제품 라인을 보유하고 있다.

3. (주)옵토웨이

주식회사 옵토웨이는 2000년 설립된 반도체 레이저 개발 및 제조, 판매 전문기업으로, 광통신용 및 정밀 센서용 VCSEL과 조명용 LED를 주력 제품으로 하고 있다. 옵토웨이는 VCSEL의



GaAs 기판 위에 결정 성장과 소자 제작까지를 모두 수행할 수 있는 기술력을 확보하였으며, VCSEL 설계 및 제조기술을 기반으로 광링크용 칩, 정밀 광센서용 투파키지 등은 물론 광통신용으로 적합한 FTTH(Fiber-To-The-Home)에 적합한 광송수신용 모듈에 이르기까지 VCSEL 관련 제품군을 갖추고 있다.

4. (주)레이아이알

주식회사 레이아이알은 2007년 설립된 에피웨이퍼(Epitaxial wafer) 생산 전문기업이다. 에피웨이퍼는 반도체의 생산에 사용하는 것으로, 레이아이알은 VCSEL용 에피웨이퍼를 안정적인 수율로 대량 생산할 수 있는 공정을 확보하고 양산 준비 중이다. 레이아이알의 에피웨이퍼 생산 공정은 웨이퍼 식각 공정 전에 웨이퍼를 만드는 단계부터 빛이 통과할 구멍을 만든 뒤 불필요한 부분을 산화하는 방법으로, 산화가 진행되다가 미리 만들어 둔 구멍에 다다르면 저절로 멈추기 때문에 품질 좋은 웨이퍼를 만들 수 있는 장점이 있다.

5. (주)에스오에스랩

주식회사 에스오에스랩은 2016년 설립된 라이다 개발 전문 스타트업 기업이다. 신호 처리 알고리즘과 광학 설계 기술뿐만 아니라 라이다 내의 핵심 부품인 VCSEL, MEMS¹⁰⁾ 등의 자체 설계 기술을 보유하고 제품을 개발하고 있으며, CES 2020에서는 칩 형태의 고정형 라이다 ML-1을 선보인 바 있다. 에스오에스랩은 퓨처플레이의 시드투자와 만도가 주도한 시리즈 A 투자 68억 원 유치에 이어, 한국산업은행의 리드 투자를 시작으로 98억 원 규모의 시리즈 A+ 투자 유치에 성공하며 설립 이래 누적 170억 원 규모의 투자를 유치하였다.

6. 다보오에스티(주)

다보오에스티 주식회사는 다보코퍼레이션으로부터 2016년 분리된 반도체 기자재 및 조명 기구 판매업체로, 글로벌 조명 기구 업체인 Osram의 국내 공식 대리점이다. Osram에서 최근 출시한 850nm 및 940nm 파장의 VCSEL 제품을 판매하고 있다.

10) MEMS(Micro-ElectroMechanical System): 나노기술을 이용해 제작되는 매우 작은 기계를 의미하며, '나노머신'이라는 용어로 불리기도 함. 일본에서는 '마이크로머신'이라는 표현을 쓰기도 하며, 유럽에서는 'Micro Systems Technology' (MST)라고 사용하기도 함.

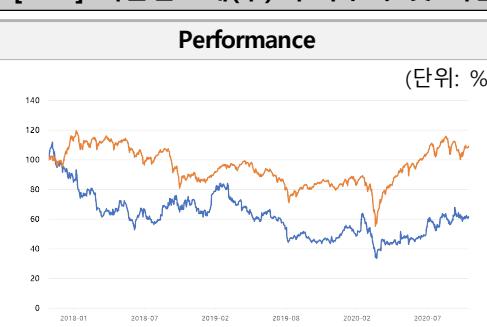


■ 코스닥 기업분석: 서울반도체(주), 옵티시스(주)

[서울반도체] 서울반도체 주식회사는 1987년 설립된 반도체 소자 제조업체로, 일반조명, IT, 자동차, UV 등 광범위한 분야에 적용되는 LED 제품을 연구개발, 생산, 판매하는 종합 LED 제조 기업이다. 2018년 기준 글로벌 LED 시장 매출규모 4위의 기업으로 LED 조명, 백라이트, 스마트폰 플래시, 차량용 LED 등 다양한 제품군을 보유하고 있다.

서울반도체는 2018년 2월 VCSEL 제조 기술 보유 업체인 레이칸을 인수하면서 차세대 VCSEL 제품 개발에 참여하기 시작하였다. 레이칸은 한국전자통신연구원(ETRI) 출신 연구원들이 설립한 기업으로 850nm, 1310nm, 1550nm, 780nm, 1060nm 파장 대역의 광통신용 VCSEL과 1310nm 대역의 RCLED를 개발한 바 있다.

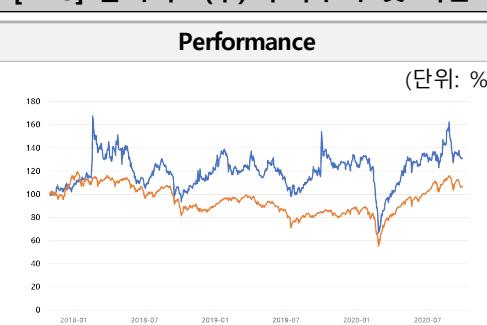
[표 2] 서울반도체(주) 주가추이 및 기본 재무현황(K-IFRS 연결기준)

Performance		Fiscal Year	2017년	2018년	2019년
(단위: %)		매출액(억 원)	11,104.1	11,941.8	11,299.0
		증감률 YoY(%)	16.4	7.5	-5.4
		영업이익(억 원)	982.5	948.9	495.4
		영업이익률(%)	8.6	8.0	4.4
		순이익(억 원)	463.8	626.0	358.4
		EPS(원)	692	1,077	592
		EPS 증감률(%)	11.4	55.6	-45.0
		P/E (x)	40.3	18.0	27.5
		EV/EBITDA(x)	8.1	6.6	8.5
		ROE(%)	6.7	10.1	5.3
		P/B(x)	2.7	1.7	1.4

*출처: DeepSearch, NICE디앤비 재가공

[옵티시스(주)] 옵티시스 주식회사는 1999년 설립된 영상 신호용 디지털 광링크 제조 전문기업으로, 광소자 및 관련 부품 응용 분야에서 풍부한 기술적 경험을 바탕으로 다양한 산업에서 수요가 급증하고 있는 고속 비디오 오디오 신호 전송 및 제어를 위해 광링크 분배기, 스위치 매트릭스 등의 솔루션을 제공한다. 옵티시스는 850nm VCSEL 어레이와 광검출기 소자를 이용한 개인용 컴퓨터 광신호 연결(PC link) 제품군인 Digital graphic interconnection, optical USB extension 및 VCSEL 트랜시버 등의 제품군을 보유하고 있다.

[표 3] 옵티시스(주) 주가추이 및 기본 재무현황(K-IFRS 별도기준)

Performance		Fiscal Year	2017년	2018년	2019년
(단위: %)		매출액(억 원)	179.3	212.8	196.9
		증감률 YoY(%)	4.7	18.7	-7.4
		영업이익(억 원)	21.2	32.5	21.7
		영업이익률(%)	11.8	15.3	11.0
		순이익(억 원)	17.0	27.7	28.3
		EPS(원)	302	492	503
		EPS 증감률(%)	-27.1	62.9	2.2
		P/E (x)	22.0	14.6	15.5
		EV/EBITDA(x)	6.3	5.3	7.6
		ROE(%)	5.3	8.1	7.7
		P/B(x)	1.0	1.0	1.0

*출처: DeepSearch, NICE디앤비 재가공