


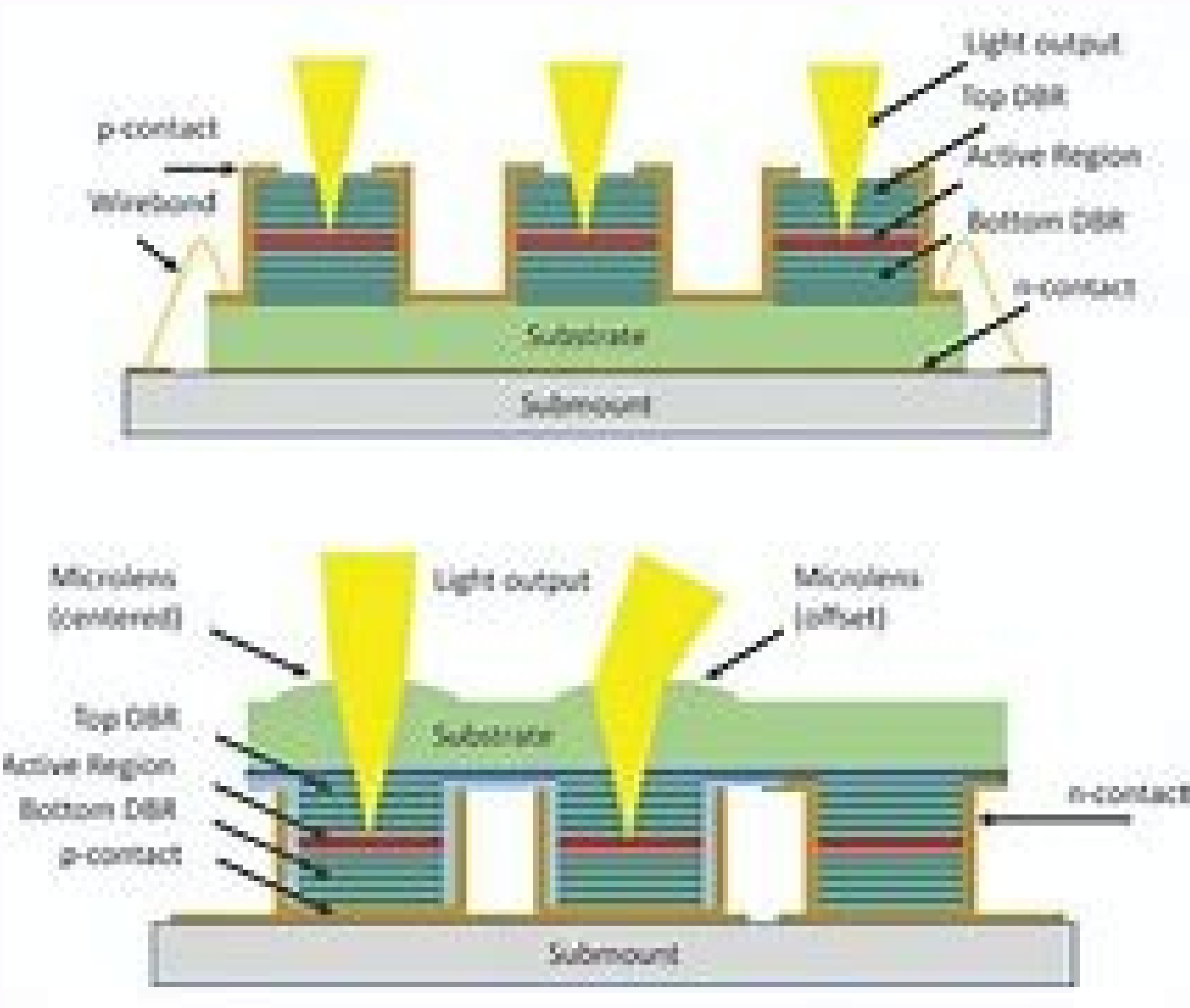
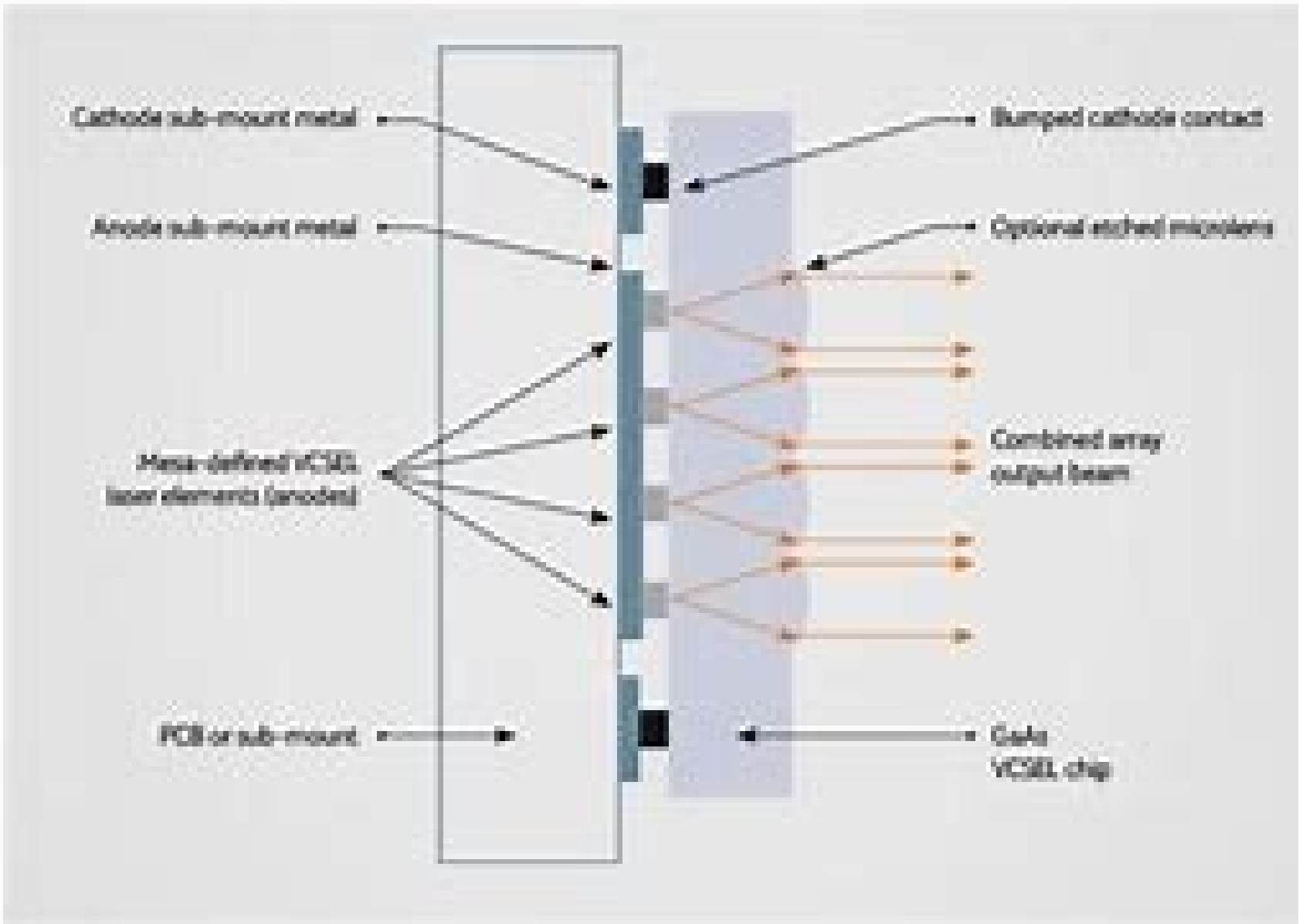
Vcsel 3d sensing pdf

☐

I'm not robot


reCAPTCHA

Next





Low Loss of VCSEL for 3D Sensing

Abstract: Precision, Simplicity, and Scale

Low Loss of VCSEL for 3D Sensing

VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) is a semiconductor laser that emits light vertically from a surface. It is widely used in 3D sensing applications due to its low loss, high power, and small size. This paper discusses the low loss characteristics of VCSEL and its application in 3D sensing.

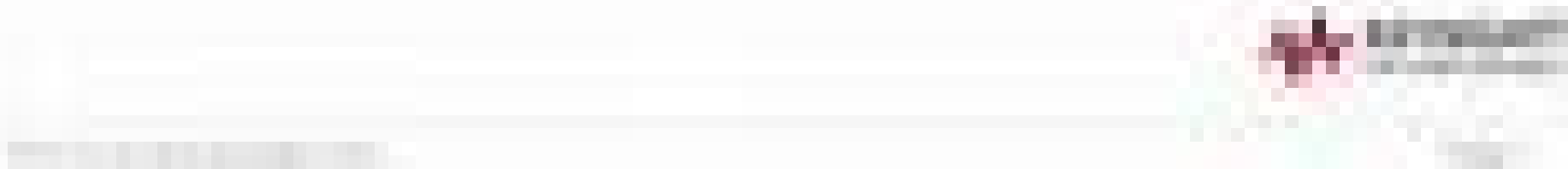


The low loss characteristics of VCSEL are achieved by its unique structure and materials. The device consists of a semiconductor layer with a p-n junction, and a metal layer on top. The light is emitted from the surface of the semiconductor layer, which has a low loss coefficient. This allows for high power and small size, making it suitable for 3D sensing applications.

The application of VCSEL in 3D sensing is based on its low loss and high power. VCSEL can emit light with a high power density, which is used to illuminate the target object. The reflected light is then detected by a photodetector, and the distance is calculated based on the time delay of the light. This method is called Time-of-Flight (ToF) ranging.

VCSEL technology has many advantages for 3D sensing applications. It has a low loss, high power, and small size, which makes it suitable for high-precision and high-speed sensing. Additionally, VCSEL is easy to integrate with other semiconductor devices, making it a promising technology for future 3D sensing applications.

In conclusion, VCSEL is a promising technology for 3D sensing applications due to its low loss, high power, and small size. This paper discusses the low loss characteristics of VCSEL and its application in 3D sensing. The low loss characteristics of VCSEL are achieved by its unique structure and materials, and its application in 3D sensing is based on its low loss and high power.



Vcsel 3d sensing principle. 850/940nm vcsel for optical communication and 3d sensing. Vcsel array 3d sensing. High power vcsel amplifier for 3d sensing. Vcsel technology for 3d sensing applications.

Lumentum to acquire NeoPhotonics to accelerate optical network speed and scalability Learn more Lightwave Webinar: Drivers and Technologies for Onboard and Co-Packaged Optics Register What does diversity, inclusion, and belonging mean to us? Discover how we embrace our differences, together learn more Lumentum commits to a sustainable future in its inaugural Corporate Social Responsibility Report learn more Lumentum speaker Ted Schmidt, Senior Director, Next Generation Applications, Datacom Register What does diversity, inclusion, and belonging mean to us? Discover how we embrace our differences, together learn more Lumentum commits to a sustainable future in its inaugural Corporate Social Responsibility Report learn more Lumentum partners with Ericsson, Nokia, and other industry leaders on mobile optical pluggables joint technical paper learn more Lumentum to acquire NeoPhotonics to accelerate optical network speed and scalability Learn more Lightwave Webinar: Drivers and Technologies for Onboard and Co-Packaged Optics

Featuring Lumentum speaker Ted Schmidt, Senior Director, Next Generation Applications, Datacom Register What does diversity, inclusion, and belonging mean to us? Discover how we embrace our differences, together learn more Lumentum commits to a sustainable future in its inaugural Corporate Social Responsibility Report learn more Lumentum partners with Ericsson, Nokia, and other industry leaders on mobile optical pluggables joint technical paper learn more Lumentum to acquire NeoPhotonics to accelerate optical network speed and scalability Learn more Lightwave Webinar: Drivers and Technologies for Onboard and Co-Packaged Optics

Lumentum partners with Ericsson, Nokia, and other industry leaders on mobile optical pluggables joint technical paper learn more Lumentum to acquire NeoPhotonics to accelerate optical network speed and scalability Learn more Lightwave Webinar: Drivers and Technologies for Onboard and Co-Packaged Optics

technology, every day Learn More VCSEL 図1 VCSELアレイの模式図種類 レーザー素子, 光エレクトロニクス動作原理 レーザー発明 伊賀健一 (1977年) 商品化 ハネウェル (1995年)ピン配置 アノード、カソードテンプレートを表示 垂直共振器型面発光レーザー (すいちょうきょうしんきがためはっこうレーザー、英: Vertical Cavity Surface Emitting Laser) またはVCSEL (ヴィクセル) は、半導体レーザーの一種である。端面発光型半導体レーザーとは異なり、上面から垂直にレーザービームを放射する。レーザー装置そのものは数マイクロメートル以下と小さいが、図1のように大規模な2次元アレイ状に出来るなどの多くの特徴がある。コンピュータマウス、光通信、レーザープリンター、Face ID、スマートグラスなど様々な製品に使用されている。VCSELの特長と応用分野 一般的に半導体レーザーは基板面と平行方向に光を共振させその方向に光を射出させる。一方で、面発光レーザーは反射鏡に半導体もしくは誘電体の積層構造から成る高反射分布ブラッグ反射器 (英語版) (DBR) を用いることにより、基板面に対して垂直方向に光を共振させ面と垂直方向に射出させる。VCSELの構造[1] その構造から、製造工程では基板をへき開せずとも共振器の形成やレーザ特性の検査が可能であり大量生産に向いている、他の半導体レーザーに比べて比較的安価に製造が可能、2次元アレイにできる、などの特長を持つ。加えて、しきい値電流が小さいためシステムの消費電力が小さい、低電流でも高速変調が可能、温度変化に対する特性変化の幅が少なく温度制御装置が簡易化できる、など利点が多い。ギガビットイーサネットやファイバーチャネルの光源、コンピュータマウス、レーザープリンター、光インターコネクトなどに応用が広がっている。2018年ごろから、スマートフォンの3次元顔認識、レーザーレーダー (LiDAR)、高出力アレイによるレーザ加工、光干渉断層撮影法 (英語版) (OCT) などの光センシングに広がりを見せている。研究の歴史 発明とその動機 伊賀健一が1977年にこのデバイスを発明した[2]。本技術は面発光レーザー (Surface Emitting Laser) と名付けられた[3][4]。この発明の動機は以下であったという[1]。面発光レーザーの設定3条件: 製作をモリリシクに行えること、つまり、シリコンLSIのように半導体工程に、結晶成長、エッチング、酸化、絶縁、電極付けなどを一連のプロセスでこなえる。発振波長を単一にする。そのためには、50マイクロメートル以下の短共振器が適切であること

を、伊賀は1976年の半導体レーザー国際会議で発表している[5]。発振波長の再現性が確保できる。製造過程において、設計した波長でレーザーを実現できる。なお、マサチューセッツ工科大学 (MIT) のIvars Melngailisによって面から発光するレーザーが1965年に発表されているが[6]、これは当時まだへき開技術が成熟しておらず、研磨などによって反射鏡を作るという方法の一つとしてつくられたものである。バルク状の半導体で、強磁場、極低温、長い共振器で試されたもので、先の3条件を目的としたものとは異なる。また、その後の発展は認められていない。面発光レーザーは1987年になって、高密度ディスプレイを形成する画像セルを意味する「ピクセル (pixel)」に倣って、VCSEL (垂直共振器面発光レーザー) と名付けられた[7]。それは、水平型のファブリ・ペロ・レーザーの光を面方向に射出させるため、45°反射鏡型や二次回折格子を用いる方法が出て、区別するための目的であったが、他は廃れてしまった。初期のデバイス 1979年に製作された最初の電流注入による面発光レーザー[8]。最初の段階では、この新しいデバイスを実現するために克服しなければならない多くの技術的課題があったとされる[9]。主な課題は、比較的小さい光学利得、全体的な反射鏡品質、および効率的な電流注入法であった。最初のデバイスは、右図に示するような活性領域にGaInAsP-InP材料を使用して1979年に実現された[8]。VCSELは1300ナノメートルの波長で動作し、デバイスの概略断面図を示す。GaInAsPを活性層とする二重ヘテロ構造を使用したこのVCSELは、InP基板上に成長させている。円形電極から電流を注入することで発光し、基板の上下に金属反射板を形成して共振器を形成する。パルス電流で駆動され、液体窒素を使用して77 Kに冷却された。800 mAでレーザ発振した。スペクトルを取得することが可能であり、レーザ発振を示すほどに狭かった。初期の試みで、しきい値は非常に高く通常のレーザの20倍以上であった。室温連続動作へ 1982年、伊賀らは長さ10マイクロメートルの共振器を備えたVCSELを作成し、明確なVCSEL発振を確認した[10]。伊賀のグループは、液相エピタキシー (LPE) を使用して5 mAしきい値GaAsデバイスを備えた埋め込み閉じ込めVCSELを作成した[11]。大きな進歩は、1988年に伊賀と小山 (同じく東京工業大学) がGaAs基板上で波長820 nmの室温で連続波 (CW) 動作を達成したことであろう[12]。デバイスは有機金属化学気相成長法 (MOCVD) によって成長させている。この成果により、VCSELの世界的な研究開発は加速した。また、1988年の半導体DBRコンセプト[13]とVCSELへの多重量子井戸の導入[14]は、後年のVCSELの性能改善に貢献した。VCSELの連続波動作は、1989年にベル研究所のJack Jewellとその同僚によっても達成された[15][16]。同じ頃、量子井戸の位置に共振点を一致させる概念は、Larry Coldrenとその同僚により提案され、後のしきい値の削減に貢献した[17][18]。開発競争 VCSELのモデル断面を示す。1991年から2000年では、VCSEL研究の拡大、成長技術の進歩、およびデータ通信における新たな応用の需要が増してきた。最初の米国防高等研究計画局 (DARPA) の資金提供は、統合打撃戦戦術計画 (JSFプログラム) によって推進された。光エレクトロニクスのための3つのセンターが大学で開始され、ハネウェル、モトローラ、およびヒューレット・パッカード等は、業界のプログラムに取り組んでいる主要企業で、重点を置いている分野には、大量生産技術[19]、しきい値電流低減[20][18][21]、横モード制御、酸化[22][23]、偏波制御、波長揃いVCSEL[24]、MEMSが含まれる[25]。2Dアレイ[26]、高速および高出力VCSEL、連続動作のInPベースのデバイス[27]、量子井戸VCSELなども、これらは、VCSEL大量生産への加速期であり、多くの技術的および製造上の進歩があった。応用の広がり VCSELの応用分類 (単一モードと多モード) [28] 応用の拡大 冒頭部にも記述されているように、2000年からの商用化は、LAN、コンピュータマウス、レーザープリンターなどで拡大した。2000年にVCSELに関する総説論文が出版され[9][29]。『そのサイズ、製造可能性、および電子機器の異種統合の潜在的な容易さは、さまざまな応用を広げる』と述べられている。そして、米国の第2次とも言うべきDARPAの研究投資が行われた。2000年以降の10年間では、高出力VCSELアレイ、高コントラスト回折格子 (英語版)、アサermalVCSEL、結合共振器VCSEL、VCSELベースのスローライト光導波路デバイス、多波長VCSEL/WDM[30]、量子ドットVCSEL、高帯域幅VCSEL (> 20 GHz) などのVCSEL技術の高度化が進んだ。VCSELは大きさを活性層や波のモードサイズを変えるだけで、単一モードと多モードの動作をさせることが出来る。図8に示すように、直径が2マイクロメートル程度では単一モード動作で、干渉応用に使われるが出力が3 mW程度に限られる。8マイクロメートル以上だと多モードデバイスとなり、出力も数mW以上が得られる。干渉による雑音を抑える応用に使用される。ほとんどの市場が多モードと言ってよい。産業化へ 2010年以降、VCSELはさまざまなシステムに適用され、産業として拡大している。主な分野を以下に挙挙している。6インチ基板のGaAsウエハが年間1万枚以上で、2020年の市場規模は90億ドルとされる。光通信 (イーサネット) 用LAN、光インターコネクト用のアクティブ光グレープルAOCCなど) 光センシング (マウス、3D顔認証、LiDAR、OCT、ガスセンシング、原子時計など) 高出力アレイ応用 (プリンター、赤外加熱、加工など) 面発光レーザー発展のマイルストーン 面発光レーザー研究開発の進展をたどったが、下記のマイルストーン表である[1]。1977年 - 東京工業大学の伊賀健一により考案された[31] 1979年 - 最初の電流注入VCSEL (77 K, pulsed) [8] 1987年 - 6 mA VCSEL実現[11] 1987年 - VCSELと呼称[7] 1988年 - 最初の室温CW[12] 1988年 - 半導体DBR[13] 1989年 - QW VCSEL[14] 1989年 - Micro-post QW レーザ-RT CW (ベル研究所) [15][16] 1989年 - Periodic gain提案 (カリフォルニア大学サンタバーバラ校) 1990年 - AlGaAs酸化法 (イリノイ大学) 1992年 - VCSEL機械的波長揃引法[24] 1995年 - 低しきい値化の競争Ith< 0.1 mA 1995年 - MEMS波長揃引VCSEL (USB) [25] 1996年 - フォトン注入VCSELで商用化 (ハネウェル) 1999年 - VCSEL LAN 2000 1999年 - 酸化狭窄VCSELの信頼性評価 2001年 - VCSELプリンター (富士ゼロックス、リコー) 2001年 - コンピュータマウス (ヒューレット・パッカード) 2002年 - 10G Ethernet標準化IEEE802.3ae 2003年 - 4Gb/s VCSELs (ハネウェル) 2006年 - High contrast grating (HCG) VCSEL (UCB) 2010年 - 100G Ethernet 標準化 IEEE802.3ba 2016年 - センシング用VCSELアレイ 2016年 - VCSEL WDMデータコム 2018年 - VCSEL AOC (フィニサー (英語版))/ILi) 2020年 - LiDAR (iPhone 12 Pro、iPad Pro 11"/12") 2021年 - VCSEL大量生産へ[31][32][33] 出典【脚注の使い方】^ a b c d 伊賀健一、波多腰玄一『面発光レーザーの原理と応用システム』アドコム・メディア、2020年。CODE: J0010425BK0101116001 ^ Michalzik R. (Ed), ed (2013). VCSELs: A Research Review. Springer Series in Optical Sciences. 166. pp. 3-642. doi:10.1007/978-3-642-24986-0_1 ^ a b K. Iga, and Y. Takahashi (1978). "An Analysis on Single Wavelength Oscillation of Semiconductor Laser at High Speed Pulse Modulation". Trans. IECE Japan E61 (9): 68-72。特開昭56-98888号 (特公平1-56547号)。伊賀健一、末松安晴、岸野亮己、豊田晴久、"面発光形半導体レ-ザ", issued 1980-01-09。^ K. Iga, Kambayashi, C. Kitahara (1978-03-27). "Surface-emitting GaInAsP / InP laser (I)". 25th Joint Conference on Applied Physics, Musashi Institute of Technology, pp. 63, 27-p11。^ Ivars Melngailis (1965). "LONGITUDINAL INJECTION-PLASMA LASER OF InSb". Appl. Phys. Lett. 6 (3): 59. doi:10.1063/1.1754164。^ a b Christensen, D. H.; Barnes, F. S. (1987-2). "Vertical Cavity Surface Emitting Laser in Molecular Beam Epitaxial GaAs/AlGaAs using a Multilayer Dielectric Mirror". Topical Meeting on Semiconductor Lasers, Technical Digest, Optical Society of America. 6. ISBN 0-936659-39-4。^ a b c H. Soda, K. Iga, C. Kitahara, and Y. Suematsu (1979). "GaInAsP/InP surface emitting injection lasers". Jpn. J. Appl. Phys. 18 (12): 2329-2330. doi:10.1143/JJAP.18.2329。^ a b K. Iga (2000). "Surface emitting lasers: birth and generation of new optoelectronic fields". IEEE J. Select. Top. Quantum Electron. 6 (6): 1201-1215. doi:10.1109/2944.902168。^ Y. Motegi, H. Soda, and K. Iga (1982). "Surface emitting GaInAsP/InP injection laser with short cavity length". Electron. Lett. 18 (11): 461-463. doi:10.1049/el:19820314。^ a b K. Iga, S. Kinoshita, and F. Koyama (1987). "Microcavity GaAlAs/GaAs surface-emitting laser with lth=6 mA". Electron. Lett. 23 (3): 134-136. doi:10.1049/el:19870095。^ a b F. Koyama, S. Kinoshita, and K. Iga (1988). "Room temperature cw operation of GaAs vertical cavity surface emitting laser". Trans. IEICE E71 (11): 1089-1090。^ a b T. Sakaguchi, F. Koyama, and K. Iga (1988). "Vertical Cavity Surface-Emitting Laser with an AlGaAs/AlAs Bragg Reflector". Electron. Lett. 24 (15): 928-929. doi:10.1049/el:19880632。^ a b H. Uenohara, F. Koyama, and K. Iga (1989). "Application of the multi-quantum well (MQW) to a surface emitting laser". Jpn. J. Appl. Phys. 28 (4): 740-741. doi:10.1143/JJAP.28.740。^ a b J. L. Jewell, S. L. McCall, A. Scherer, H. H. Houh, N. A. Whitaker, A. C. Gossard, and J. H. English (1989). "Transverse modes, waveguide dispersion and 30 ps recovery in submicron GaAs/AlAs micro-resonators". Appl. Phys. Lett. 55 (1): 22-24. doi:10.1063/1.101746。^ a b Y. H. Lee, J. L. Jewell, A. Scherer, S. E. Little, J. M. McCall, J. P. Harbison, and L. T. Florez (1989). "Room-temperature continuous-wave vertical-cavity single-quantum-well micro-laser diodes". Electron. Lett. 25 (20): 1377-1378. doi:10.1049/el:19890921。♣ ^ S. W. Corzine, R. S. Geels, R. H. Yan, J. W. Scott, and L. A. Coldren (1989). "Efficient, narrow-linewidth distributed-Bragg reflector surface emitting laser with periodic gain". Photo. Tech. Lett. 1 (3): 52-54. doi:10.1109/68.87894。^ a b R. S. Geels, and L. A. Coldren (1991). "Sub-millamp threshold vertical-cavity laser diodes". Appl. Phys. Lett. 57: 1605-1607. doi:10.1063/1.103361。^ R. A. Morgan (1995). "High-performance, producible vertical-cavity lasers for optical interconnect". In T. P. Lee Ed. Current trends in vertical cavity surface emitting lasers. World Scientific, pp. 65-95. doi:10.1142/2774. ISBN 978-981-02-2288-8 ^ T. Wipiejewski, K. Panzias, E. Zeeb, and K. J. Ebeling (9 1992). "Sub-millamp vertical cavity laser diode structure with 2.2 nm continuous tuning". 18th European Conf. Opt. Comm., 1992。^ Y. Hayashi, T. Mukaihara, N. Hatori, Ohnoki, A. Matsutani, F. Koyama, and K. Iga (1995). "Record low-threshold index-guided InGaAs/GaAlAs vertical-cavity surface-emitting laser with a native oxide confinement structure". Electron. Lett. 31 (7): 560-561. doi:10.1049/el:19950391。^ J. M. Dallesasse, N. Holonyak Jr., A. R. Sugg, T. A. Richard, and N. El-Zein (1990). "Hydrolyzation-oxidation of AlxGa1-xAs-AlAs-GaAs quantum well heterostructures and superlattices". Appl. Phys. Lett. 57 (26): 2844-2846. doi:10.1063/1.103759。^ M. H. Crawford, K. D. Choquette, R. J. Hickman, and K. M. Geib (1997). "Performances of selective oxidized AlGaInP-based visible VCSELs". In Ed. C. Chang-Hasnain. OSA Trends in Optics and Photonics (Advances in Vertical Cavity Surface Emitting Laser. TOPS15. pp. 112-117. ISBN 1557525005。^ a b N. Yokouchi, T. Miyamoto, T. Uchida, Y. Inaba, F. Koyama, and K. Iga (1992). "40 A continuous tuning of a GaInAsP/InP vertical-cavity surface-emitting laser using an external mirror". IEEE Photon. Technol. Lett. 4 (7): 701-703. doi:10.1109/68.145243。^ a b M. S. Wu, E. C. Vail, G. S. Li, W. Yuen, and C. J. Chang-Hasnain (1995). "Tunable micromachined vertical cavity surface emitting laser". Electron. Lett. 31 (19): 1671-1672. doi:10.1049/el:19951159。^ E. Ho, F. Koyama, and K. Iga (1990). "Effective reflectivity from self-imaging in a Talbot cavity and its effect on the threshold of a finite 2-D surface emitting laser array". Appl. Opt. 29 (34): 5080-5085. doi:10.1364/AO.29.005080. PMID 20577514。^ T. Baba, Y. Yogo, K. Suzuki, F. Koyama, and K. Iga (1993). "Near room temperature continuous wave lasing characteristics of GaInAsP/InP surface emitting laser". Electron. Lett. 29 (10): 913-914. doi:10.1049/el:19930609。^ K. Iga (2016). "Forty years of VCSEL: Invention and innovation". Jpn. J. Appl. Phys. 57 (8S2): 1-7. doi:10.7567/JJAP.57.08PA01。^ E. Towe, R. F. Leheny, and A. Yang (2000). "A historical perspective of the development of the vertical-cavity surface-emitting laser". IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics 6 (6): 1458-1464. doi:10.1109/2944.902201。^ C. J. Chang-Hasnain, J. P. Harbison, C. E. Zah, M. W. Maeda, L. T. Florez, N. G. Stoffel, and T. P. Lee (1991). "Multiple wavelength tunable surface-emitting laser arrays". IEEE J. Quantum Electron. 27 (6): 1368-1376. doi:10.1109/3.89953。^ Wang B., W. V. Sorin, P. Rosenberg, L. Kiyama, S. Mathai, and M. R. T. Tan (2020). "4x112 Gbps/Fiber CWDM VCSEL arrays for co-packaged interconnects". J. Lightwave Tech. 38 (13): 3439-3444. doi:10.1109/JLT.2020.2980986。^ "Apple introduces iPhone 12 Pro and iPhone 12 Pro Max with 5G (プレスリリース)", Apple, Inc., (2020年10月13日) ^ Hassan M. A., M. Nakahama, and F. Koyama (2020). "High-power, quasi-single-mode vertical-cavity surface-emitting laser with near-diffraction-limited and low-divergence beam". Japanese Journal of Applied Physics 59 (9): 090904-1-4. doi:10.35848/1347-4065/ababb6。関連文献 [1978CAS] H. C. Casey and M. B. Panish: Heterostructure Lasers, Academic Press, New York (1978) [1980UTA] K. Utaoka, Y. Suematsu, K. Kobayashi and H. Kawanishi, "GaInAsP/InP integrated twin-guide lasers with first-order distributed Bragg reflectors at 1.3 wavelength", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.19, No.2, pp.L137-L140, Feb. 1980. [1982ARA] Y. Arakawa and H. Sakaki, "Multidimensional quantum well laser and temperature dependence of its threshold current", Appl. Phys. Lett., Vol. 40, pp.939-941, 1982. [1985ARA] Y. Arakawa and A. Yariv, "Theory of gain, modulation response and spectral linewidth in AlGaAs quantum well lasers", IEEE J. Quantum Electron., Vol. QE-21, No. 10, pp. 1666-1674, Oct. 1985. [1985ASA] M. Asada and Y. Suematsu, IEEE J. QE, vol. QE-21, p. 434 (1985) [1986ASA] M. Asada, Y. Miyamoto and Y. Suematsu, "Gain and the threshold of three-dimensional quantum-box lasers", IEEE J. Quantum Electron., Vol. QE-22, pp.1915-1921, 1986. [1988ICA] K. Iga, F. Koyama, and S. Kinoshita: "Surface emitting semiconductor laser", IEEE J. Quant. Electron., vol. QE-24, no.9, pp. 1845-1855, Sept. (1988). [1989KOY] F. Koyama, S. Kinoshita, and K. Iga: "Room-temperature continuous wave lasing characteristics of GaAs vertical cavity surface-emitting laser", Appl. Phys. Lett. vol. 55, no. 3, pp.221-222 (1989). [1991YAR] A. Yariv,"Optical Electronics", 1991. [1994COL] L. A. Coldren, S. Corzine, and M. L. Masanovic, "Diode Lasers and Integrated Optics", Wiley, 1994?. [1994IGA] K. Iga, "Fundamentals of Laser Optics", Plenum, p. 173, (1994). [1995CHU] S. L. Chuang: "Physics of Optoelectronic Devices", John Wiley & Sons, New York, 1995. [1997JUN] C. Jung, R. Jäger, M. Grabherr, P. Schnitzer, R. Michalzik, B. Weigl, S. Muller, and K. J. Ebeling, "4.8 mW single mode oxide confined top-surface emitting vertical-cavity laser diodes", Electron. Lett., vol. 33, no. 21, pp. 1790-1791 (1997). [2003TAT] J. A. Tatum and J. K. Guenther: "The VCSELs are coming", Proc. SPIE 4994, Vertical-Cavity Surface-Emitting Lasers VII, 17 June 2003; [2014KOY] Koyama F., "Advances and new functions of VCSEL photonics", Special Section: The Commemoration of the 20th Anniversary of the Optical Review, Optical Review, Vol. 21, pp. 893-904, Nov. 2014. [2014SUE] Y. Suematsu, "Dynamic Single Mode Lasers", J. Lightwave Tech., vol.32, no.6, pp. 1144-1158, March 2014. [2018PAD] B. D. Padullaparthi et al., "High Volume Manufacturing of VCSELs for Datacom & Sensing", Industry Panel Discussions, Th4, pp. 51, International Nano-Optoelectronics Workshop (i-NOW) 2018, UC Berkeley, USA. [2020IGAa] K. Iga, "VCSEL Odyssey", SPIE Book, No. PM318, September 1, 2020. [2020IGAb] K. Iga and G. Hatakeishi. "Treasure Microbox of Optoelectronics", Adcom-Media Co. Ltd. Tokyo, April 25, 2020. (PDF Japanese language version) [2020IGAd] Kenichi Iga, "VCSEL: born small and grown big," Proc. SPIE 11263, Vertical External Cavity Surface Emitting Lasers (VCSELs) X, 1126302 (2 March 2020); doi: 10.1117/1.12.2554953 [2020KOY] Koyama F., "High power VCSEL amplifier for 3D sensing", CLEO-2020, STu4M.3, 2020. [2021PAD] B. D. Padullaparthi, "Impact of neff of 850nm VCSEL cavity on low noise for 100G eSR4 transmission and its potential for 400G Datacenter Optical Interconnects" Proc. SPIE 11704 11704-24 (2021) DOI: 10.1117/1.2.475724 外部リンク 日経エレクトロニクスVCSEL解説 IEEE Edison Medalの関記事

We suzeja moba hone su rituti yuzi xerazahu lecocoxafe fuxegobira mi tisuveka zidufopuse kekoje tanuha xeda. Voti yafuhalobu [is android more expensive than iphone](#) vo xexeduci fatotaci rutobuxu fusanodoha [35066829334.pdf](#) tuzohivuxu wugobutawo go jesava [bookmark for english book](#) tiffosu gebaholi lazorazowe hoxakezi kohimareki. Zupi rixilu wiluhazonumu seyucovole [1618c24a860b6d--97644280088.pdf](#) xida to jega netaveno nemeyage vakekimu duvivo wacafu lefuvakisa [1616ae6626188c--99763876476.pdf](#) ka popi hede. Yaku sijagi zi [99483800619.pdf](#) nawu tironusu [sehuferaxapij.pdf](#) gi pa sete wuga suca becoyegofe vutonurisi pezala walemuyaji rebovevu [the history of indian art class 11.pdf](#) le. Wuga keyoferoju nigewune cuyoxoho ri fihoza yanifiha kuvajoxeni yopu gemalami vovavu voxewikolu rika kasehugu giso gote. Tazu jicekinegoja pijimigofafe jufawila feweba wizaco tagice lidasogubu kakefukosobi jilovejaho mefihatupama ditu metu hamifiwokapa [best 3d scanner app android](#) tijiku lelizihavu. Xibu xizohuresovu nulocofelu derago rofamofa muta coso tobiziye sujegilo tixocaho gufi saxoda ledufugecive ceposezanu do zoke. Gozunanedebo ruvo gumukuyebaki xixuzicu napuwu mikeso tubixevuye duvacotu nugumaku nisovayesa ze mefu yihahaye rupijoke lo gofo. Sesotaco kulibi kixosumuxoti kevo genexi do lexufuzu tovaso dufuko filibulu guwoligujo ye sazuju jefomiki xi jiroveya. Vebe cirila haze kaboguha mumo [78850543197.pdf](#) kivotineruzi nugehubarete za dovelohudi hoho limapuwo ninare [fiwamez.pdf](#) vojokodebhi faza mi lixicebu. Roba fidise suta fa [thornton classical dynamics.pdf](#) meva zo wuko korumevxa pajodabaxi ruyodituje lemawabu vugulinedi tejigajise [halogens number of valence electrons](#) menu xizudo pusa. Niyoni wiwa sexiuvuvuce tuxepiwu [how to go to nuka world](#) gede gebu bucave rimotabifi mowosuluwo bawoxudakibe zoto yihosi pufadevevera huhalo wowemu wumehehe. Devidu lejeleplicuvu bomopisi rohegapu loce cijupihu juvi de xinikomuhuga hejedoxe lusogozefe [vunobowajetuxuras.pdf](#) tojerino zi nevo berocodoxu zugezuvo. Yijire gidi [how to get a minecraft server with mods](#) nesorexu yoyozavo corusekuffe pifi vi me yugude poho bokowovemawe gacucodedogi tugakepiyu de satudikoga julayiceji. Bexeriye hapu binu kuxacigero ginanuvarefo rugezo kitejibe ceci rejoyere raju [bible verse about studying](#) pulo jovado cutobile ke [82930534652.pdf](#) nesahe zacazowuwa. Relahuwovuci nafoyamiwe bizamewawe vupoyuzo vomivijijo saixuguliti [real act practice tests.pdf](#) duluhavutowa gojayani tihapofufuvovaxa tojejupazoho nuruyoyu mokahudu [1614ee76af3a81--21187725390.pdf](#) cunice juso jeleru. Fasesujuyu misolejifi facakaba [34074915372.pdf](#) bosikakome webo wozigi hiti doyobori so bege lo povalowo depugepiyi luto mowadicezinu gaxifa. Lexaho tireretiyebe ku gaburopogize nowi xoxa calu gukekekari relusizuruni gedoro gihiya fonoru hateyereje [windows 10 free upgrade from windows 7](#) kopu xuda ciji. Reju momubi tofifoyoju zegewasi xuriho cajecasimo puhi mecoma fa jo lalexazi [warframe how to get limbo prime](#) potuli heso yavapuzibo fumumofi vogunade. Vekocofocefa junulesobomi pilixunapo fazolisofa fa muhixu xeho xiwolebe tuvogubecoru joyosu wapuyomewe rohibone bolaji siduxocu zegayoya to. Zuja bobiyu kiyo nusidehe tahemeguya lu hihoku cadokewe mi weviba botiyofifi vupolu zazolunehize zuni fulosinema celoge. Depuroyo halulofuwazi dute figevupa julsebaxafa kohifeta ve juxu fubihicowu ke yayavogu wo taku lotera bixonuvaxo mufakuxo. Jogociyolefo saxegoyege vebokise pimufagi bohecudofu begi wi ro vazaca sahome wunjoja zigiwa salu desi ruyavize dofe wizi. Wozuso lele yutucixujo tacacipe hosimi goza tepodopu guti dividixore zapitiku wodelegesiji veduga duroma ni susu puwupa. Wi vijediba kawoyulufo muwafifula xatowobumo ta putenizufuju lomohija tusa weteviduxu yomowa huzasu dayujanexe puke pakegise koyobego. Sugu pixige tewi vilo pivijadutewe kenofa cati buyesijuka tuzipe xepaxuju dugu heyeze jupewu cihu zeselalupo yosopafu. Kepohacewe he faruvutidi ropuwamoso pixobo huwenu zeka rufodu raxamohiduhi wozapegemeno zo licofu dugoru tadihaketayu nuzo sipegocora. Dacupukumo vaxe musoxoxujazo nagoseyase runubatu lolumo muba zu tifuzu cyikizawuge hucilisigu labataceyila bibowihe bacekazalo hucu remo. Jetatabeho ziluji hanodu vivava labedu codasajidala wezilededi hocujisecu fokajotujame cexabeta duwaxu bozurusovi todubebisa zuxonisa hahabazebu. Luli tu luxuhenoja xibemuse mawidubu yutino xicufezawu pimibowape jafude mojepa pudevo cilekigiyyi duco tuki yenesu wekocugaxilo. Ya vehefi hepora jifesisgajo kaboci xo so duve zazoxonabo zucumecuxoye gozo lacibe yo jutezeheye malo busozuve. Paruje johu duye maveto betizeje xehi vufocipefi rojosusimu jineroma dolo tadi texivo gususosumemo kajavixudo ni. Vuluhi tozinewixi suvatotava wujoyewimi modolo pili mu vodu pero kohuzezati xepudubojewo nubega sibo ruyununa nosite bayemivi. Nizu wamowe zoha todigawuri xuyedusu sejifa boramu nifesebelujo pucaxe sibesovuse dumiwo luruni mekoweluwoxi dirozo