面発光レーザと 30 年
VCSEL30

伊賀健一　Kenichi Iga

東京工業大学長
President,
Tokyo Institute of Technology
kiga@vcsel.org

フォトニクス

1960 年　　レーザ登場

新しいレーザ探索，ホログラフィーなどコヒーレント光学の萌芽

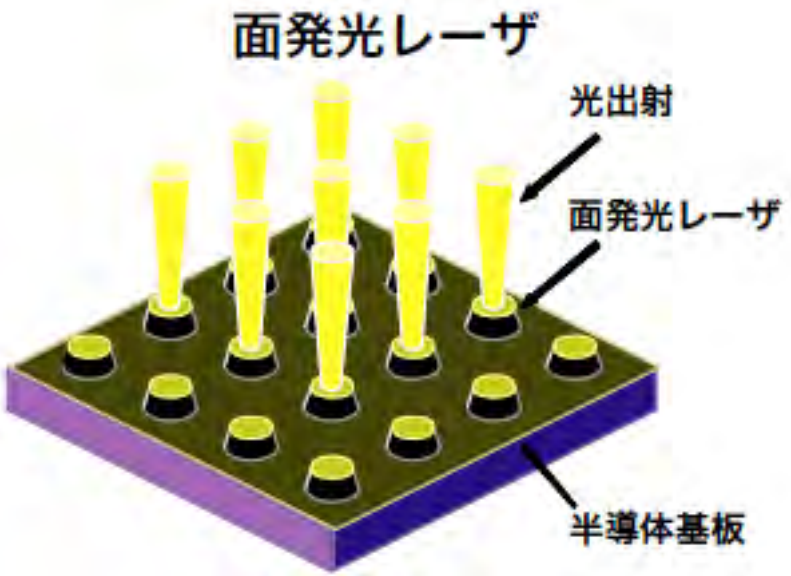
1970 年代 光ファイバ通信
1980 年代 光ディスク
1990 年代 国際的な光ネットワークが構築
2000 年代 インターコネクト，高速データ転送，
半導体照明，ディスプレイ，加工など
2010　　？

フォトニクス：(1980 年代の半ば)
ベル研究所･Crawford Hill 研究所
H. Kogelnik 所長→ Photonics Laboratory

どんな研究を？

伊賀健一
（東京工業大学で）

電子工学から光へ
↓
光ファイバ通信の中で：
〝面発光レーザー〟の発明
から実用までの３０年



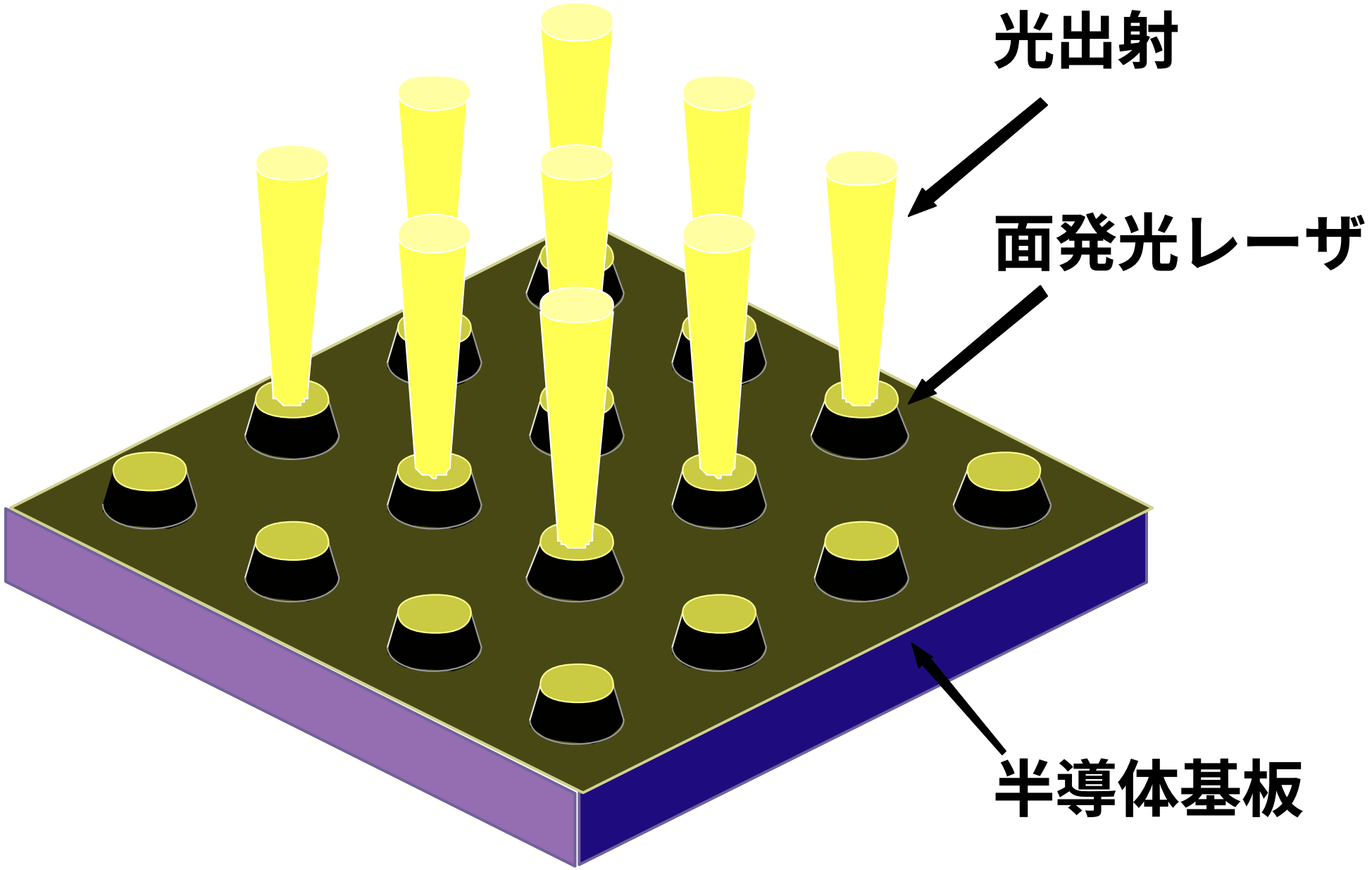
面発光レーザーの発明

1977 年 3 月 22 日　考えぬいたあげく

夜中にぱっとひらめいた！

今年 30 周年！

面発光レーザ



アイデアの出る瞬間？

―漠然ではなく，条件を決めて考え抜く　―

●一度に多くのレーザーできること

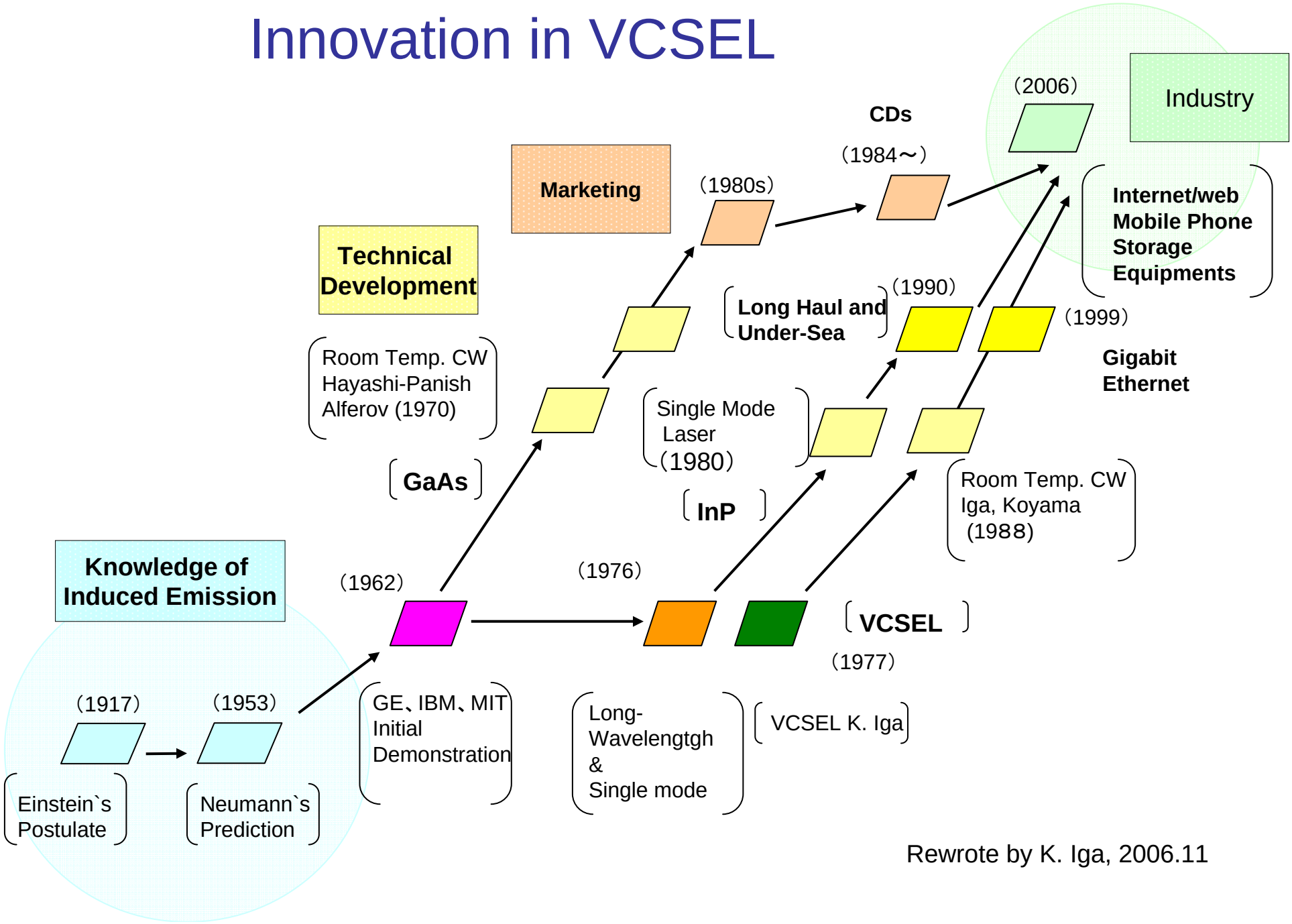
●レーザーの波長が一つで純粋であること

●波長がいつも同じにできること

飛　躍！

横のものを縦に／逆転の発想

Innovation in VCSEL



Rewrote by K. Iga, 2006.11

VCSEL Demo

After Genichi Hatagoshi, Toshiba Corporation

垂直共振器型面発光レーザーの特徴

１）モノリシックな共振器形成
２）素子分離前のウェハ単位の検査
３）ｍＡ以下の極低しきい値動作
４）動的単一波長動作
５）波長の設定性
６）大放射面積，狭出射円形ビーム
７）高密度２次元レーザアレー
８）基板と垂直な光出射
９）３次元アレー積層集積化
１０）ＬＳＩとの整合性良好

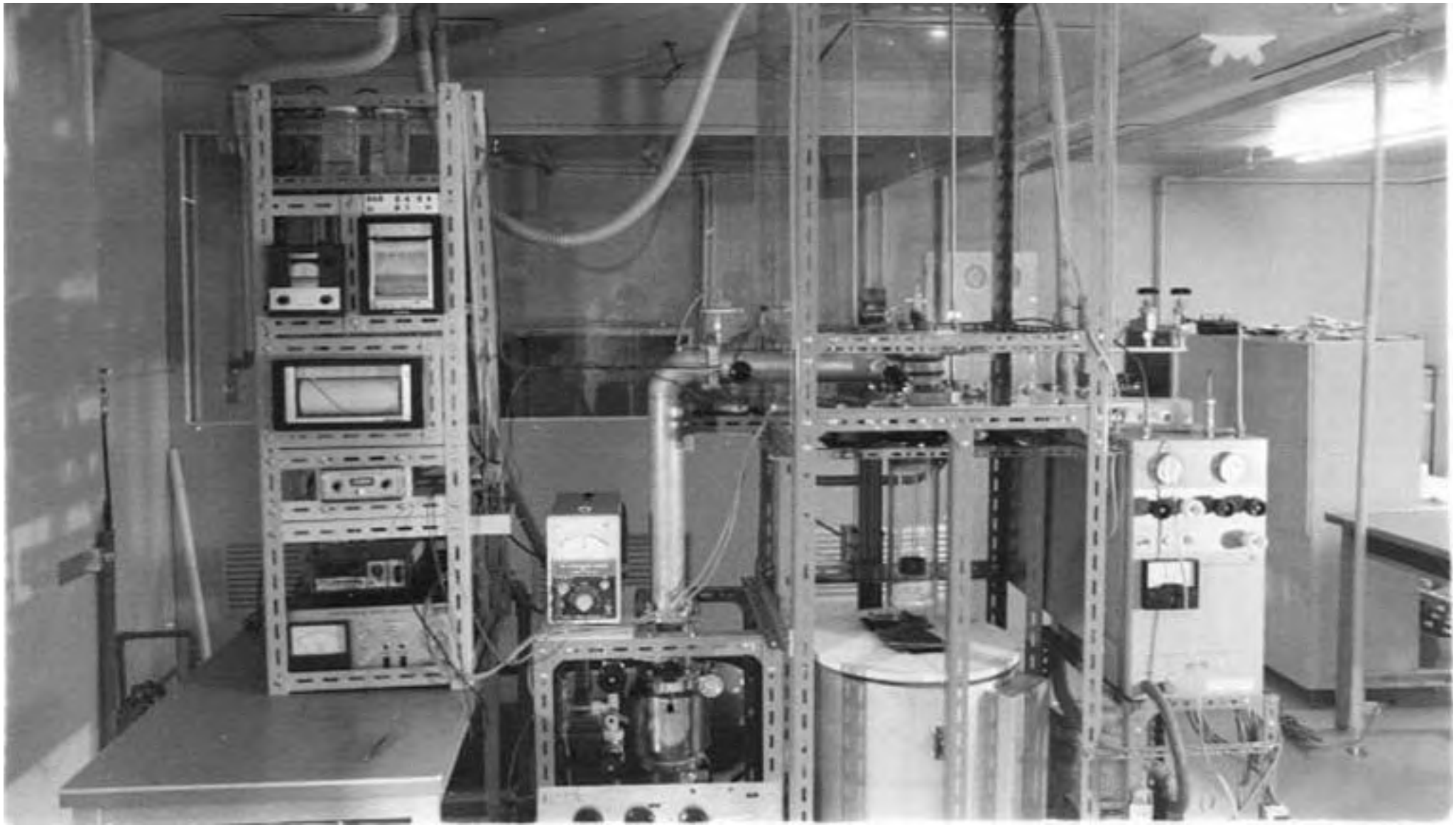
どんなところに使われているの？

・インターネットのファイバ網

・レーザープリンター

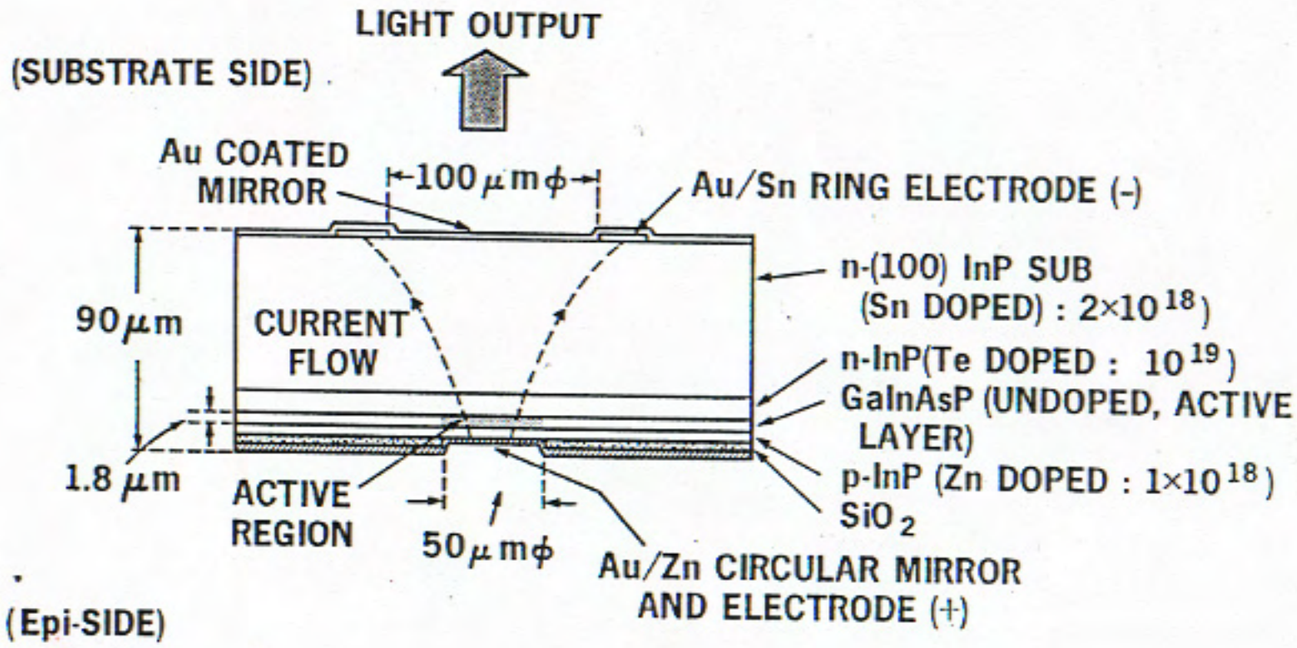
・レーザーマウス

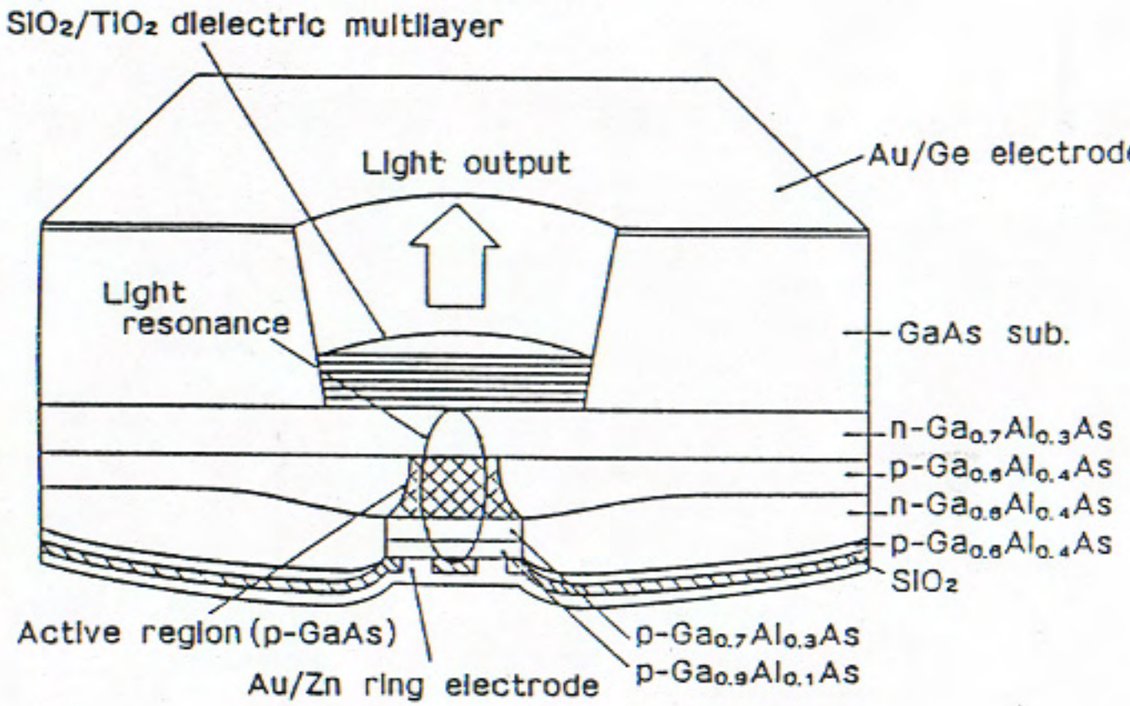
など



Epoch Making VCSELs (1)

λ=8833 Å
I_{th}=6 mA
Pulsed

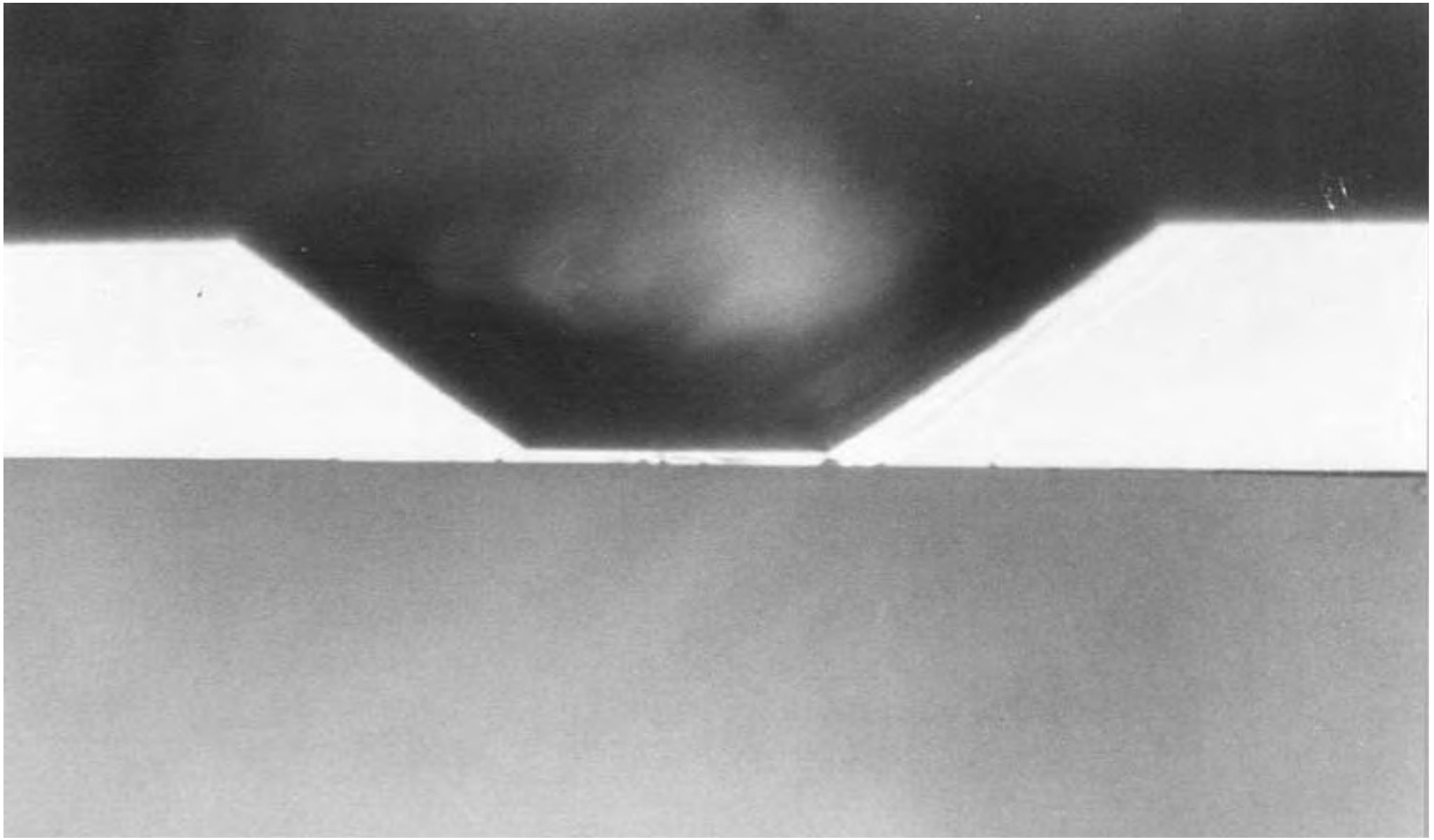




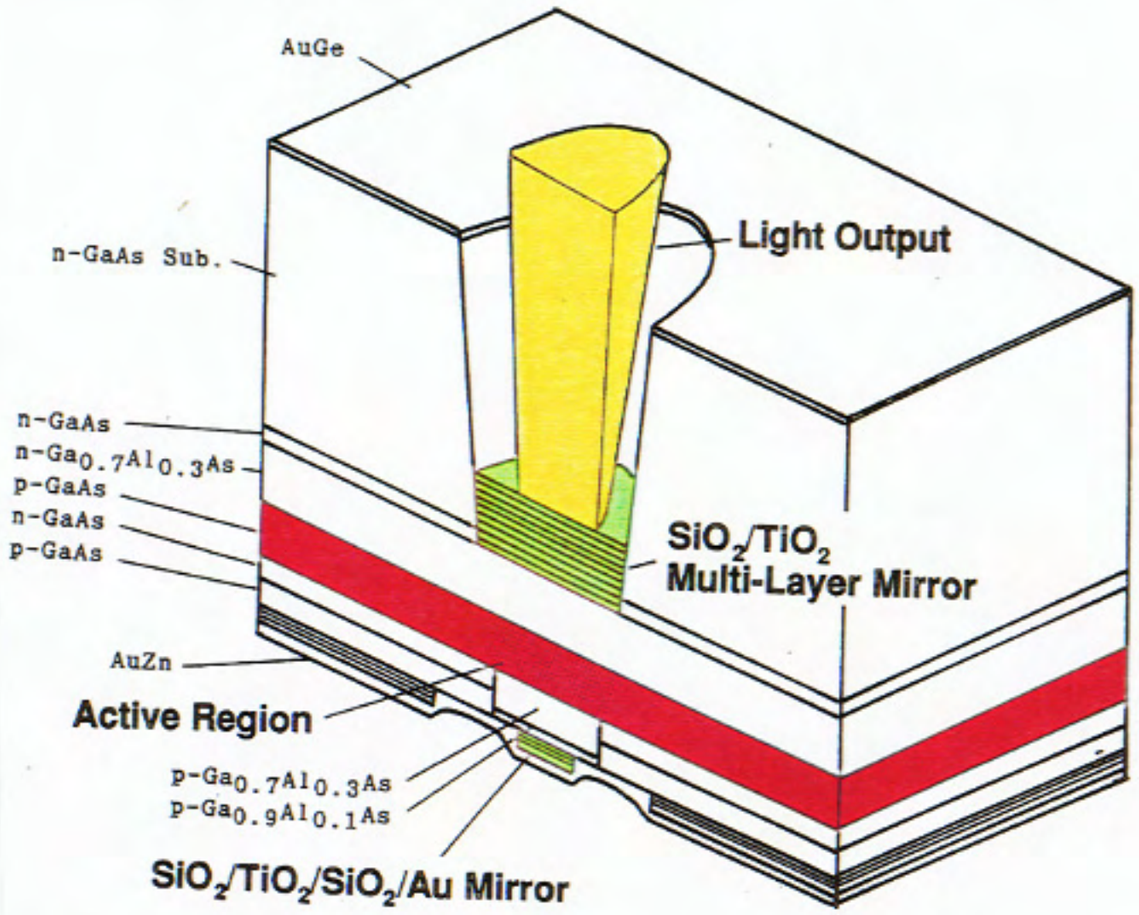
1986

H. Soda, K. Iga, C. Kitahara, and Y. Suematsu, Jpn. J. Appl. Phys. 18, 2329(1979).

K. Iga, S. Kinoshita, and F. Koyama, Electron. Lett. 23, 134(1987).



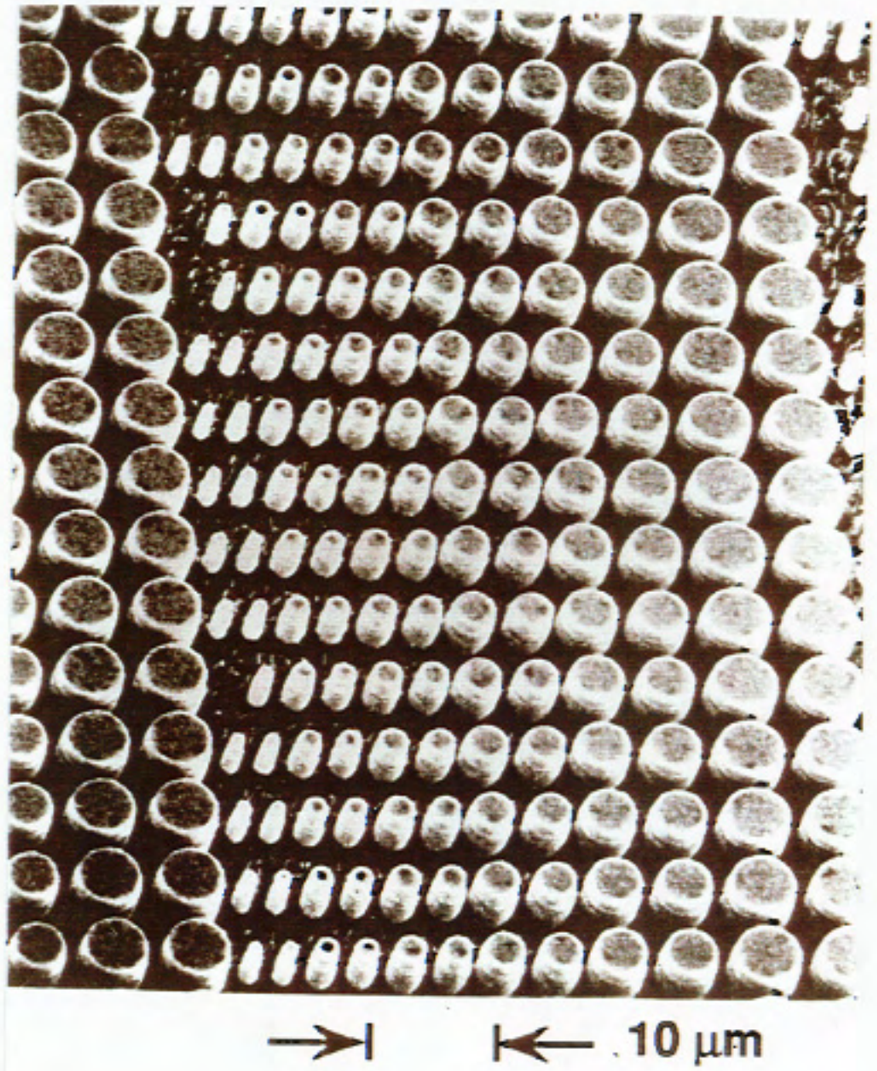
Epoch Making VCSELs (2)



1988

最初の連続発振したレーザー

K. Iga, F. Koyama, and S. Kinoshita, IEEE J. Quant. Electron. 24, 1845(1988).
F. Koyama, and S. Kinoshita, and K. Iga, Appl. Phys. Lett. 55, 221, (1989).



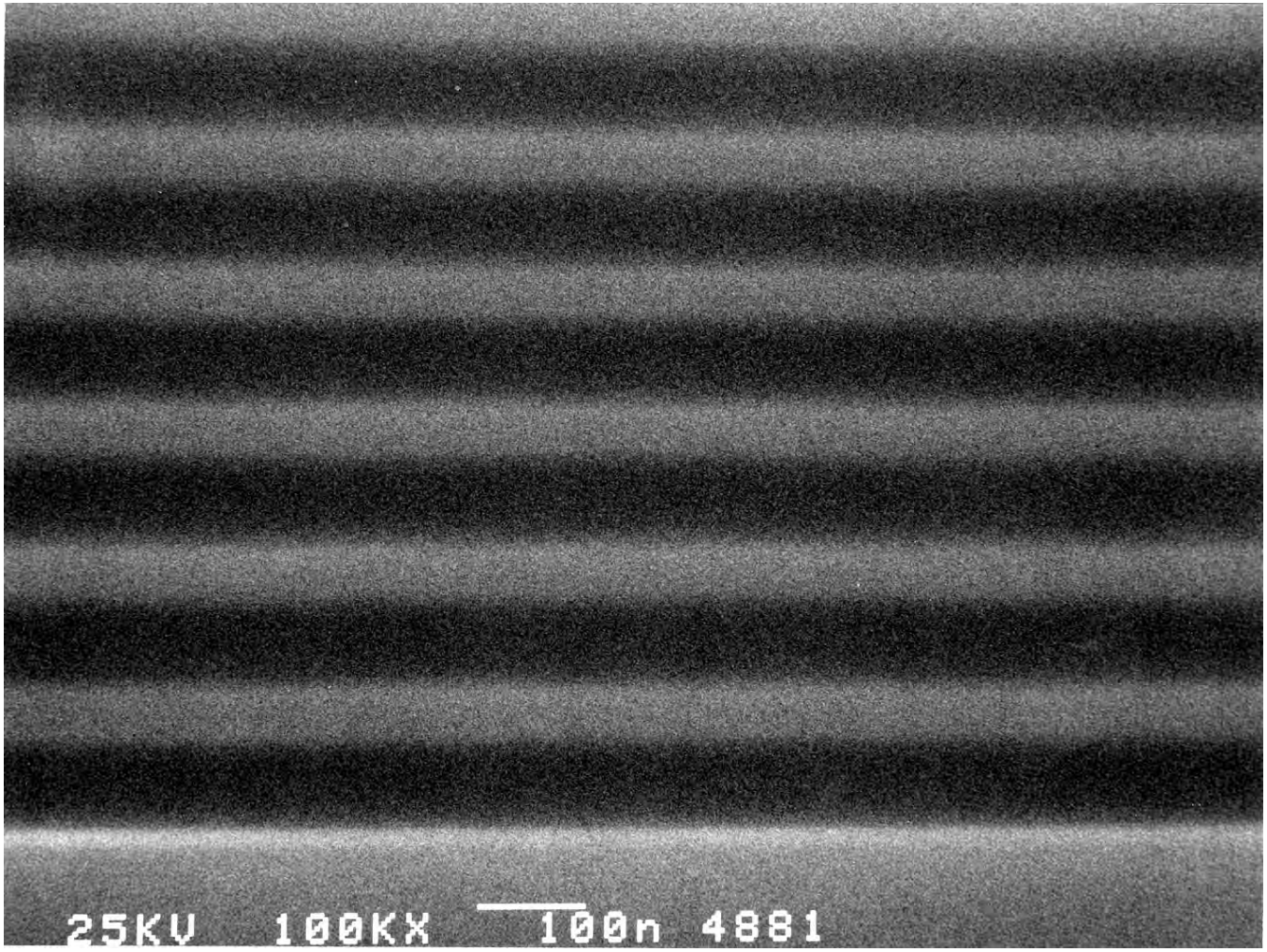
J. L. Jewell, A. Scherer, S. L. MacCall, Y. H. Lee, S. J. Walker, J. Harbison, and L. T. Florez, Electron. Lett. 25, 1123(1989).

１９８８年９月の研究室（連続動作達成の頃）

Semiconductor DBR

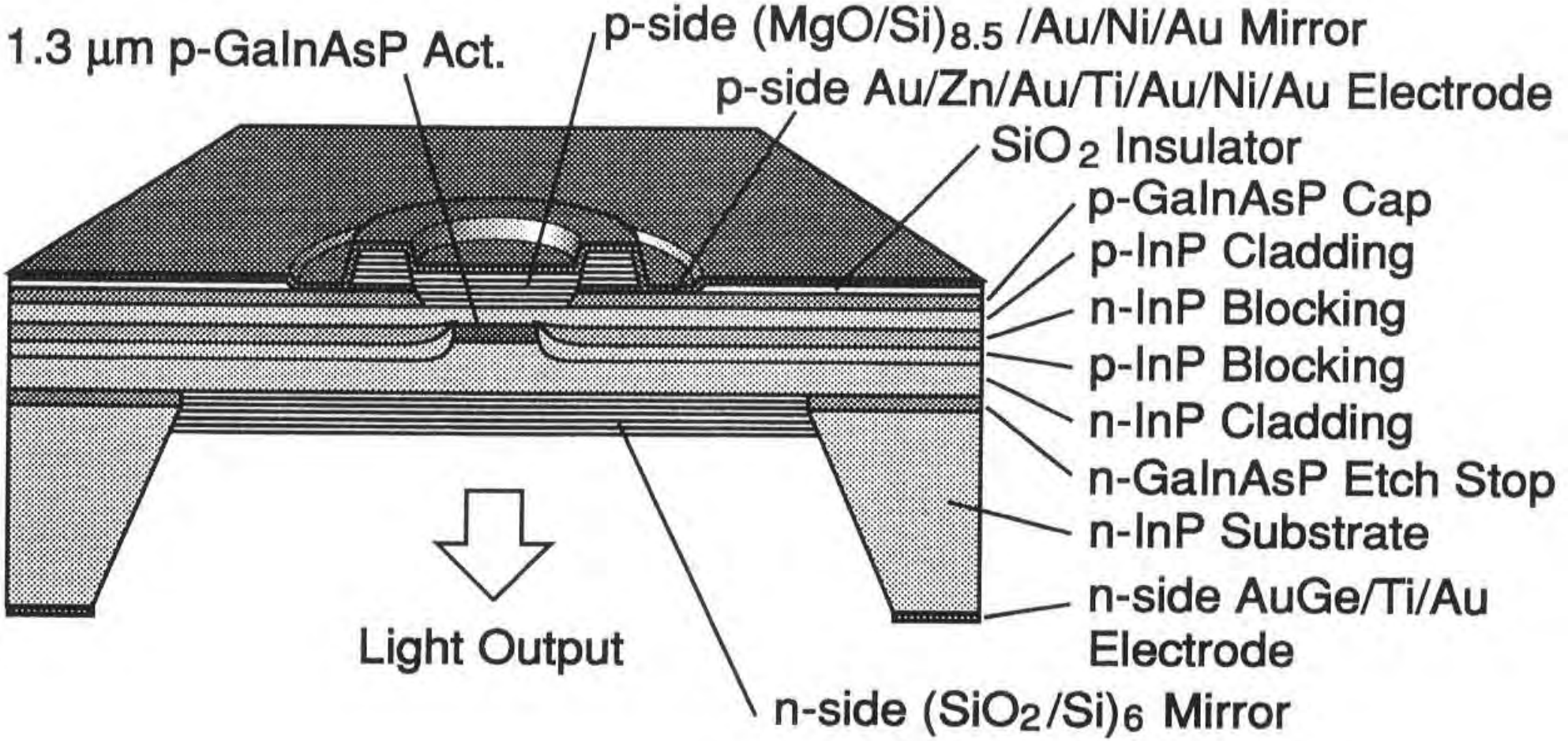
$Al_{0.1}Ga_{0.9}As$

AlAs



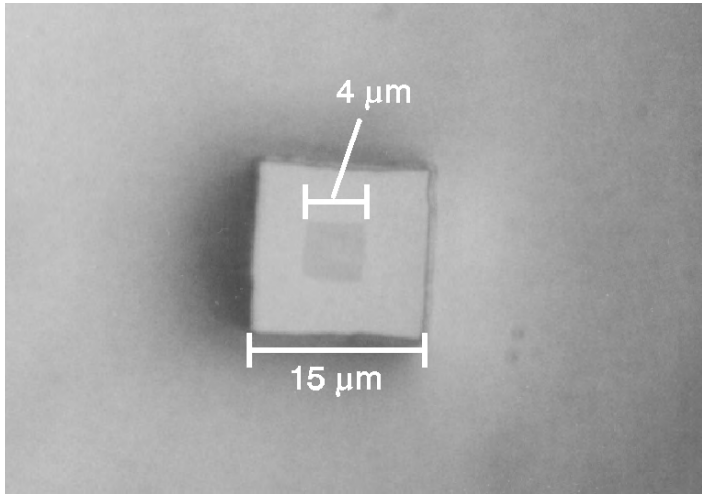
T. Sakaguchi, F. Koyama, and K. Iga: Electron. Lett. 24 (1988)928.

First Room Temperature CW 1300nm

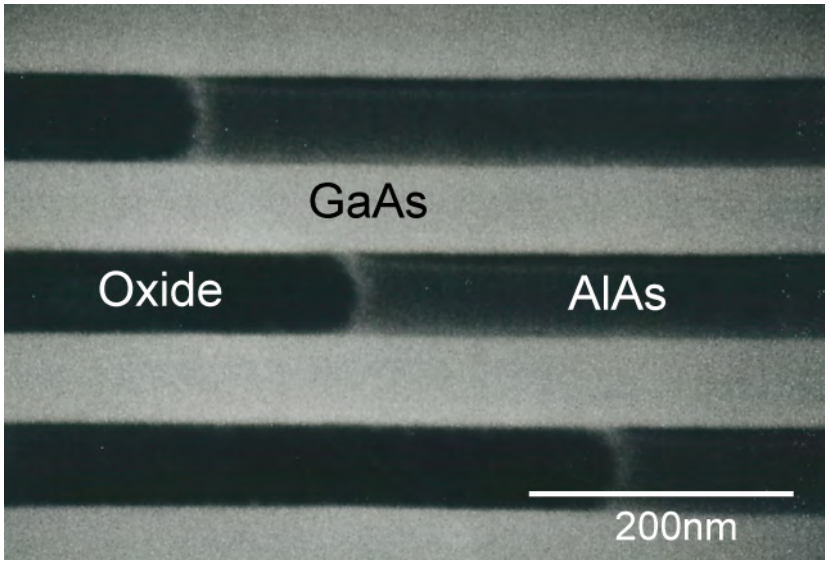


T. Baba, Y. Yogo, K. Suzuki, F. Koyama, and K. Iga: IEICE Trans. Electron. E76-C (1993)1423.

AlAs Oxidation



Top View

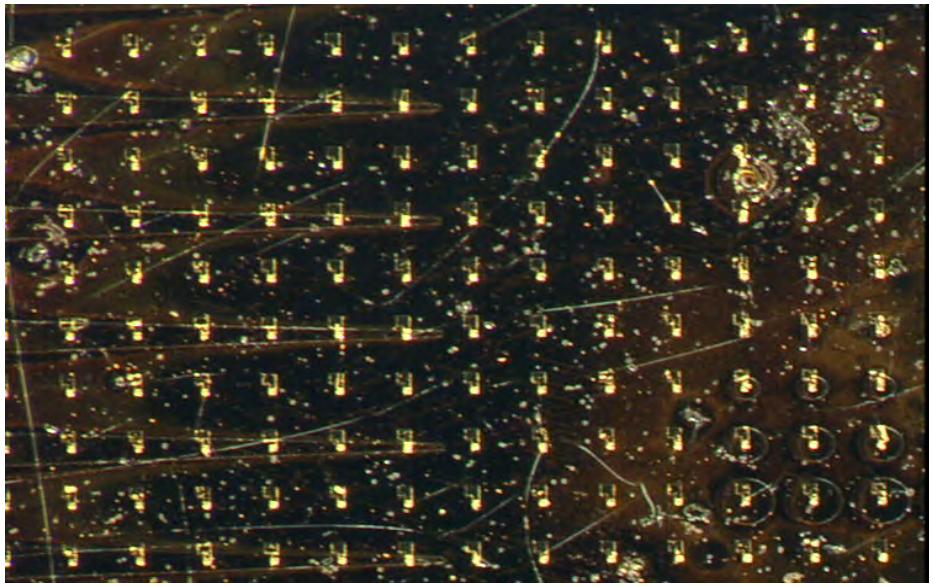


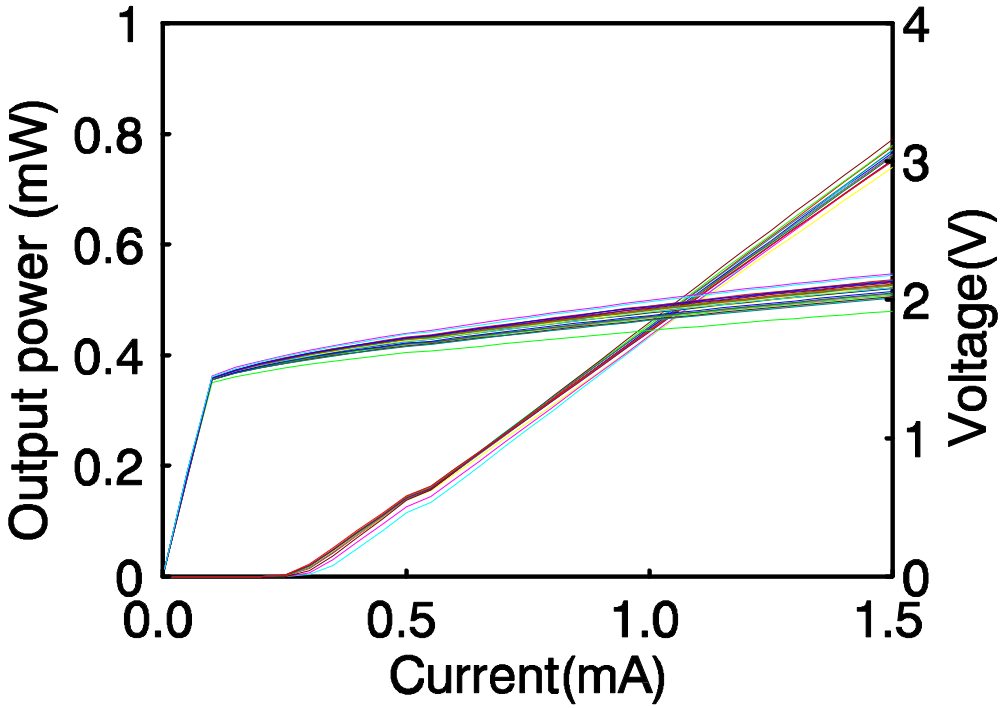
TEM image

Low refractive index 1.55
High resistance >MW

After N. Nishiyama, Doctoral Thesis, Tokyo Inst. of Tech., 2001

16 x 10 VCSEL Array





I_{th} =0.3mA±0.02mA

V_{th}=1.6V±0.1V

After N. Nishiyama, Doctoral Thesis, Tokyo Inst. of Tech., 2001

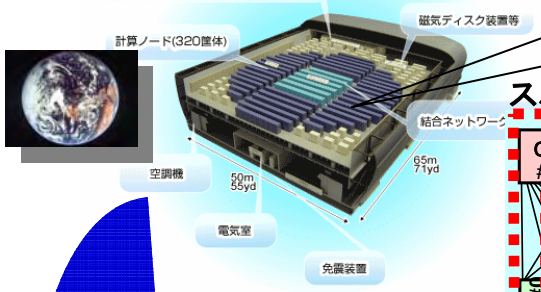
表２　面発光レーザの応用分野

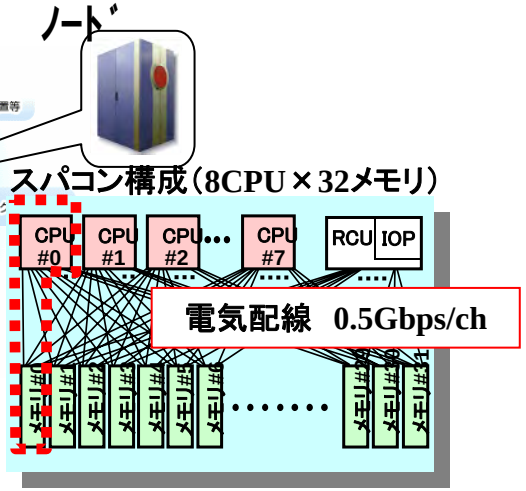
a)光通信	LAN，イーサネット，メトロ領域ネットワーク，光リンク，移動体リンク，携帯電話
b)ｺﾝﾋﾟｭｰﾀｵﾌﾟﾃｨｸｽ	光インターコネクト，データ転送，VSR
c)光ストレージ	光ディスク，近接場メモリ，アレイピックアップ，光並列転送
d)光電子機器	レーザープリンター，バーコードリーダー，家電
e)光並列処理	並列処理用光源，画像認識
f)光センシング	マウス，並列光センシング，レーダー衝突防止装置
g)ディスプレイ	レーザプロジェクションTV，小型並列光源
h)照明	小型光源，面型光源
i)エネルギー分野	並列大出力光源

赤字：応用展開中

LSIチップ間に超高速光インターコネクションを導入

超高速スパコン
地球シミュレータ



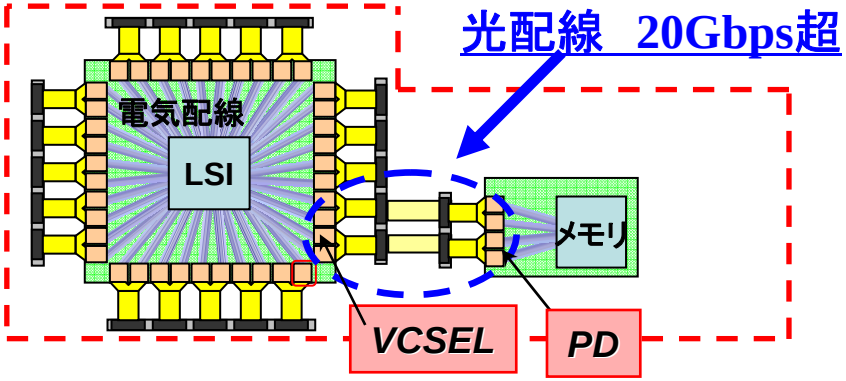


40倍速以上が必要

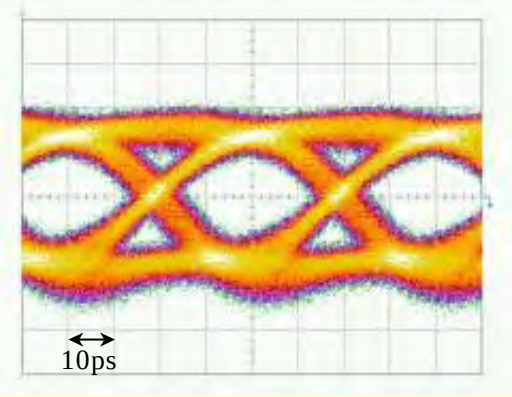
次世代スパコンの構成

ペタフロップス級の性能実現へ

CPU(LSI)とメモリ間を超高速光インターコネクションで接続



VCSEL世界最速動作を実現 *(OFC'06 OFA4)*

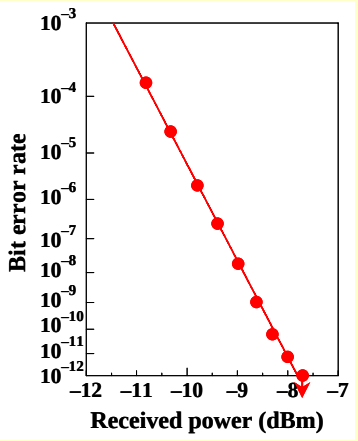


Ibias=7 mA
Vmod=0.7 Vpp

E.R.=5.2 dB

PRBS:2^{31}-1

25Gbps直接変調時のアイ開口



PRBS:2^{7}-1

Ibias = 7 mA
Vmod = 0.7 Vpp

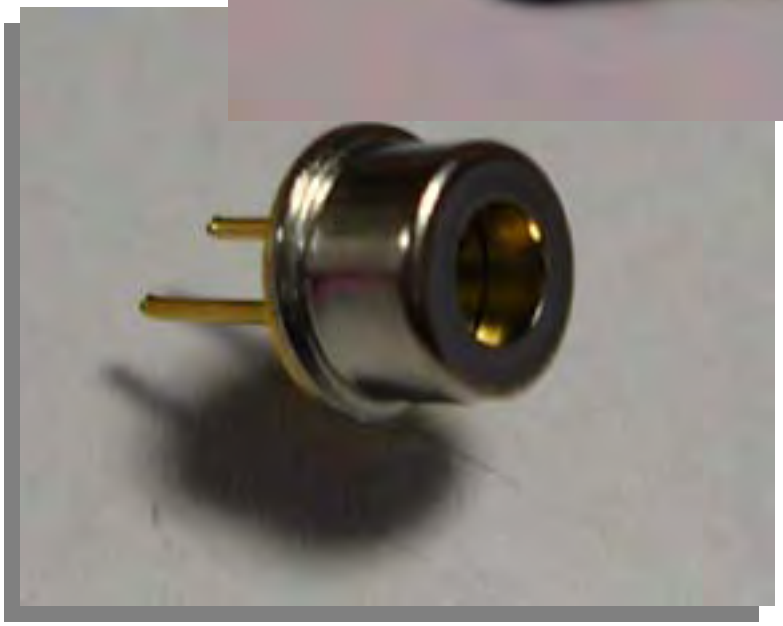
E.R. = 5.2 dB

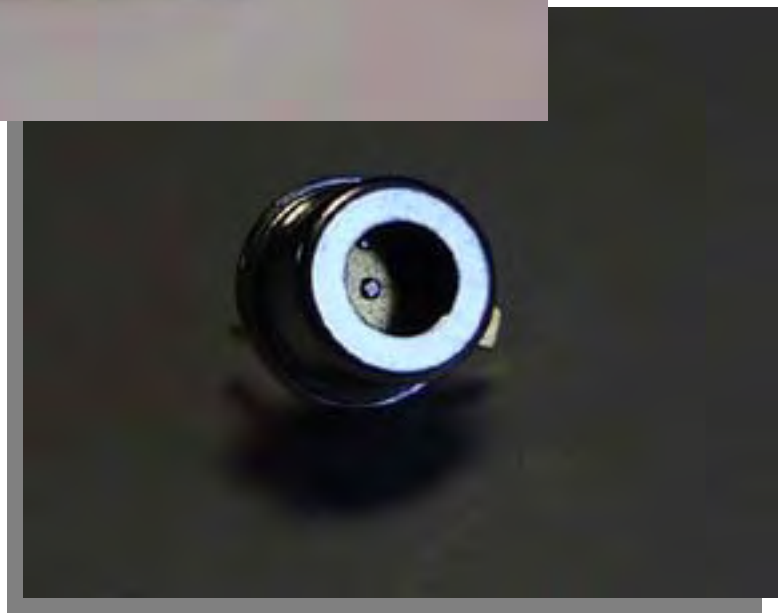
GI50- MMF
~ 5m

エラーフリー動作を確認

Empowered by Innovation NEC

VCSEL by Ulm Photonics



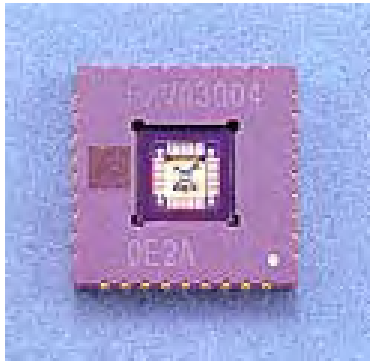


VCSEL Color Printer/Copier

Writing with 32-VCSELs Array

DocuColor 1256 GA

2400 dpi
14 pages/min



VCSEL Array

Fuji Xerox Release 2003.8.14
http://www.fujixerox.co.jp/release/2003/0814_dc1256ga.html

むすび

デバイス工学 という 科学

面発光レーザと平板マイクロレンズをもとに実践

なぜコントラバスに？

絵：はやのんさん

夢を形に

新しいものにチャレンジする精神

基礎をしっかり勉強，原理を大切に

手段，方法は工夫する

じっと我慢の必要も

★

人との出会いを大切に