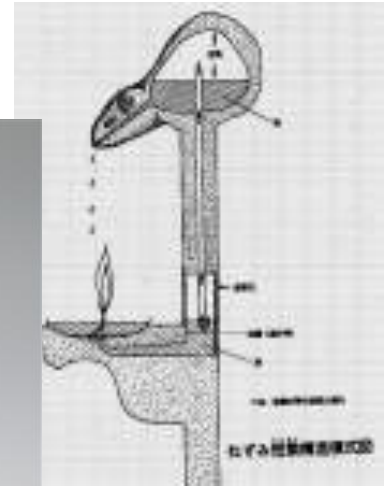


光技術



江戸時代のねずみ短檠

光和商事(株) 荒木 巍

H20.2.15

光の性質

光とは:

電磁波の1つ: 波動の性質 + 粒子の性質

波動の公式: 速さ(C) = 波長(λ) × 周波数(ν)

光速: 30万km/sec

光の種類 — 自然光 — 自然が生み出した光(太陽光、炎 等)
 人工的に生み出された自然光(電灯、蛍光灯) レーザ光 —
 人工的にしか生み出せない特殊な光

スペクトル: 光線を波長の長さ順に分解したもの

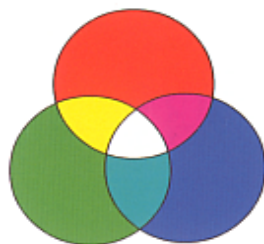


図1-8 ● 光の三原色 RGB



図1-9 ● 色の三原色 CMY

図27-3 光と色の3原色(RGB & CMY)

表27-1 光の性質と現象

屈折	光が光学的に不均質な媒質中または異種の媒質間の境界面(たとえば水面)に入射するとき、伝搬方向が変わる現象。光ファイバはこの現象を活用。
全反射	屈折率の大きい媒質から屈折率の小さい媒質へ光線が入射するとき、臨界角以上の入射角で入射光のエネルギーがすべて反射される現象。
干渉	周波数の等しい、あるいはほとんど等しい光が重なると、同位相で明るくなったり、反位相で暗くなったりする現象
回折	光の進行方向からずれた方向にまで光が広がって進む現象。回折現象によりスリットを通った光がスクリーンに映されると干渉縞が見られる
散乱	不規則に分布している粒子や凹凸な面に入射光が当たったとき、光の進行方向が空間的に多くの方向に変わる現象。白昼に物体があらゆる方向から視認できるのも散乱のお蔭である

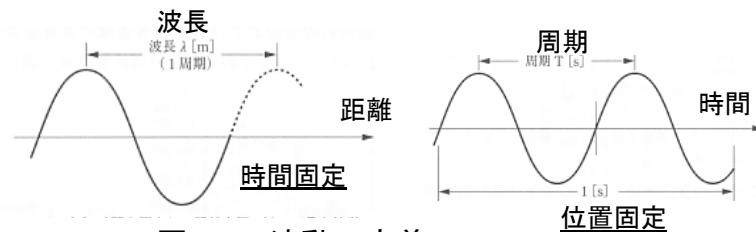


図27-1 波動の定義

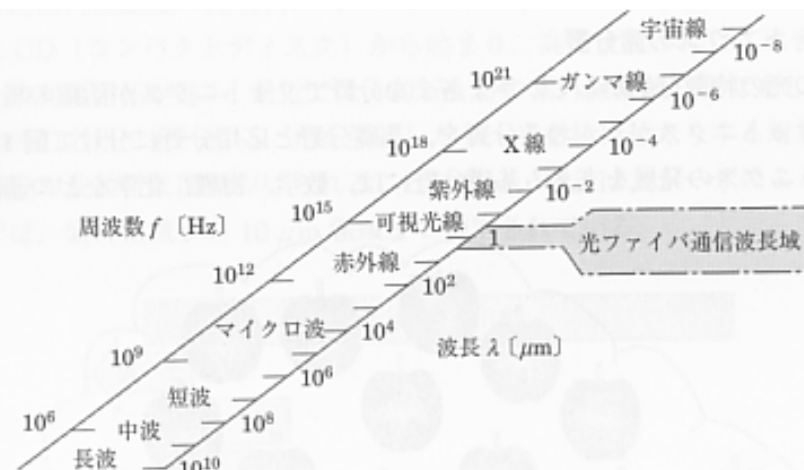


図27-2 光領域のスペクトル分布

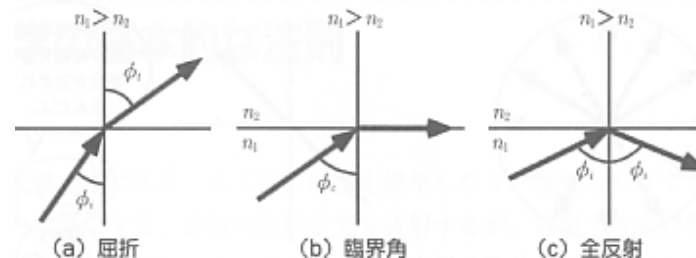


図27-4 屈折の法則

明かり

明るさの基準:

照度＝自然光や照明で照らされた場所の明るさ。単位はルクス(lx)
光束＝光源の光の量。単位はルーメン(lm)
光度＝ある方向における光の強さ。単位はカンデラ(cd)
輝度＝平面状の光源で、ある方向に光源の m^2 あたりの明るさ。単位は cd/m^2

1. 自然界の光 — **太陽光**(水素の核融合)、**オーロラ**(プラズマと大気粒子の衝突。蛍光灯と同一原理)、**発光生物**(発光酵素とATPの反応)(蛍、ホタルイカ、ウミホタル、ツチボタル、ヒカリゴケなど)
[ATP: アデノシン三リン酸]

2. 燃焼、化学反応による発光 — **蠟燭**、**松明**、**花火**、**照明弾**
江戸時代の明かり例 — **篝火**、**灯籠**、**行灯**、**提灯**、**雪洞**

3. 現代の照明機器(電気利用) —

白熱電球: 1917年エジソンの発明。フィラメントを電流で加熱発光させる。熱放散が大きく、発光効率は数10%と低い。二重コイル化(より長いフィラメントで明るさをアップ)、ガラスバルブのフロスト加工(まぶしさをやわらげる)は日本人の発明。

ハロゲンランプ: バルブが石英ガラスで、ハロゲンガスを封入し、フィラメントを加熱発光させる。小型で高輝度のためスポットライト、スポーツ施設、自動車ヘッドライトなどに使用。

蛍光灯: フィラメントから放出された自由電子が封入した水銀蒸気を励起し、紫外線を放出。この紫外線がガラス管内壁に塗布された蛍光物を照射し、可視光線に変換。

水銀ランプ: 一對の電極間に高電圧をかけ、アーク放電を起こさせ、放電管内に封入された水銀蒸気を励起し、紫外線や短波長の可視光線を放出させる。フィラメントがないので長寿命。大電力のランプができるので野外照明などに使用。

LED (Light Emitting Diode/発光ダイオード): 順方向に電圧を加えた際に発光する半導体素子。白熱電球に比べ寿命がかなり長く、素子そのものは半永久的に使える。不要な紫外線、赤外線を含まない発光が可能。構造が簡単で安価。生産額: 1450億円/2006年

HIDランプ (High Intensity Discharge Lamp/高輝度放電ランプ): 金属原子高圧蒸気中のアーク放電による光源。高圧水銀ランプ、メタルハイドライドランプ、高圧ナトリウムランプの総称。長寿命、高効率。ロケーション照明、自動車・鉄道車両の前照灯に用いられる。

真上から、右回りにR型電球、PAR型電球、E11ダイクロイックミラー付きハロゲン電球、LED、GU5.3ダイクロイックミラー付きハロゲン電球、ローボルトアルミミラー付きハロゲン電球



図27-5 各種投光照明用ランプ

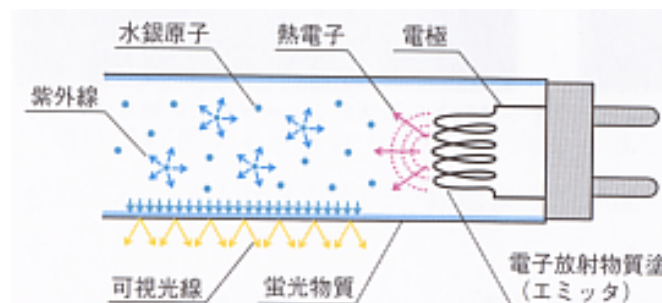


図27-6 蛍光ランプの構造

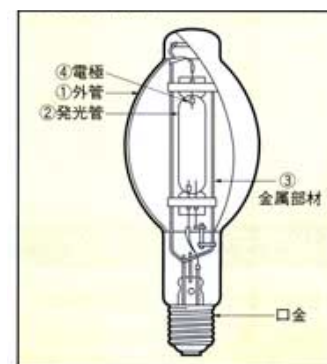


図27-7 HIDランプ 3

光学器械

1. **日時計、圭表儀・渾天儀**(江戸時代に天体の動きを観測)
2. **レンズ**(凸、凹、フレネル)、**プリズム**(直角、ペンタ)、**眼鏡**
3. **カメラ**(デジカメの最近の進歩: 薄型、クリア液晶、高画質、レスポンス)
4. **望遠鏡**(反射型/ニュートン、屈折型、分光装置付近赤外線式、パラボラ型電波式、電波干渉計、衛星搭載ガンマ線式)、**顕微鏡**、**双眼鏡**、**測定器**、**測量器**
5. **電子光学器械**: デジカメ、レーザプリンタ、ファクシミリ、複写機、イメージスキャナ
6. **医療用**(レーザ以外/JIS規定): 内視鏡、検眼鏡、視力検査装置、眼圧計、手術用顕微鏡、眼底カメラ

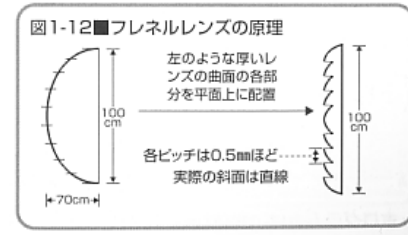
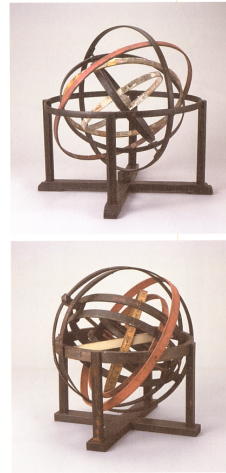


図27-9 フレネルレンズ



ディスプレイ:

CRT(ブラウン管): ガラスの裏側に蛍光体を塗布した蛍光膜面に高速で電子ビームを当てて発光。TV、PCでは、次第にLCDに置き換わり、一般PC用では2005年に需要はほぼ消滅。

LCD(液晶): 外光やフロントライト、バックライト等の光源の光を遮断・透過させて表示。液晶に電圧を加えると液晶分子の向き(配向)が変化することを利用して光のシャッターを実現。薄型、低消費電力などが特長。

PDP(プラズマディスプレイ): 1枚のパネルの中に規則的に配置した多数のセルの中には水銀ガスや、キセノンガスを封入。このセルに高電圧をかけて放電させるとガスが励起して紫外線が発生し、蛍光体を光らせる。大型化が容易、薄型軽量で見る角度で色調が変化しない。

有機EL、無機EL: 各々有機、無機の化合物をガラス基板上に薄膜として蒸着したもの。自然光でどの角度からでも高画質。消費電力は液晶なみ。但し、発光機構は基本的に異なる。無機ELはCuによる緑～青の発光で、計器パネル、数字表示に使用、有機ELはカラー適応。

TFT(薄膜トランジスタ): 液晶ディスプレイの画素の一つひとつがトランジスタになっていて、電圧を変えて画素の明るさを変えることができる。応答速度が速く、コントラストの高い表示が可能。

画素数: ディスプレイの解像度は一般的には1インチ当たりの画素数(dpi)で表示される。最新のデジカメの画素数は500～1000万(面状)に対して、人間の目の視細胞の数は12,000～13,000dpi。

光学ガラス: レンズ、プリズムの材料のガラス。ソーダ石灰ガラス、鉛ガラスなど。均質性が重要。

市場規模: 液晶(世界)7兆円/2008、有機EL(日本)5.7兆円/2008、自動車ディスプレイ(世界)5兆円/2015

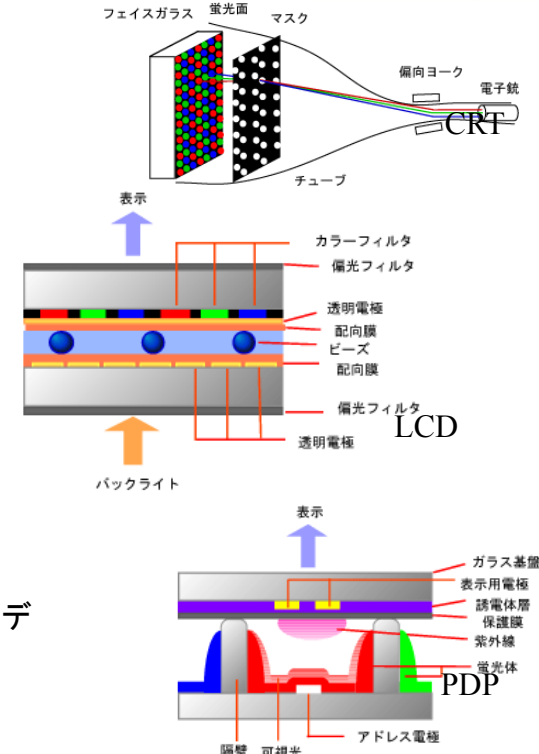


図27-10 各種ディスプレイの構造

太陽光

太陽エネルギーの強さ: 全放射 $=3.85 \times 10^{23} \text{ kW}$ 、地球に到達する分 $=177 \times 10^{12} \text{ kW}$ 、地表に到達する分 $=124 \times 10^{12} \text{ kW}$
単位面積当たり: 大気圏外 $=1.38 \text{ kW/m}^2$ 、地表 $=1 \text{ kW/m}^2$

太陽電池

市場一累積導入量は2004年に1000MWを超えた。政府目標は4820MW/2010年。(世界は3000MW/2004年)

用途: 民生用発電、ソーラ電卓、ソーラ腕時計、交通関連(標識など)、ソーラカー(補助的)

種類: シリコン系(単結晶、多結晶、微細結晶、アモルファス)、化合物系(CdTe、CIS)、新素材系(有機)

特長

1. 排気、有害ガスの発生なし、騒音なし、
2. 太陽光のほか蛍光灯、白熱灯でも発電、
3. 電池交換不要、
4. DC機器に直接接続できる、
5. 分散型電源となる

注意する点

1. 天候により発電量が左右される、
2. 電池ではなく発電機であり備蓄できない
3. 汚れ対策が必要、
4. 大面積が必要、
5. 日本は湿度が高く発電能力が低い

太陽熱発電: 太陽熱温水器のほか、太陽光線を集光してエネルギー密度を高めてエネルギーを変換。
アメリカ、ドイツ、イスラエル、オーストラリアなどで開発中



Fig. 3.2 Solar Two in operation at Barstow



図27-11 大規模太陽熱発電(左からタワー、トラフ、ディッシュ型)

紫外線: 太陽から到達した紫外線は、大気を進む間に、成層圏オゾン、空気分子、エアロゾル(大気中の浮遊微粒子)、雲などによる吸収や散乱の影響を受けて、次第に減衰する。吸収量は、上空のオゾン量やエアロゾル量、雲の状態、太陽高度角、標高により変化する。人間の目は紫外線に弱い。TVのブラウン管からも放射があり、PDP、LCDの順に下がる。

宇宙太陽光発電所: 大気圏外の宇宙衛星で発電し、電磁波で地表に送電する。

①気象の影響を受けない、②エネルギー密度は地上の1.4倍、③年間日射エネルギーは地上の4~11倍、⑤放射線損傷を除いて地上のような水蒸気、酸素、水素など半導体を劣化させる要因が少ない。但し、送電には未解決の問題が多い。

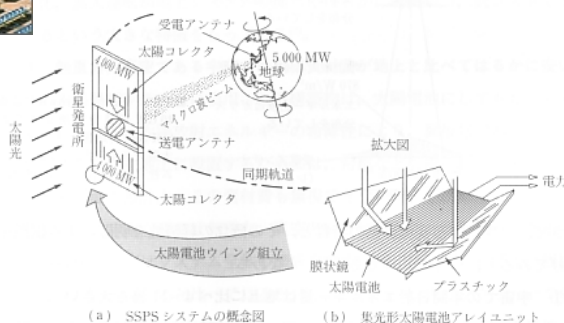


図 12.3 宇宙太陽光発電システムの概要 (濱川幸弘: 太陽光発電入門, p.166, オーム社 (1981) 図 7.1(a) より転載)

図27-11a 宇宙太陽光発電

光触媒: 酸化チタン(TiO_2)結晶が紫外線を受けて発揮する触媒反応一酸化分解(殺菌など)、超親水性(洗浄性)に効果。

(SFI4で説明済み) 市場規模 400億円@2002年 (産総研)

レーザ

LASER=Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
(放射の誘導放出による光増幅)

レーザ光は電界と磁界が直交した電磁波の一種。波長と位相がよく揃った単一周波数の光。
このような特殊な性質の光は自然界存在せず、**人工光**と呼ぶ。

レーザの発光: 各種のレーザ発信媒体があるが、いずれも ①エネルギーを供給する機構、
②光を増幅する誘導放出の機構、 ③光を閉じ込める光共振器、から構成される。

レーザ光の持つ著しい特質

干渉性—同位相で強めあい、反対位相で弱めあう。 —測長器、波長計に利用
指向性—四方八方に広がらない —月までの距離測定。大気の公害分析、海底トンネル工事に利用
集光性—レンズで集光で、高エネルギー —鉄板の溶接、ダイヤモンドの加工、医療、美容に利用
単色性—小出力でも特定波長での出力は高い —分光分析、光ファイバ多チャンネル通信などに利用

表27-2 レーザ発信器

レーザ発振器		仕組み、特徴	用途(医療は別項)
気体	ガスレーザ	主として気体放電によって励起。He-Ne、Arイオン、He、He-Cdレーザなど	計測、加工、半導体産業
	CO ₂ レーザ	大容量が可能	機械加工
	エキシマレーザ	励起した稀ガス原子(He、Ne、Ar等)がハロゲン元素(F、Cl等)と結合して分子(エキシマ)を作る。数nmのパルス幅で数Mw以上のレーザ出力が得られる	光化学、加工、リソグラフィ
液体—色素レーザ		レーザ媒質は有機色素分子をアルコールに溶かしたもの	分光
固体レーザ		YAGレーザ(強力な赤外線)、ルビーレーザ(波長694nm)	加工
半導体レーザ		極めてよい指向性	光通信、光ディスク

主な用途例: (集光度を高め、エネルギーを集中して高精度の加熱、切断、信号授受が可能)

高精度加工 兵器(レーザ誘導爆弾) 遺伝子の切断・組み換え 核融合
空機・宇宙通信 距離測定 バーコードリーダ レーザレーダ プリンタ レーザポインタ

レーザ製品の放射安全基準(JIS C 6802): 許容被爆放出限界を規定。

危険度について— 1. 本質的に安全、2. 安全、3. 少し危険、4. かなり危険、
5. とても危険 の5クラス。(例、レーザポインタはクラス1または2)

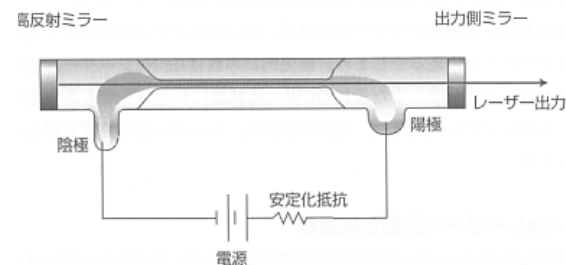


図27-12 レーザ発光の仕組み

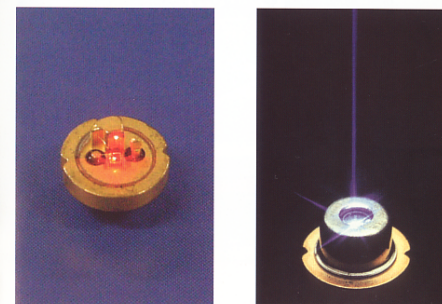


図27-13 レーザ光源

	指向性 (直進性)	単色性	可干渉性 (コヒーレンス)
通常光			
レーザ光			

図27-14 通常光とレーザ光の相違

レーザ医療・レーザ加工

レーザ治療の特長:

1. 非接触治療のため痛みやウィルス感染の恐れが少ない、
2. レーザ高熱で患部を焼き切るので凝固性止血作用が働き出血が少ない、
3. レーザを絞ればかなり微細な局所的治療が可能、
4. ガン組織などの光学治療が可能

応用例—レーザメス、レーザ光による凝固、ガン細胞の破壊、リュウマチの治療、創傷の熱的治療、結石の破碎、虫歯の治療、レーザ内視鏡、視力の矯正手術、美顔・美容生体に対する波長の吸収性から種々のレーザが選択されてきた。

レーザ加工:レーザ光を用いて材料表面で熱反応を起こさせて材料を加工し、処理する。一切断、穴あけ、溶接、ロウ付け、表面処理、マーキング、クリーニング、直接造型、ピーニング、微細加工

微細加工:現在のレーザによる先端加工はマイクロプロセスに移行している —微細孔加工、溝加工、微細薄膜加工、微細接合加工、微細曲げ加工

フェムト秒加工:物質に高出力のパルスレーザ光を照射し、瞬間的に表層に高温、高圧状態を引き起こし、激しい電離やプラズマ化によって爆発的に膨張する。材内原子の振動で熱が伝わり熱反応を起こすのは数10ピコ秒。フェムト秒(1/1000ピコ)はそれ以上に速いため、熱反応の前に表面の光吸収層が飛散する(アブレーション加工)

(フェムト=
10⁻¹⁵)

レーザ加工最近の応用例(2008.1.30日刊工業新聞)

- ①超高速溶接 —良好なビーム品質で200m/分 ex.エアバスA380の外板と補強材の接合
- ②ハイブリッド溶接 —レーザ溶接+アーク溶接 ex.造船パネルの溶接組立、VWのAlフレーム
- ③リモート溶接 —高速溶接が可能 ex.クライスラー・ジープのドア他、自動車産業
- ④レーザろう付け —精度不十分なプレス加工部品 ex.VWのトランクリード
- ⑤樹脂レーザの溶着 —樹脂同士、樹脂と金属、短時間 ex.自動車のマニホールド、フォグランプ
- ⑥直接造型 —CADデータから直接三次元肉盛 ex.アメリカ戦闘機Ti合金フレーム
- ⑦ピーニング —10ナノ秒レーザ照射で表面の疲労強度、応力腐食割れ防止 ex.ピストン側面

表27-3 診療科別医療用レーザ装置

診療科	使用レーザ	用途
眼 科	ルビーレーザ	レーザ凝固、網膜剥離、近視治療
	エキシマレーザ	角膜除去、角膜状切除
	エキシマレーザ	角膜除去、角膜状切除
外 科	CO ₂ レーザ	レーザメス、がん治療 花粉症治療(鼻粘膜焼灼)
	半導体レーザ	光線力学治療(細胞の殺傷)
歯 科	CO ₂ レーザ	歯槽膿漏治療
	YAGレーザ	
	半導体レーザ	疼痛用
美容形成	半導体レーザ (810~980nm)	
	CO ₂ レーザ	アザ、シミ取り

表27-4 フェムト秒で期待される産業分野

情報・通信	光通信、半導体向け透明材料、平面光回路、光半導体ナノ構造、立体回路用光導波路
自動車関連	部品性能の向上、マイクロクラックの低減、高機能部品、高性能微細部品
ライフサイエンス	患者の負担低減、治療疼痛緩和、微細組織加工、極表層人体組織加工
電気・電子	シリコン、半導体ダイシング、超微細化工、ナノ加工、超微粒子創製

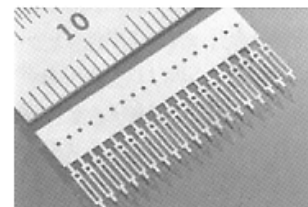


図27-14a 電子部品加工

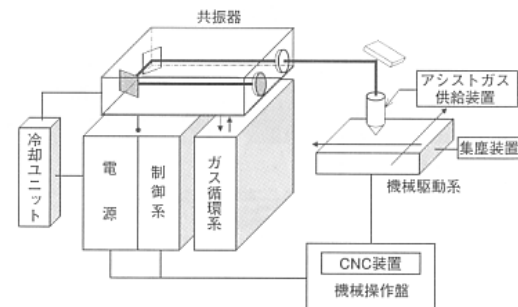


図27-14b CO₂レーザ加工機のシステム構成

半導体レーザー(レーザダイオード): 1962年に発明。もっとも多いレーザー発信素子。基本構造はpn接合。使用素材はGaAs、GaAlAs、InGaAsPなどの金属間化合物。特長は高効率、小型軽量、超寿命、低価格、赤外から可視光範囲までカバー。

1990年から15年間の進歩: 出力 10W→100W
(2008.1.30日刊工業新聞) 価格 \$100/W→\$3/W
 電光変換効率 ?→72% max
 寿命 ?→5万hr max

露光装置: 半導体回路の小型化、複雑化の要求で、益々細い回路線幅が要求され、ナノメートル(nm)オーダーの微細加工技術が利用される。そのカギを握るのが露光装置。フォトマスクに描いた回路をレンズを介して縮小し、シリコンウェハ上に転写、現像、エッチングをして微細な回路が形成される。現在、幅65nmが本格量産、次世代45nm、32nm、22nmが視野にある。光源には波長193nmのArF(フッ化アルゴン)を使用、将来目標は波長13.5nmのEUV(極端紫外)。

フォトダイオード: 光を検出するセンサ。物質が光エネルギー吸収し、その結果電子を放出する光電効果を利用。ビデオカメラの露出計、照度計、CCDカメラの画像センサなどに使われている。

フォトランジスタ: フォトダイオードに増幅器を付けたトランジスタ。光を感じるダイオードで、発生した電流はトランジスタの増幅作用で1次の電流の数百倍に増幅。光センサ、光電スイッチなどに適用。

半導体パッケージング技術: 半導体製造の後工程として、ボンディング、半導体組立、洗浄・めっき、半導体パッケージング材料、検査・試験・測定などに各種メカがある。

光センサ: 光電効果により光、物体の有無・形状・色の情報を電気エネルギーに変換するもの。検出対象の光として、可視光線のほか紫外線、赤外線などがある。生産規模: 1.2兆円/2005

表27-4a 光半導体の体系

機能	デバイス	適用例
発光	LED(可視LED、赤外LED)	TV、OA機器、駅の行先表示板
	半導体レーザー	光ディスク、光通信
受光	pn接合タイプ(フォトダイオード、フォトIC、太陽電池、CCD/CMOSイメージセンサ)	光センサ、リモコン、太陽光発電システム、電卓、デジカメ、スキャナ、複写機、
	pnp/npn接合タイプ(フォトランジスタ)	光センサ、光電スイッチ
	Pnpn接合タイプ(フォトサイリスタ、フォトライアック)	リレー、調光器
光複合	フォトカプラ	家電製品、AV機器、電源、電話、パソコン
	フォトリレー	電話、交換機、モデム、テスト
	フォトインタラプタ(透過型、反射型)	プリンタ、複写機、電子レンジ、ファンヒータ
光通信	短・中距離用、中・長距離用	接続部品(コネクタ、スプリッタ、増幅器)



図27-14c フォトダイオード(浜松ホトニクス/左)とフォトインタラプタ(コーデンシ/右)

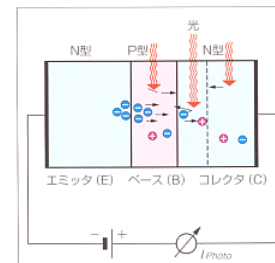


図27-14d フォトランジスタ

光通信

過去の光通信手段: 狼煙、手旗信号、カンテラ(船と船の灯火による交信)、灯台

光ファイバー: 光のエネルギー、もしくはその変化、信号、更に画像の伝送などをさせるために用い、繊維状のガラス(直径 $3\sim 60\mu\text{m}$)、あるいはプラスチック($100\sim 10000\mu\text{m}$)などで作られた透明媒質。媒質中を全反射、もしくは屈折率の勾配による繰り返し蛇行などにより伝送能力を果たす。

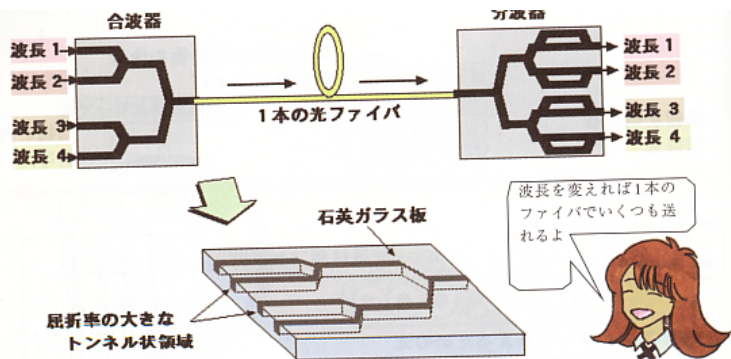


図27-18 波長多重技術と光導波路技術

石英系ファイバとプラスチックファイバ: 石英系は極めて損失が小さく長距離通信に向いている。通信損失が最小となる波長 $1.5\mu\text{m}$ 近辺(赤外線領域)の赤外線光が使われる。プラスチックファイバはコアが太いため光を集めやすく、微調整にコストをかけることが不要。ただし数十mが限界。自動車の車内LANの配線などに使用。

ステップインデックスファイバとグレーテッドインデックスファイバ(マルチモードファイバでモード分散を抑えるよう緩やかな屈折率分布を持つように作成)

光ファイバアンプ(EDFA—Erbium Doped Fiber Amplifier): 光信号を通すだけで光のパワーを数10から100倍も大きくする作用を持つ光ファイバデバイス。ファイバの中にはレーザ作用をもつ元素Er(エルビウム)が含まれており、光信号とは異なる励起用の光エネルギーを供給する

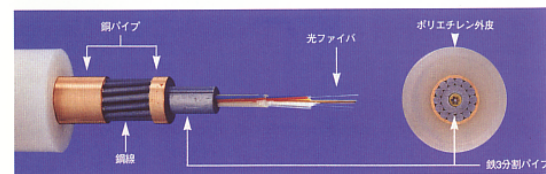


図27-15 国際系光ファイバ

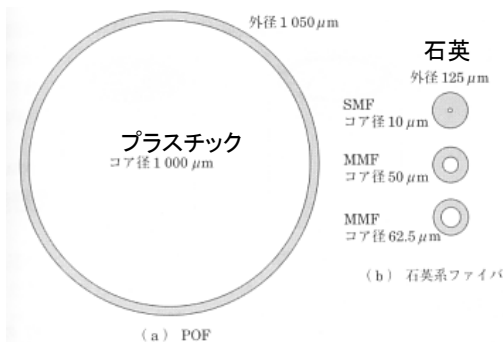


図3.5.7 光ファイバの寸法比較
図27-17 光ファイバの断面比較

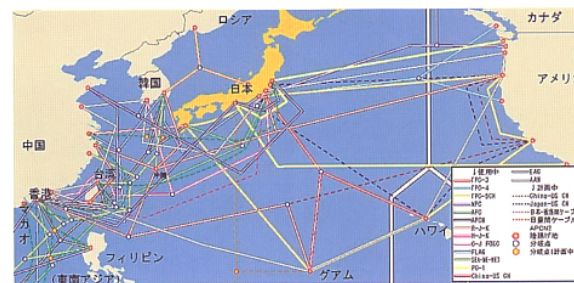


図27-16 光海底ケーブル

表27-5 光ファイバの特性

光ファイバの特性	光通信の特徴
損失が小さい	長距離の通信ができる
帯域が広い	多くの情報を送ることができる
細径・軽量で曲げやすい	必要なスペースが小さく工事が容易
電波の影響を受けない	漏話や電磁誘導の影響がない



図27-18a 光ファイバ芯線の構造

光ディスク

光ディスク: レーザ光を集光して細くしたビーム(径約 $1\mu\text{m}$)で、データを光ディスク上に記録したり、光ディスク上のデータを再生したりする。

基本的特長—交換可能、大容量、高密度、ランダムアクセス(テープとは異なる)

MO(光磁気ディスク): 磁気記憶方式に光学技術を併用した書き換え可能な記憶装置。書き込み時はあらかじめレーザ光を照射してからデータを磁気的に書き込むので、記憶の高密度化が可能。読み出し時はレーザ光のみを用いるため、高速にデータを読み出すことができる。容量が128MB、230MB、540MB、640MBのものが一般的。

光ディスクの記録読み取り: CD記録媒体表面に埋め込んである穴(ピット)によって、照射するレーザ光の反射状態が変わる現象を利用して信号を読み取る。ピットの大きさは光の波長と同程度のため、穴の部分に光が当たると光は真っ直ぐレンズの方に戻ることができない。しかし、ピットのない部分では光が真っ直ぐレンズの方に戻ってくる。このように、記録されたデータに対応したピットの配列情報を光の戻り光量の変化から判断することにより記録されたデータを正確に復元する。

光ディスク用半導体レーザ: DVDなど大容量記録媒体としての光ディスクでは、半導体レーザからの出射光ビームは情報書き込みのペン先、情報読み取りのレコード針の役目をするため、その高性能化が光ディスク装置全体の性能を左右する。要求される特性として;

- ① **短波長化**—高密度化、大容量化のための鍵
- ② **高出力化**—書き込みの高速化に必須
- ③ **低非点隔差化**—縦横絞り焦点のずれを防止
- ④ **低雑音化**—安定で高品質な記録・再生
- ⑤ **長寿命化**—システム信頼性の重要な要素

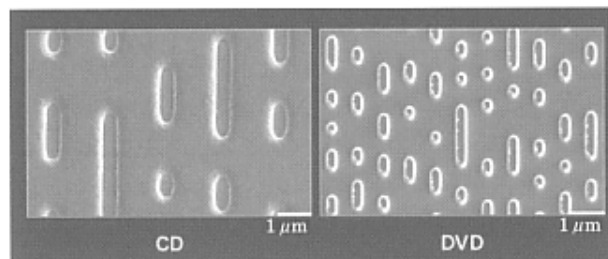


図27-20 CDとDVDのピットの比較(ソニー)

表27-6 光ディスクの分類

CD	CD-R CD-RW	追記型 相変化書換型	CD CD-ROM	音楽用 データ用
DVD	DVD-R DVD-RW DVD-RAM	追記型 相変化書換型 相変化書換型	DVD DVD-ROM	映像用 データ用
MO/MD	MD MO	光磁気書換型 光磁気書換型	MD MO	音楽用 データ用

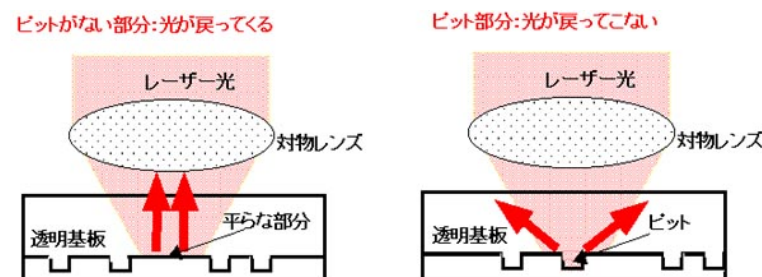


図27-19 CDによる読み取り

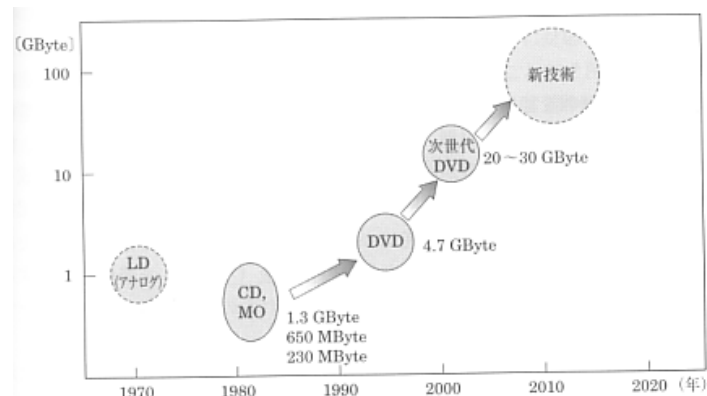


図27-21 光ディスクの世代の変遷 10

光ファイバーによる**信号伝送容量の増大**—波長軸、時間軸、空間軸を効果的に使って次のような方式がある：

時間分割多重方式—高周波(160Gb/s)として高密度化を図る

波長分割多重方式—波長(または逆数の周波数)を多数使う(～数100Tb/s)

空間分割多重方式—光ファイバを多数束ねて使う

光バイオ：レーザ光植物工場、(天候、病虫害、水資源対策)、生物による環境修復、陸上閉鎖系増養殖技術、光による沿岸漁業活性化、海中林復活、バイオマスなどへの展開が考えられる。

光エネルギー利用：超小型低コスト放射線装置(放射線治療、新材料創成、材料加工など)、ガラス細管加速器、低浸襲放射線治療、有機EL発光機構を用いた高効率照明の開発(NEDO) 等。

アト秒レーザ：フェムト秒レーザは微細加工などで実用化が進んでいるが、フェムト秒の1/1000のアト秒の超短時間パルスレーザでは原子中の電子の動きを見ることができる。電子の高励起状態、高速緩和に関する固体材料・構造物の特性変化・機能低下を解析することが可能となり、新材料・素材の創成に繋がるものと期待され、理化学研究所・東京大学などで開発中。 なお、30万km/sの光の速度でも30アト秒の間に光の進む距離は0.9 μ mに過ぎない。

電子ペーパー：紙の長所とされる視認性や携帯性を保った表示媒体のうち、表示内容を電氣的に書き換えることができるもの。特徴は消費電力(表示中は消費電力がなく、書き換え時の消費電力も非常に少ない)、応答速度(電気泳動方式では非常に遅く、動画用途には向かなかったが、電子粉流体では液晶よりも高速になっている)、視認性(紙と同じように反射光を利用して表示を行うため、視野角が広く直射日光に当たっても見やすい。また目に対する負担が少ない)、フレキシブル(基板にプラスチックやフィルムを使うことで曲げても品質を損なわずに表示できる。曲げられることによって用途を広げることができる)。

光コンピュータ：光に情報を担わせ、適当な光学機能素子により種々の演算を行わせるもの。光の高速性、アナログ処理が簡単ななどの性質に着目して構想された。従来の電子的コンピュータでは半導体の集積度の向上とともに導回路が細くなり、信号の伝達速度の低下と発熱が問題となり始め、テラヘルツ(GHzの1000倍)つまり、1秒間に1兆回の演算を実現するために、次世代コンピュータとして真剣に検討が始まった。並列アナログ式など各種の方式が検討されているが、素子が追いつかず実現時期は未定。

シンクロトロン放射光(Synchrotron Radiation)：荷電粒子が磁場の中で加速されるとき放射される光(放射光)の一種であり、特にシンクロトロンを用いて加速した場合に射出する光を指す。シンクロトロン放射光の特徴は、①輝度が高い、②指向性が大い、③偏光している、などであり、多方面に応用されている。日本では SPring-8、高エネルギー加速器研究機構の放射光研究施設(Photon Factory)などいくつか存在。超電導物質の原子構造を探る、タンパク質の構造を解析するなど物質科学や生命科学の基礎的な研究には不可欠。

光産業の代表的な事業および事業者(例)

LED	パナソニック、シャープ、東芝ライテック、豊田合成、岩崎電気、シチズン、スタンレー電気、サンケン電気、星和電機、ローム、日亜化学、＜HID＞三菱電機オスラム
LCD、PDP	＜液晶＞サムスン(韓)、LGフィリップス(韓)、シャープ、三洋電機、東芝松下ディスプレイテクノロジー、日立ディスプレイズ、カシオ計算機、＜PDP＞富士通日立プラズマディスプレイ、松下電器産業、パイオニア＜有機EL＞三洋電機
FDP部材	＜ガラス基板＞旭硝子、セントラル硝子、NHテクノプラス、日本電気硝子、日本板硝子、＜カラーフィルタ＞凸版印刷、大日本印刷、住友化学工業、東レ、アンデス電気、＜バックライト＞スタンレー電気、富士通化成、茶谷産業、＜ドライバーIC＞NECエレクトロニクス、ルネサステクノロジ、東芝、＜液晶バックライト用冷陰極蛍光管(CELL)＞リケンオプトプロダクツ、
レーザ	＜発信器＞浜松フotonクス、日本レーザー、島津製作所、日亜化学、＜フェムト秒レーザ＞フォトテクニカ、メガオプト＜加工機＞トルンプ、ファナック、東成エレクトロニクス、アマダ、レーザックス、コヒーレントジャパン、三菱電機、＜レーザマーカー＞堀内電機製作所、＜レーザ周辺光学部品＞日本レーザー
光半導体デバイス	＜フォトダイオード、フォトトランジスタ＞浜松フotonクス、松下電工、新光電子、コーデンシ、三菱電機、東芝セミコンダクタ、＜フォトカプラ＞東芝セミコンダクタ、シャープ、松下電工、＜フォトインタラプタ＞コーデンシ
光ファイバ、光ケーブル	住友電工、日立電線、三菱電線、古河電工、＜プラスチック系＞旭化成エレクトロニクス、三菱レイヨン、＜センサ＞オムロン、＜分岐・コネクタ＞日本電気、京セラ、＜通信＞NTT(FTH)、電力各社、＜試験器＞横河電機
光通信回線	NTT東日本、NTT西日本、KDDI、USEN、電力系通信事業者、＜信号読取LSI＞NEC
太陽電池	三洋電機、京セラ、シャープ、三菱電機、カネカ、日立(両面式)、シェルソーラジャパン、ホンダソルテック
光ディスク	太陽誘電、TDK、ソニー、マクスウェル、ビクター、パナソニック、富士フイルム、三菱ケミカルメディア
電子光学器械	＜露光装置＞NEC、キャノン、ニコン、＜露光光源＞小松製作所、ウシオ電機、ギガフォトン、＜スリット装置＞アルバック
電子ペーパー	凸版印刷、東芝、シャープ、富士ゼロックス、大日本印刷、ブリジストン、
光学機器	キャノン、昭和オプトロニクス、三鷹光機＜光学薄膜＞オプトラン、＜偏光版＞日東電工、＜光学ガラス加工品＞ジャパンセル、ソーラボジャパン、TEM、住友電工ハードメタル、プラスチック光学、日本特殊光学樹脂

団体：(財)光産業技術振興協会、(独)産総研－光技術研究部門、日本光学測定機工業会、太陽光発電技術研究組合、ソーラーシステム振興協会、太陽光発電協会、LED照明推進協議会、日本照明器具工業会、日本電線工業会

レーザー光線で空中送電	電線なしで送電方向を特定し、周波数を高めて高エネルギー密度で長距離送電を行う。但し、途中で鳥などがレーザー光を横切ると鳥が焼死するなどの危険がある
ファイバレーザ	シングルモード光ファイバーのコア部分にErイオンなどの増幅媒体をドープしたものは、光ファイバ増幅器として働く。小型化、安定性、高信頼性のレーザ発信装置
レーザ核融合	水素の同位元素である重水素と三重水素に核融合を起こさせ大エネルギーを得る。直系1mm程度の核融合燃料小球(ペレット)の表面に四方八方から強力なレーザを照射し、数百万℃の高温プラズマを発生させ、四方八方に飛び出させる。ペレット中心部は圧縮され、1億℃という高温、高密度となり、核融合反応が爆発的に起こり、エネルギーを発生する
次世代DVD	光ディスクの高密度化のためには、ビームを細くして、波長405nmの青緑のレーザ光利用を進めてきている。次世代用としてブルーレイディスク(記録層のカバー層の厚さ1/6、記録密度5倍のDVD)とHD-DVD(張り合わせディスク等で片面記録容量4倍)が規格化されている。(研修日翌日、東芝はHD-DVD事業からの撤退を表明)
フォトニック結晶	屈折率の違う物質を周期的に配列した構造体。特定の波長を通さないフォトニックバンドギャップ(PBG)という特性を持ち、光のスピードを遅くしたり、光を閉じ込めたりする特性を持って、光コンピュータなど広い応用が見込まれる。しかし作成にはnmオーダの構造体を作りこむ微細加工技術が必要(日刊工業新聞2007.3.1記事)
FTTH	光ファイバを伝送路として一般個人宅に直接引き込むアクセス系光通信網の構成方式。中継局からの路線長が長くてもADSLのような伝送損失の影響が少ないが、光ケーブルを直接引き込む工事が必要。利用可能率は東京、大阪、神奈川はほぼ100%、全国平均82.6%、実利用率は東京都27.3%(2006年12月)



図27-21a 光コネクタ(左)と同接続用アダプタ(右)

偏光	電場および磁場が特定の方向にしか振動していない光のこと。普通の光は、あらゆる方向に振動している光が混合しているが、一部の結晶や光学フィルターを通すことによって偏光を得ることができる。偏光は一般に楕円偏光であるが、直線偏光、円偏光もある。液晶ディスプレイ、MOディスク等に応用されている
光子(フォトン)	電磁相互作用を媒介する素粒子のひとつ。アインシュタインが電磁波の粒子的な側面を説明するために導入した光の量子で、アインシュタイン自身は 光量子 (Light Quantum)の名前で提唱している
コヒーレンス	波の持つ性質の一つで、複数の波を重ね合わせるとき、波が打ち消し合ったり強め合ったりする干渉のしやすさ(干渉縞の鮮明さ)を表す。干渉を明瞭に観測するには重ね合わせる波同士の位相・振幅に、一定の関係があることが必要。例えば、2つの波の振幅が等しく、位相が 180° ずれていれば結果波は消え、振幅と位相がともに等しければ合成した波は2倍の振幅を持つ
CCDセンサ (Charge Coupled Device)	半導体による固体イメージセンサで一種の画像センサ。ビデオカメラ等に使用される。光検出素子はフォトダイオードを使用し、各画素の出力信号を電荷転送素子に転送し、その後順次読み出す。小型、軽量、低電圧作動、低消費電力などのメリットを有する
ステルス兵器	軍用機、軍艦、戦闘車両等の兵器をレーダー等のセンサー類から探知され難くする為の軍事技術の総称。「ステルス性」という言葉は「ある兵器がセンサー類からどの程度探知され難いか」ということを相対的に表す。「ステルス」とは「こっそりとする」「隠れる」のこと

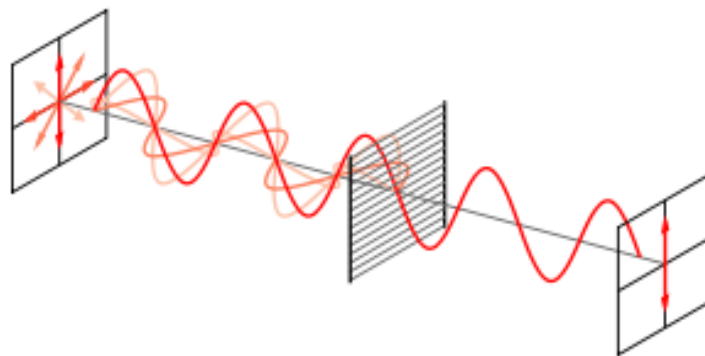
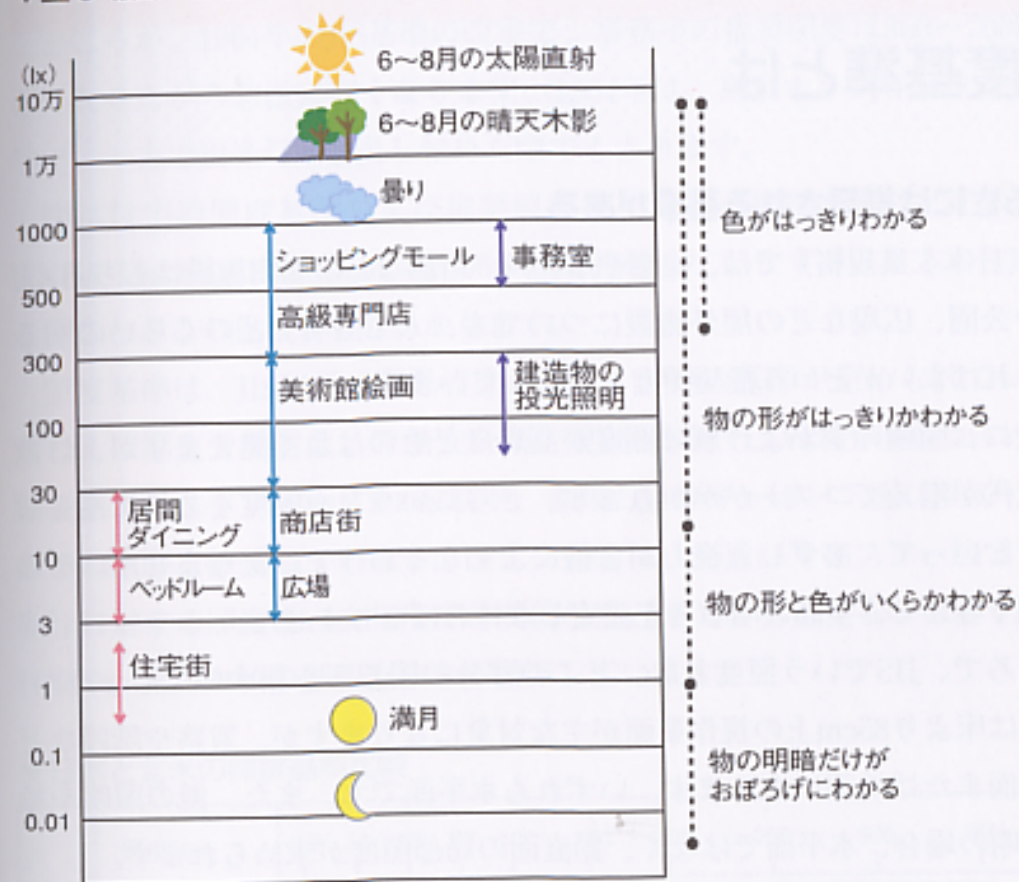


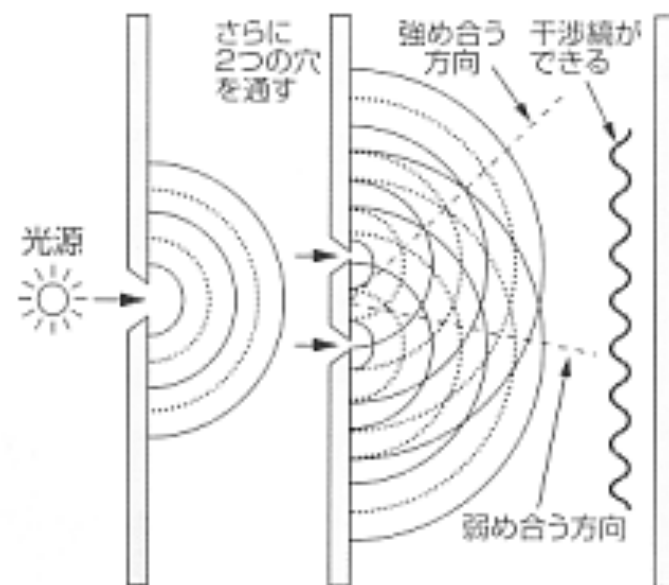
図27-21b 偏光

▼主な場面の照度とものの見え方



参考図27-1 光の照度

図2-17 ■干渉の様子

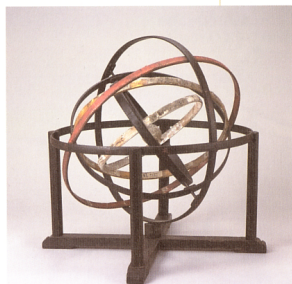


参考図27-2 光の干渉

渾天儀

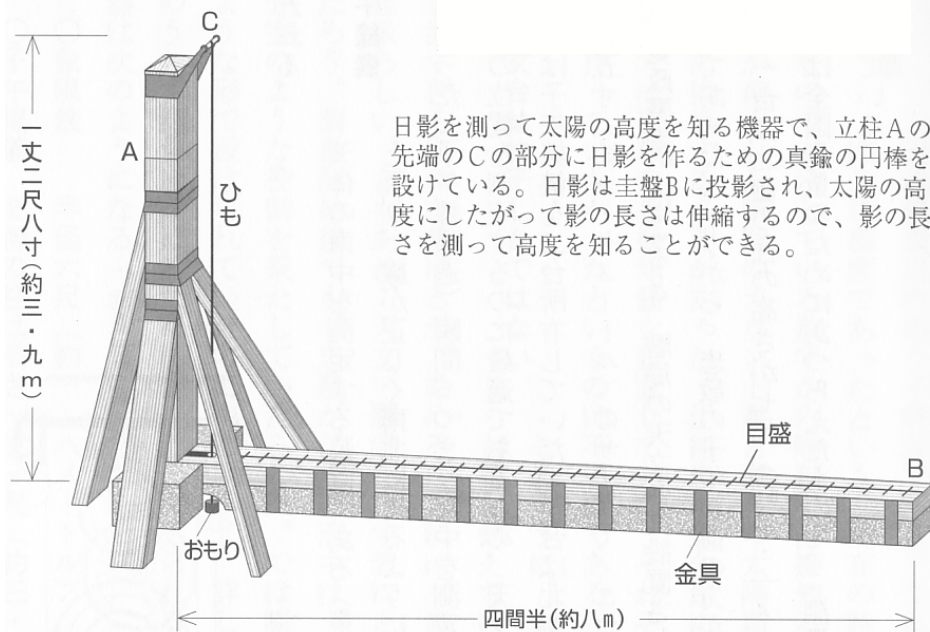
これは天球の模型で、古代中国では渾天儀と呼ばれたもので、天を球状とする「渾天説」に基づいた手組模型に由来する。地平・子午・赤道などを表す環を取り付け、これに南北・東西に回転する環を設け、天の運行を模擬した。これに太陽の道（黄道）や月の運行道（白道）など何れもの環が付け加えられた。渾天儀は太陽や月の運行経路などを説明するために用いられ、天の運行を模擬した。渾天儀は木製で、いすれも木製。

↑ 関連P 114

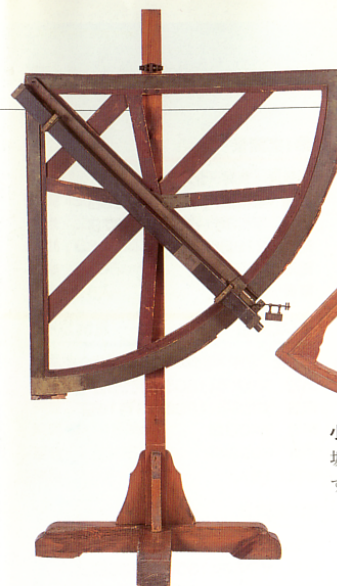


トヨタコレクション

圭表儀



測量器具 (伊能忠敬記念館蔵)



中象限儀模型

恒星の高度を測るために使われた。天体観測のメインの機器である。四半円部は伊能隊が利用した実物だが支柱は仮柱である。(本文参照)



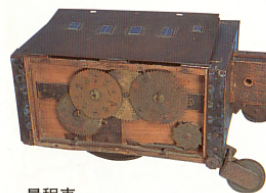
小象限儀

坂道を平面距離に補正するため勾配を測った。



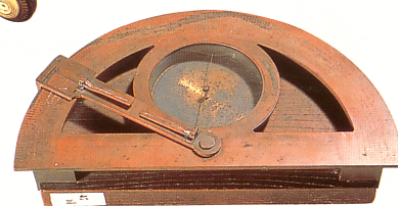
大望遠鏡

遠山の見通し、日月食、木星の観測などに使われた。



量程車

動輪の回転数を歯車で数え、距離を表示した機器で、引いて歩けば距離がわかる。理論上、一万間（約18キロメートル）まで計測でき、街道など平坦地で利用された。

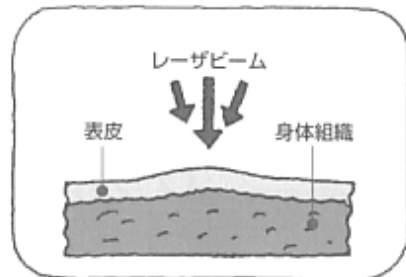


半円方位盤

遠山の方位を測る機器の一種。磁石で南北を合わせ、覗き尺を動かして目標を狙い、目盛板から方位を読み取る。

参考図27-3 伊能忠敬の測量機器

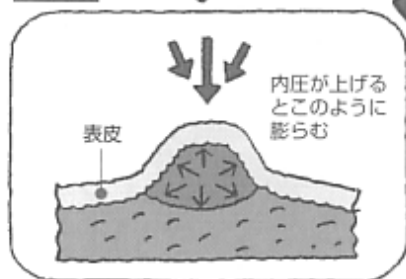
①レーザー照射



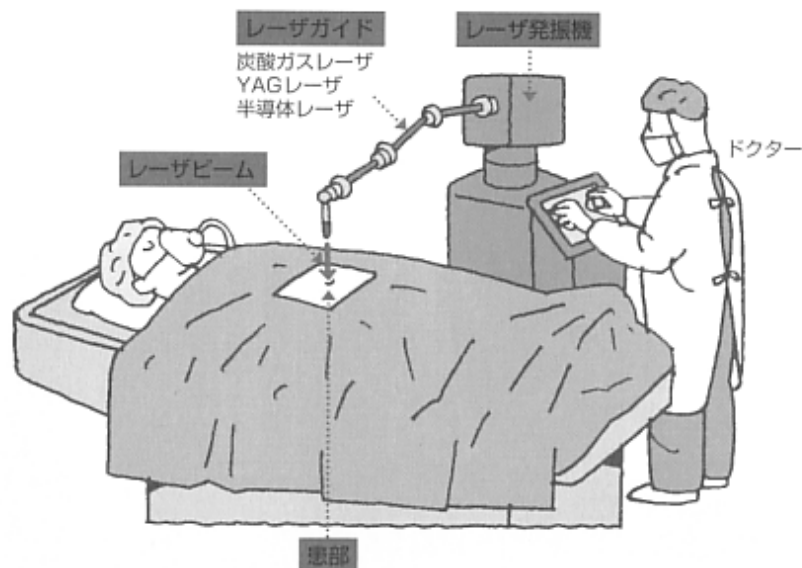
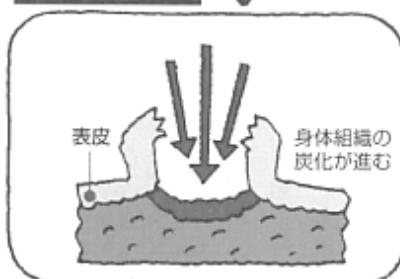
③蒸散による切開



②加熱



④炭化による止血

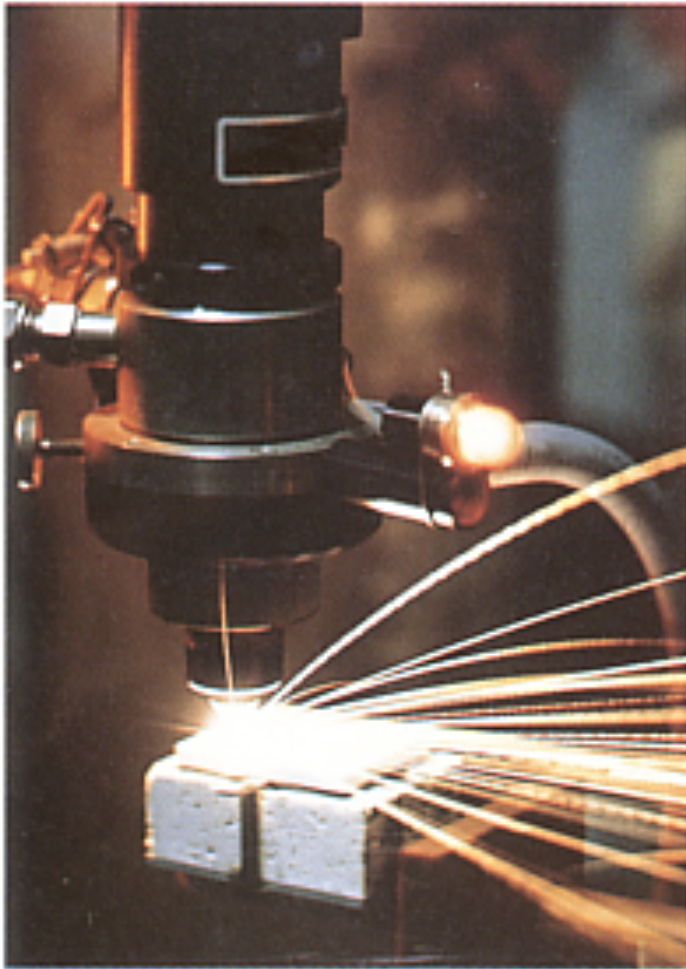


参考図27-4 レーザ照射による切開手術

レーザー製品の放射安全基準 (JIS C 6802)

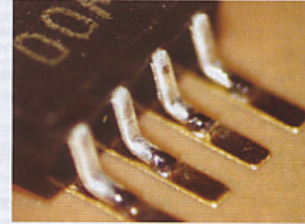
クラス	危険度	基準
1	本質的に安全	特別な安全対策不要 100秒間その光を瞬きなしに見続けても、網膜に損傷がない。パッケージングにより光の漏洩を押さえた、レーザープリンタやCDもこの部類に入る。どのような条件でもMPEを超えない。双眼鏡のような補助光学系を用いても安全。(レーザー径に関係なく、He-Neで10μW程度)
2	安全	可視光に対して定められているクラス 瞬きの時間0.25秒に対して網膜が損傷しない安全が確保されている。双眼鏡のような補助光学系を用いても安全。レーザーポインタなどがこの部類。(レーザー径に関係なく、He-Neで1mW以下3W以下の単パルス(パルス幅10⁻⁷秒)可視光レーザー)
3	少し危険	光学系を用いたビーム内の観察は危険 可視光に対してクラス2の5倍の出力。ただし、補助光学系を用いなくて直接見たときのみの安全性を規定しているので、単位面積当たりのパワーは、クラス2と同程度(直径7mmのレーザー径の場合1mW)でなければならない。(CWで5mW以下、短パルス10W以下の可視光レーザー)
4	かなり危険	直接のビーム内観察は危険 拡散反射光で最小観察距離13cm以上、最大観察時間10秒以内であれば安全。(CWで0.5W以下の可視光レーザー)
5	とても危険	クラス3以上の高出力レーザー 拡散反射鏡でさえ危険。皮膚やけど、火災の危険を生じる。多くの実験用、工業用レーザーがこの部類に入る。(0.5Wを超える可視光レーザー)

レーザー製造業者は、クラス2以上の製品に警告・説明ラベルを貼らなければならない。



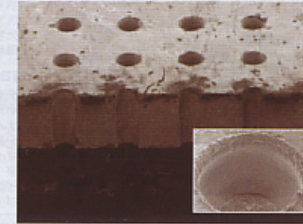
・レーザーでできること(一例)

溶着・溶接(はんだ付けなど)



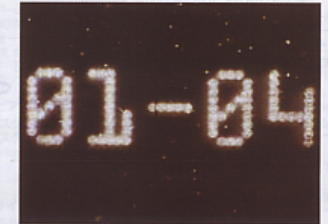
はんだを使わず、レーザーで直接溶着した部分の拡大図

プリント基板の穴あけ、切断



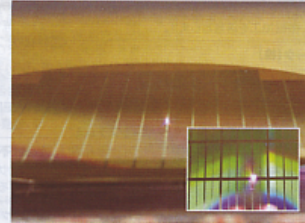
ビアホール、穴あけ(直径50ミクロン)

マーキング



半導体材料へのドットマーキング

半導体、電子デバイスの加工



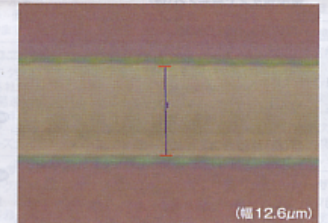
シリコンウエハーのフルカット

精密切断



CO₂レーザーによるクォーツの切断

薄膜除去・材料の除去



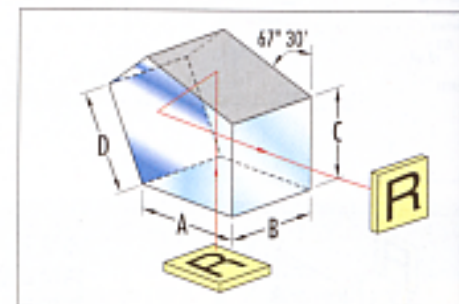
ITOターゲット材の除去
(幅12.6μm)

参考図27-5 CO₂レーザー加工機



・標準精度と高精度タイプをラインナップ

ペンタプリズムは二度の反射により光路を 90° 偏角する機能を持ち、この時の像は正立でしかも左右は反転していません。反射面二面にはアルミコート进行、その上を更にインコネル、及び黒色塗装で保護しています。一方の入射・出射面二面には可視域用広帯域反射防止膜 (MgF_2 シングルコート) が施されています。プリズムが傾いたり、熱膨張による体積変化が生じたり、或いは移動中に振動したりしても、入射光に対する 90° の偏角方向に影響がなく (定偏角)、またプリズム内を通る光路長も長くできるため、測量機器や屈折計への使用、また装置の小型化の用途に用いられます。



参考図27-6 ペンタプリズム

光コネクタ接続用アダプタ



SCアダプタ C363AS *1)

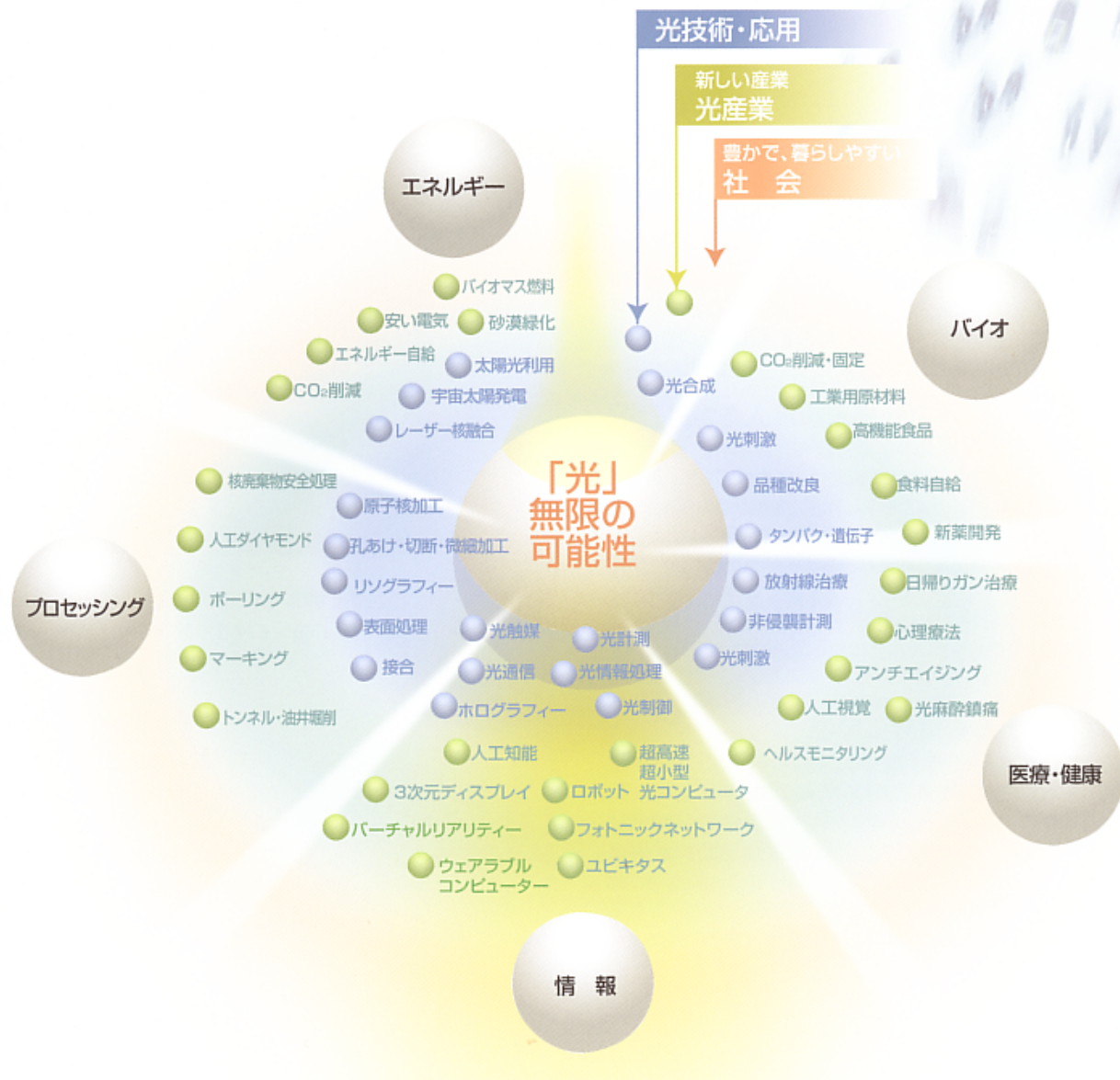


MTRJアダプタ C3502AS
※C3502T (ピン有) と C3502U (ピン無) をかん含させてください



MPDコネクタ用アダプタ C3300AS
※C330□T (ピン有) と C330□U (ピン無) をかん含させてください

参考図27-7 光ファイバ接続用アダプタ



参考図27-8 光技術の応用

参考資料

1. トコトンやさしい光の本 谷腰欣司 日刊工業新聞社 2004.8.15
2. カラー図解 照明のことがわかる本 中島龍興 日本実業出版社 2007.3.1
3. 図解 わかる画像技術 上西勝三 工業調査会 2006.6.20
4. やさしい光技術 (財)光産業技術振興協会(編) オプトロニクス社 1998.8.21
5. 光ー未来への新たな挑戦 (独)産総研ー光技術研究部門(編) 丸善 2002.5.10
6. 光ファイバ通信技術 前田譲治 電波新聞社 2005.3.20
7. 光電子技術とIT社会(放送大学教材) 西原浩 日本放送出版協会 2004.3.20
8. レーザ加工基礎のきそ 新井武二 日刊工業新聞社 2007.6.27
9. レーザ光のおはなし 飯島徹穂 日本規格協会 2004.11.30
10. これがディスプレイの全貌だ! 泉谷渉 かんき出版 2005.4.18
11. 太陽電池 濱川圭弘 コロナ社 2004.7.16
12. 図解 半導体ガイド 東芝／セミコンダクター社 誠文堂新光社 2007.12.10
13. フォトニクスー光エレクトロニクスとその進展ー 末松安晴・小林功郎 オーム社 2007.12.15
14. 各社HP

