

電気電子基礎学

光エレクトロニクスの基礎

その1・光記録

水本哲弥

電気電子工学専攻

光エレクトロニクスとは？

- Optoelectronics（光エレクトロニクス）
 - Optics（光学）
 - Electronics（電子工学）
- が融合した分野＝光電子工学
 - システム：光通信，光記録，情報表示
 - 光デバイス：レーザ，LED，光ファイバ，光センサ
 - 材料：半導体(GaInAsP, Si)，誘電体，磁性体，
有機材料

■ 応用分野

- － 情報通信の大容量化・高速化
- － 情報通信機器の高性能化・高機能化

■ 関連する授業科目

とてもたくさんある(^_^ゞ

- － 電磁気学, 線形回路, アナログ電子回路, デジタル電子回路, 回路理論, フーリエ変換 ...
- － 半導体物性, 電子デバイス, 電気電子材料, 量子力学, 波動工学, 通信伝送工学, **光エレクトロニクス** ...

身近な光エレクトロニクス (1)



Source: Panasonic



Source: 三菱電機

身近な光エレクトロニクス (2)



Source: Pioneer



Source: SONY

身近な光エレクトロニクス (3)



Source: apple iPhone



Source: Panasonic

身近な光エレクトロニクス (4)



Source: Canon

- 電気-光 変換器(光源, 表示器)
- 光-電気 変換器(光検出器)
- 光を伝える媒体
- 光で記録する媒体

- 光源とは...
 - － 光を放つもの
 - － 電気を光に変換する
 - 単純に光エネルギーを提供する
 - 電気信号を光の信号に変換する

■ 光エネルギーを提供する(だけ...)

“あかり”, “発光”



Source: アクティブスター



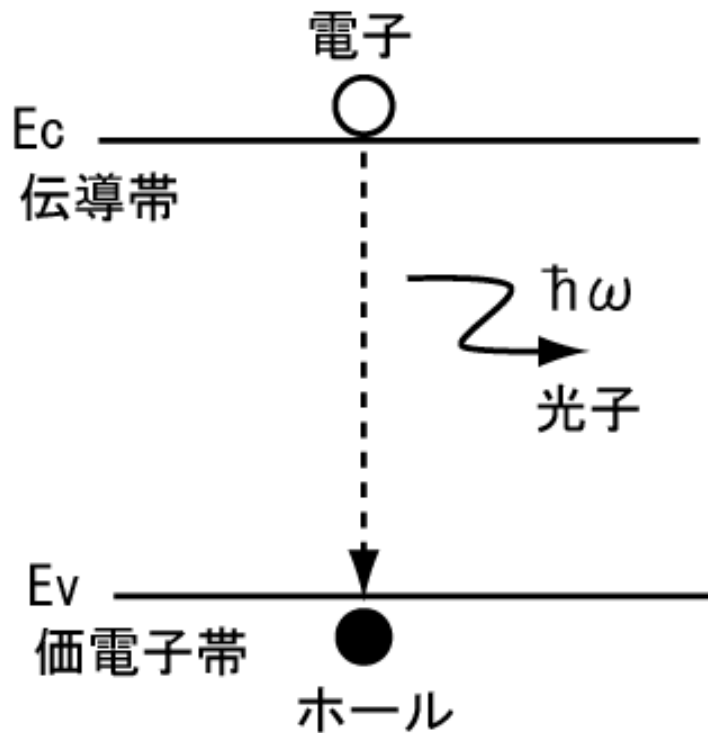
Source: Apple

- 電気信号を光の信号に変換する
“信号源”

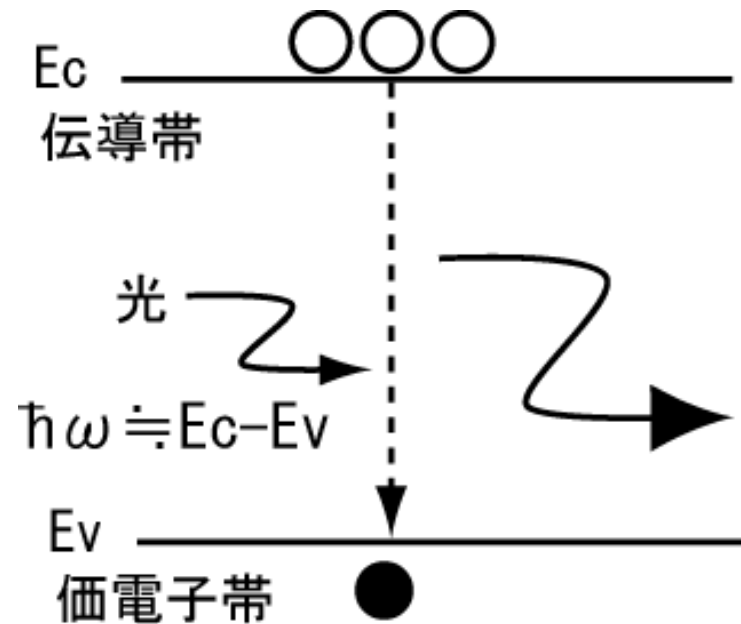
この基礎となる物理現象は...

半導体における発光

～自然放出と誘導放出～



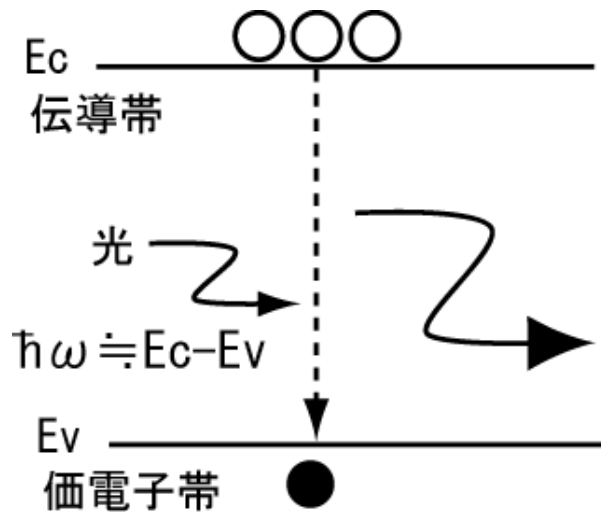
自然放出
⇒発光



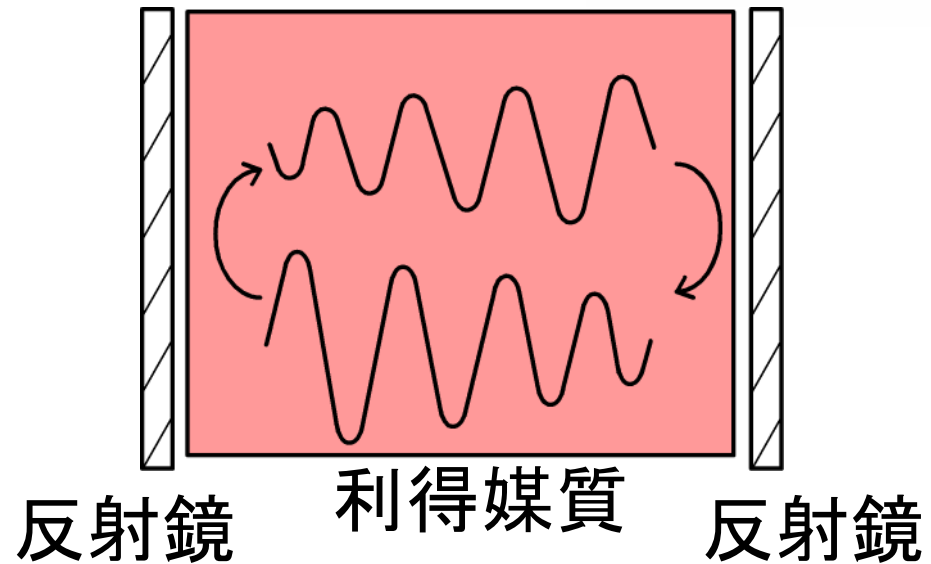
誘導放出
⇒レーザ

半導体レーザー

～誘導放出と共振器～



誘導放出



共振器

利得媒質を共振器の中に入れる ➡ 誘導放出が次々に起こる(レーザ発振)

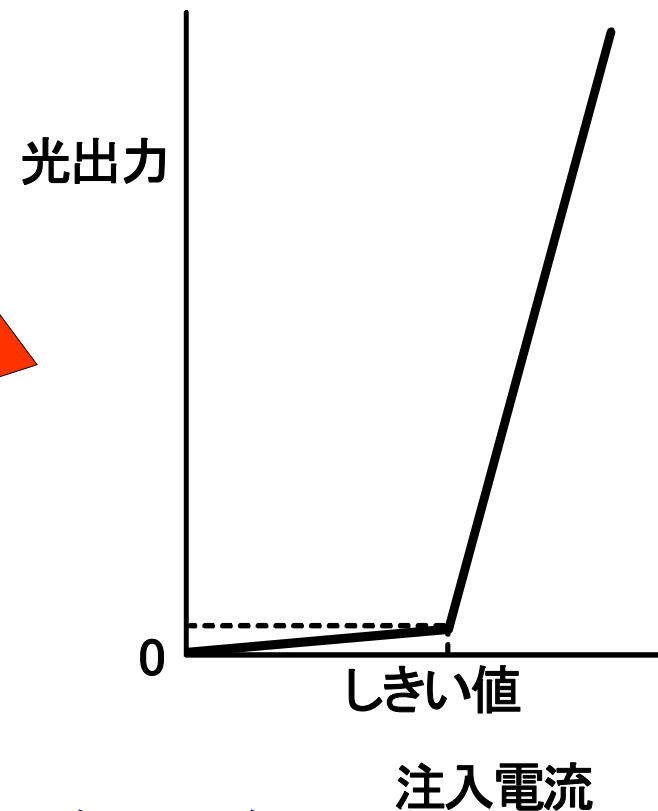
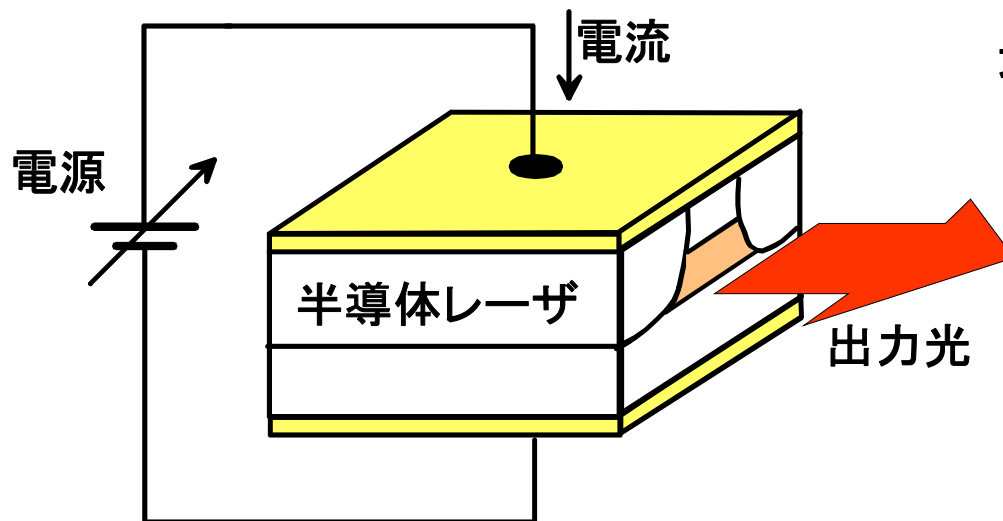


半導体レーザとLED

■ 半導体レーザ

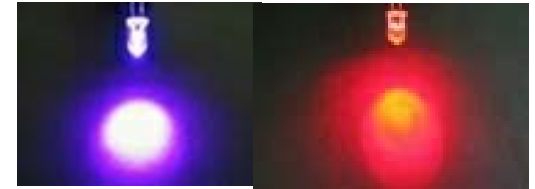
(Laser: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

しきい値以上で光出力が注入電流に比例

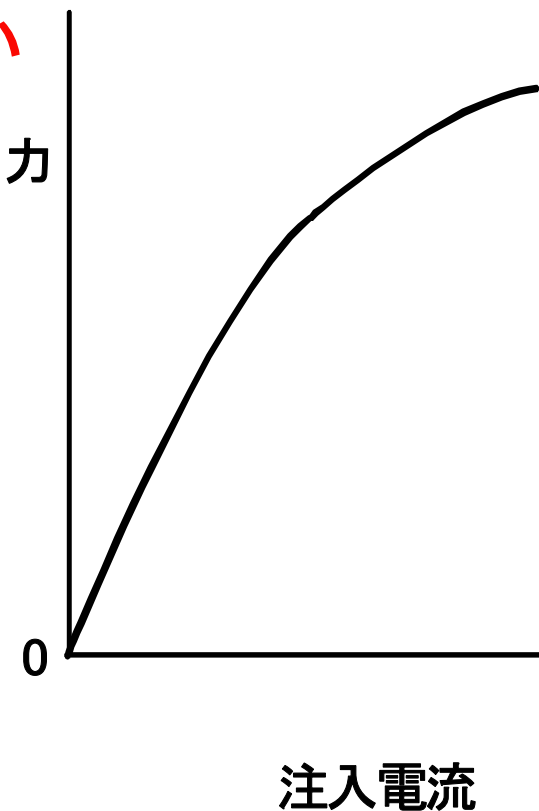
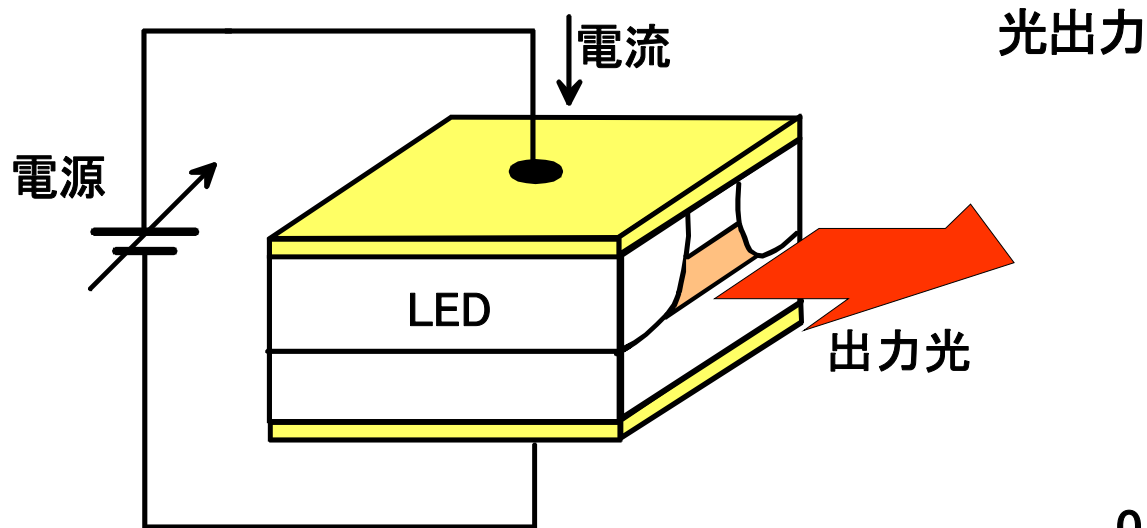


半導体レーザとLED

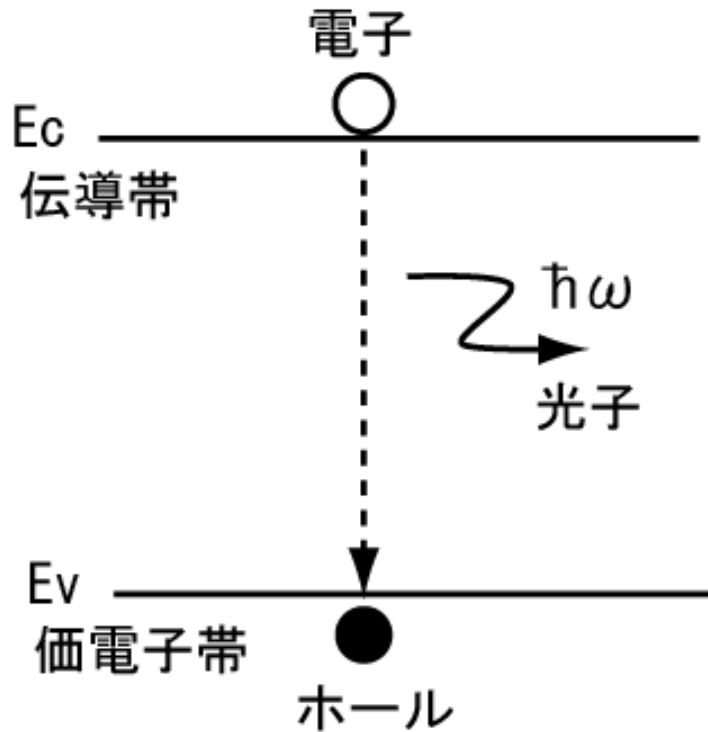
- 発光ダイオード
(LED: Light Emitting Diode)



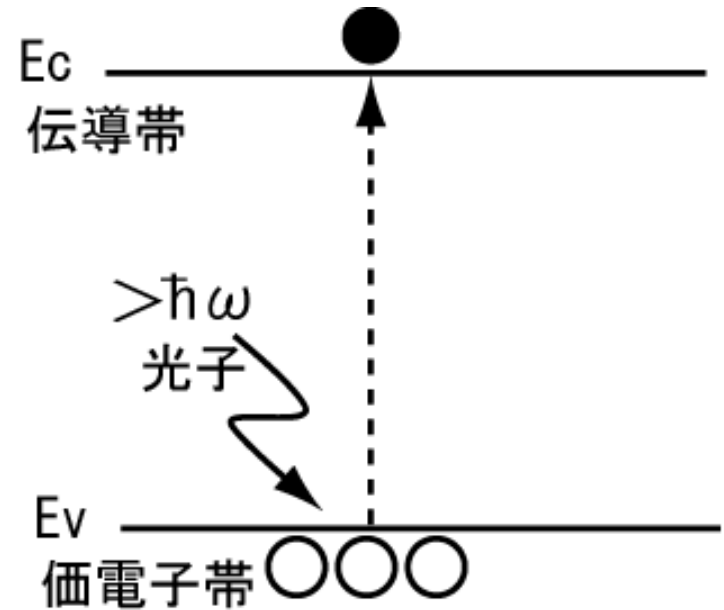
電流-光出力特性にしきい値がない



半導体における発光と吸収



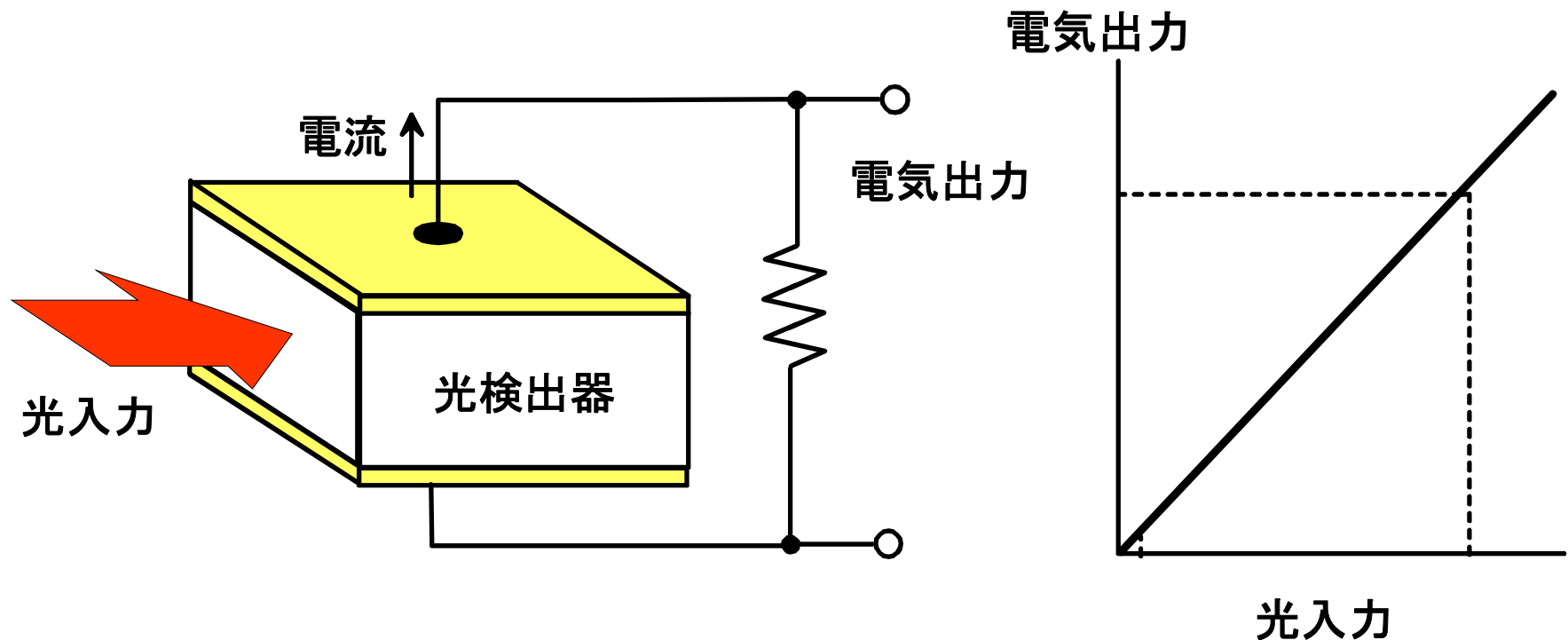
自然放出
⇒ 発光



吸収
⇒ 光検出器

光検出器

入力した光パワーに比例した電流が流れる。
⇒ 光-電気変換

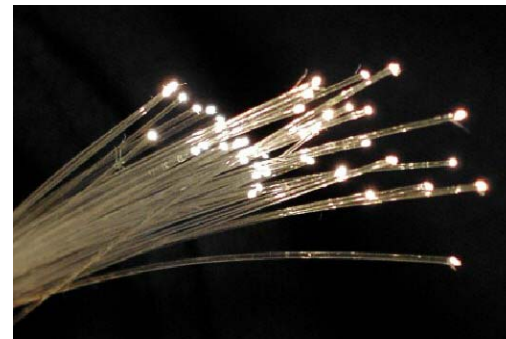


光を伝える媒体

- 空間を伝搬
 - 直進する...しかない
 - 鏡やレンズで伝搬を制御
- 伝送路(光ファイバ)を伝搬
 - 自由自在に曲げることができる

光エレクトロニクス応用の具体例

- 光ディスク
- 光ファイバ通信



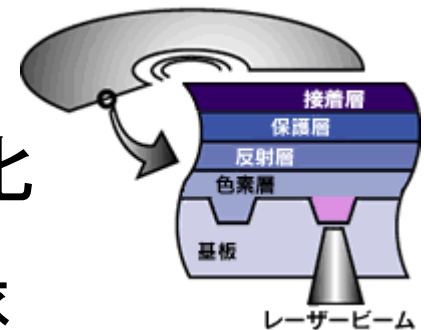
光エレクトロニクスの応用

Source: sony web site

■ DVD-Rの記録・再生

記録: 有機色素と基板がレーザー光で変化
ピット(凹凸)の形成で情報を記録

再生: ピットの有無による反射率の差で読取り



光エレクトロニクスの応用

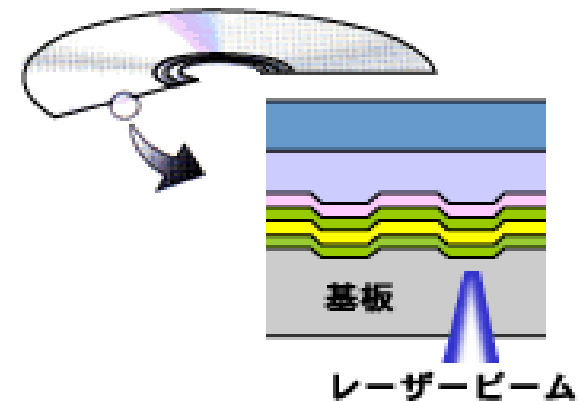
- DVD-RWの記録・再生・消去

記録: 高出力レーザーで記録材料溶融(アモルファス)

再生: アモルファスと結晶の反射率差で読取り

消去: 中出力レーザーで徐熱・徐冷して再結晶化

- ブルーレイディスクも基本的に同様



Source: sony web site

CD, DVD, ブルーレイディスク

いずれも同じ大きさ(直径12cm)の円盤
記録密度の違いはどこから生まれる？

- CD : 700 MB
- DVD : 4.7GB
- ブルーレイ : 25 GB



CD, DVD, ブルーレイディスク

～記録・再生光源の波長～

■ 光源の波長

– CD : 780nm (近赤外)



– DVD : 650nm (赤色)



– ブルーレイ : 405nm (青紫色)



■ 波長が短い

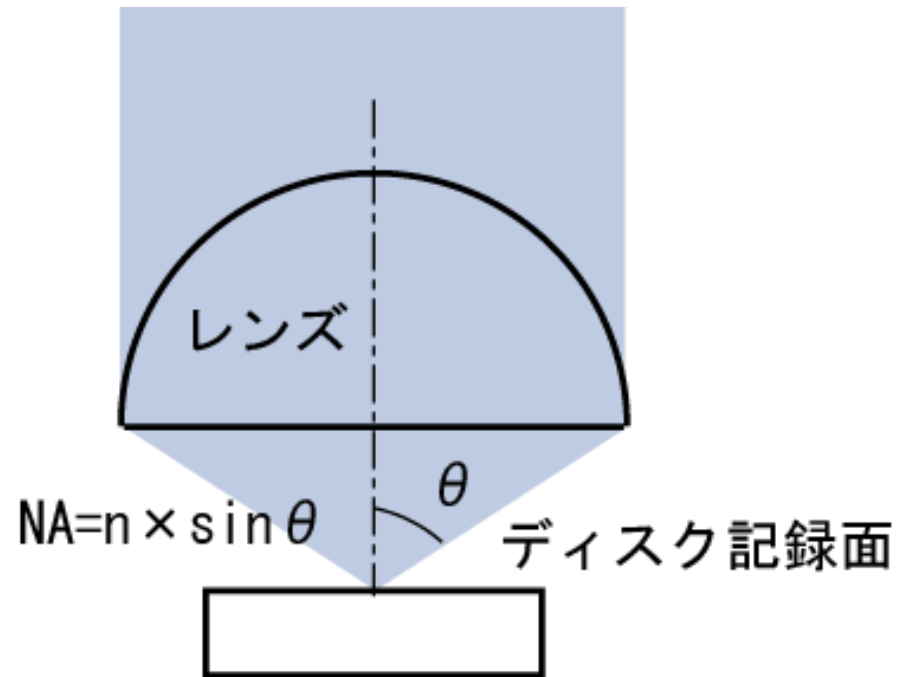
→ 解像度 (空間分解能) が高い

～ピックアップ・レンズ～

■ レンズの集光性能(開口数NA)

- CD : 0.45
- DVD : 0.6
- ブルーレイ : 0.85

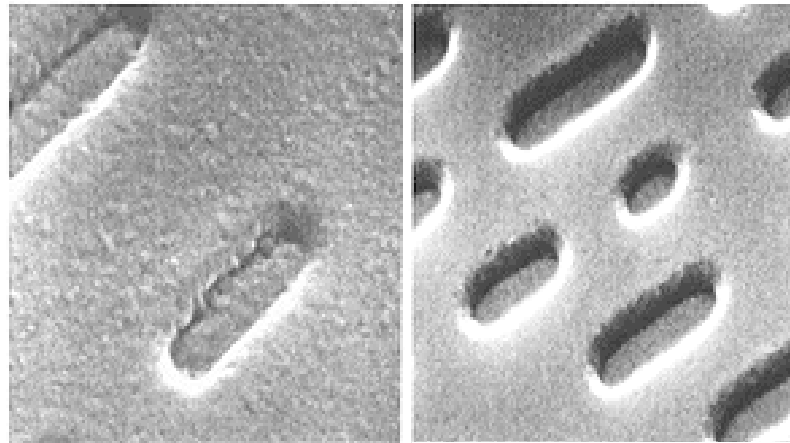
大きなNA
＝広い集光角



CD, DVD, ブルーレイディスク

- 解像度 = 光源波長 / (2NA)
 - CD : $780\text{nm} / (2 \times 0.45) = 867\text{nm}$
 - DVD : $650\text{nm} / (2 \times 0.6) = 541\text{nm}$
 - ブルーレイ : $405\text{nm} / (2 \times 0.85) = 238\text{nm}$
- スポット面積は
 CD : DVD : ブルーレイ = 13.3 : 5.2 : 1
- 記録容量
 CD-ROM : DVD(1層) : ブルーレイ(1層)
 = 0.7GB : 4.7GB : 25GB

CD, DVD



CD-ROM

DVD

パイオニア～<http://pioneer.jp/crdl/tech/dvd/2.html>

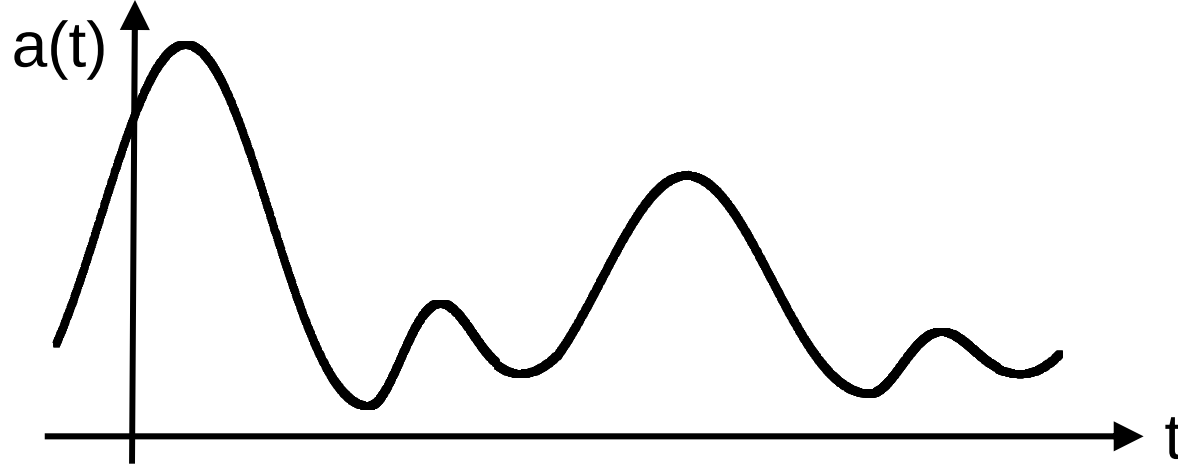
- スポット面積 $13.3 : 5.2 = 2.56 : 1$
- 記録容量 $0.7 : 4.7$ (GB)
- トラックピッチ $1.6 : 0.74$ (μm)

狭トラックピッチ

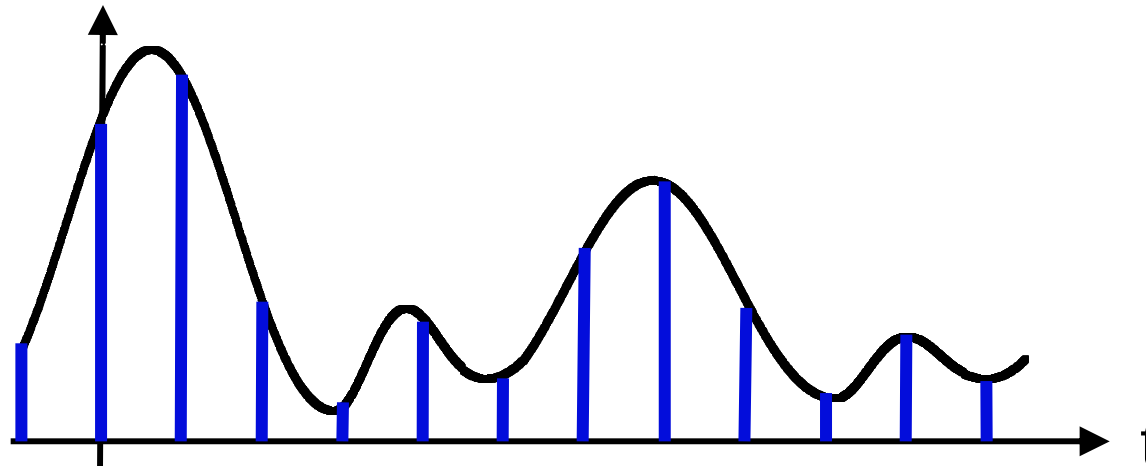
→ ディスク偏心許容度, トラックサーボ精度

何を記録する：標本化

信号(アナログ)：時間的に連続



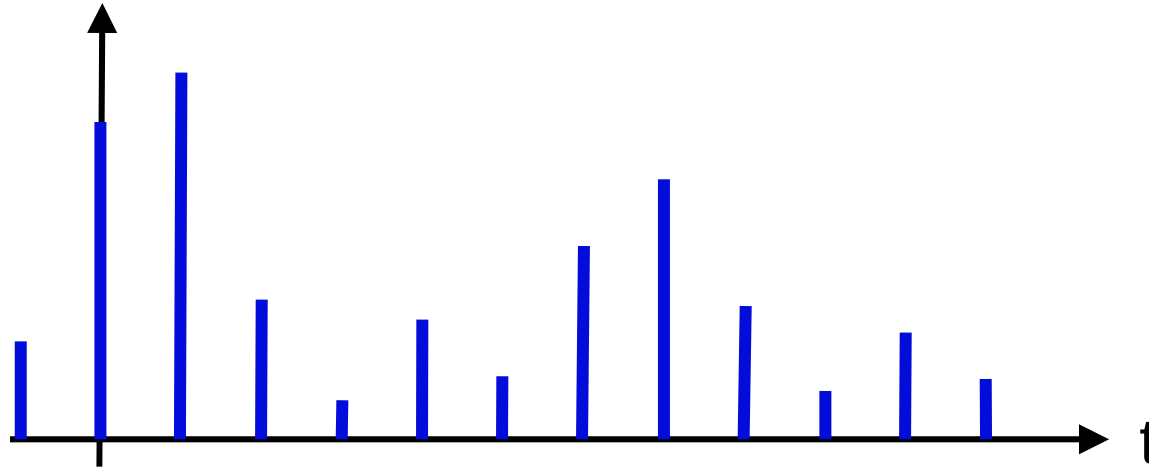
標本化：時間的離散化



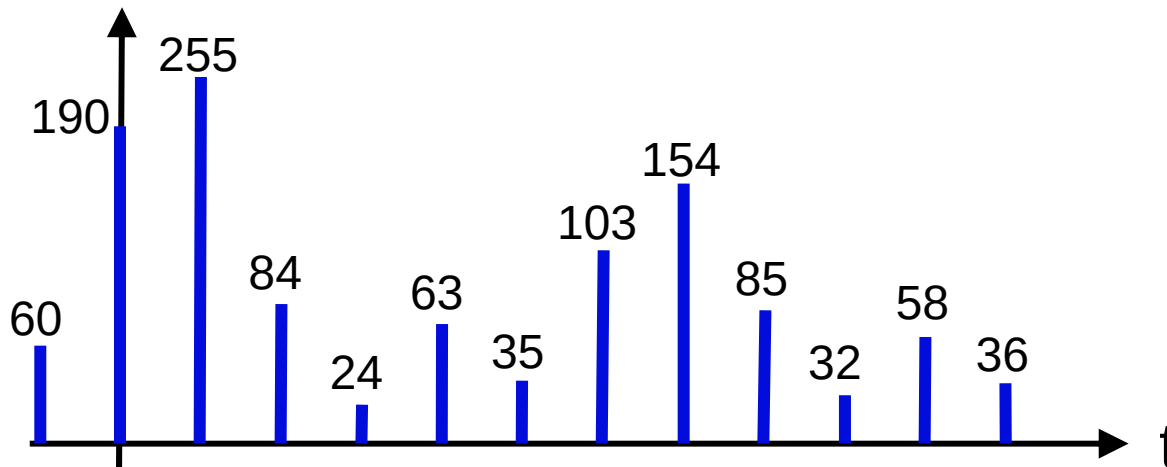
【関連講義】フーリエ変換及びラプラス変換

何を記録する:量子化

信号(アナログ): 振幅は連続量



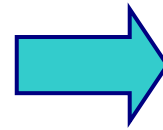
量子化: 振幅をデジタル表現



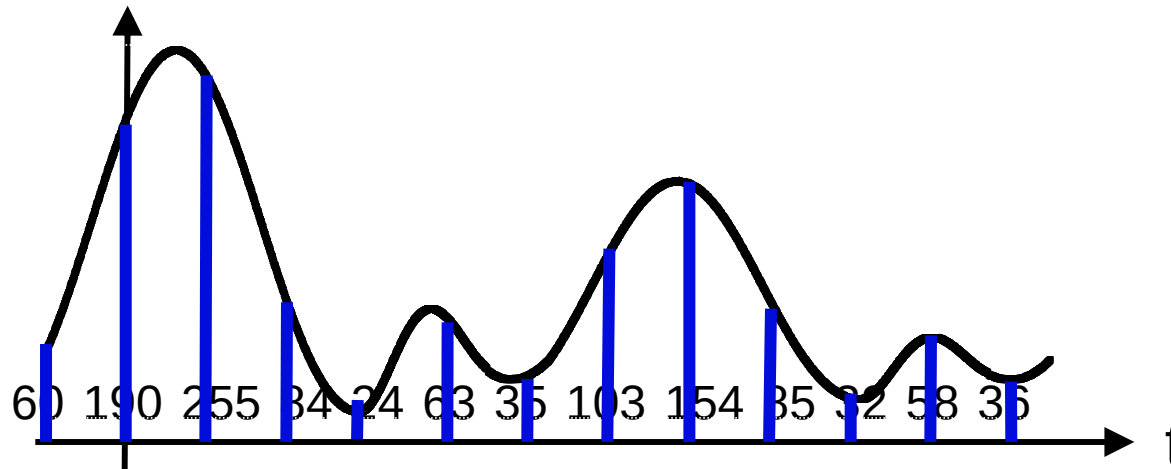
何を記録する：デジタル情報

アナログ信号

- ・時間軸：標本化による離散化
- ・振 幅：量子化による離散化

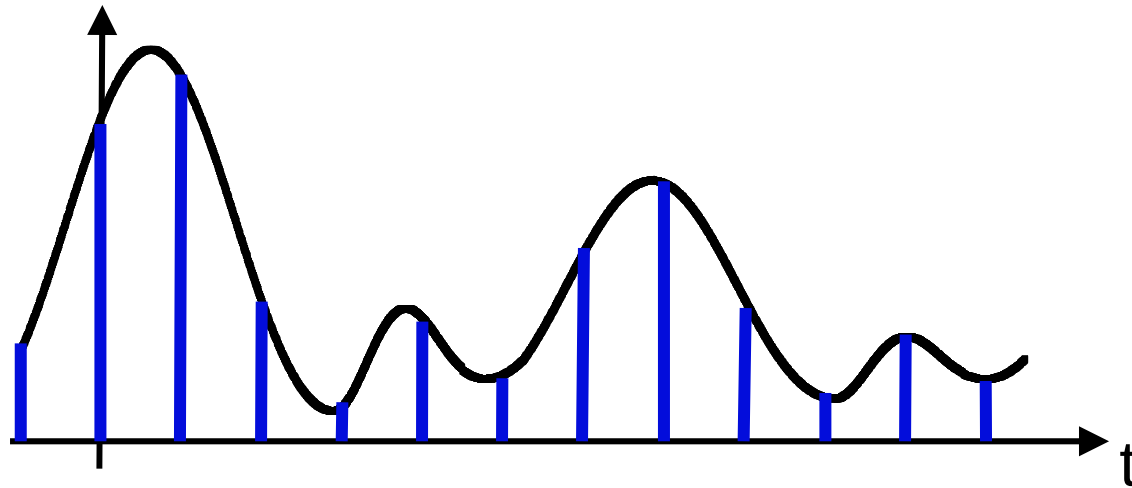


離散化された数値列
デジタル化

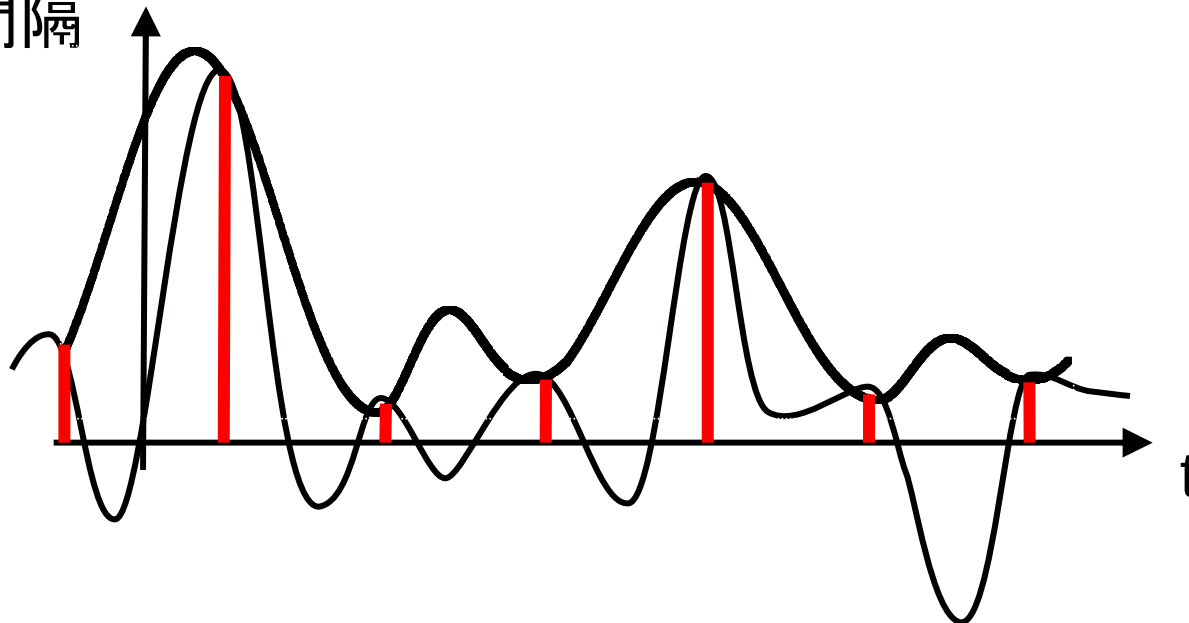


信号の標本化

標本化



標本化間隔

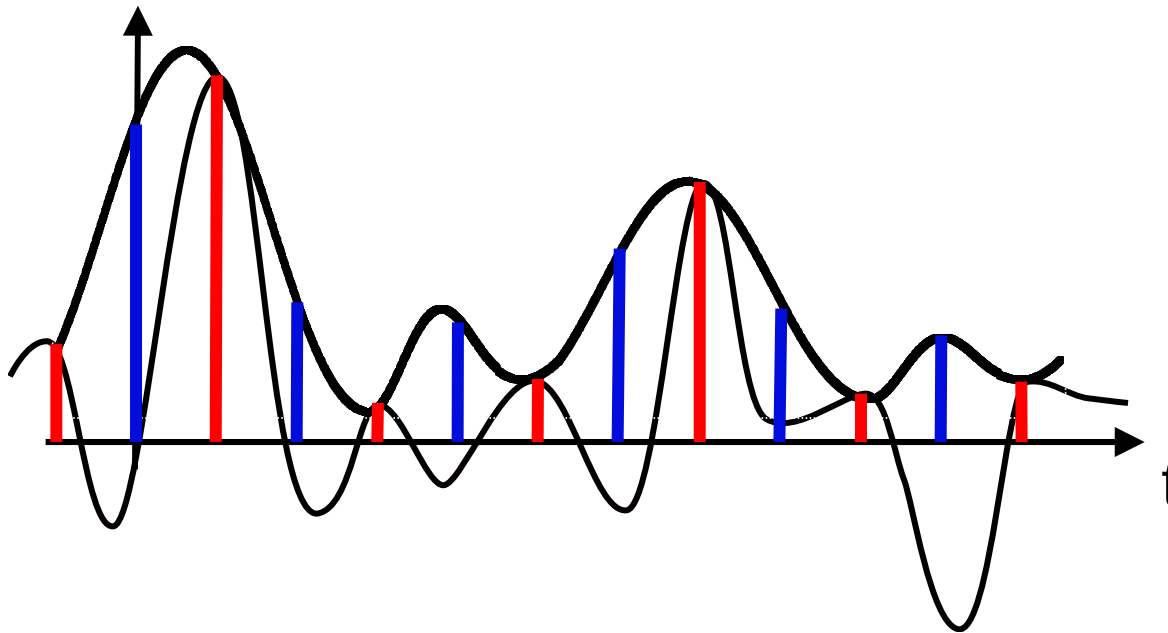


標本化定理

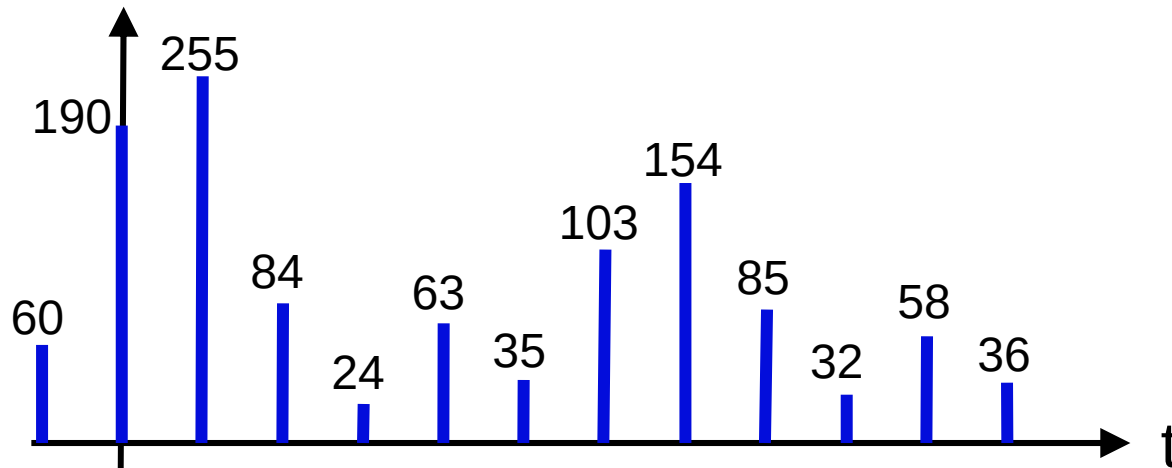
信号の最大周波数 f_m に対して時間間隔

$$\text{標本化間隔} \leq 1/(2f_m)$$

で標本化すると、標本化によって得られた離散値から元の信号を復元することができる。



量子化



量子化:

- ・一様量子化: 量子化ステップが一様
小振幅に対する量子化誤差
- ・非線形量子化: 量子化ステップが一定ではない
- ・音楽CD: 16ビット(一様量子化)
- ・DVD video: 24ビットまでサポート

- 光エレクトロニクスは、多くの技術が関連する学問分野
- 今日（第一回目）は、光記録を中心に説明
- レンズのNAと波長 → 分解能
- 標本化と量子化 → アナログ信号のデジタル化