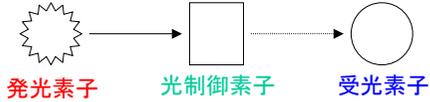


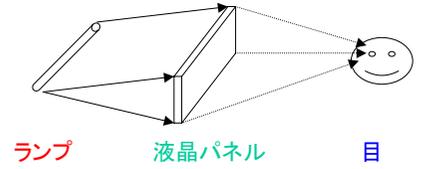
光の応用: 光情報システムの基本構成

基本構成

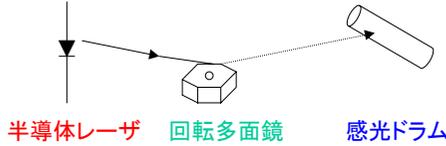


光情報処理機器

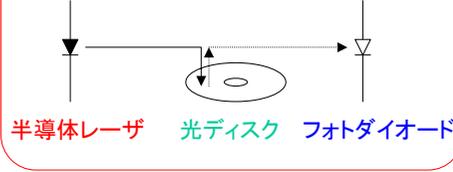
・液晶ディスプレイ



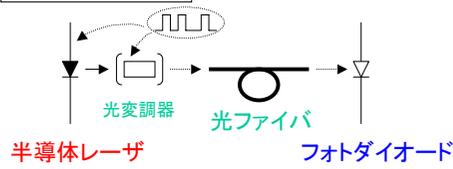
・レーザ・プリンタ



・光ディスク



光通信システム



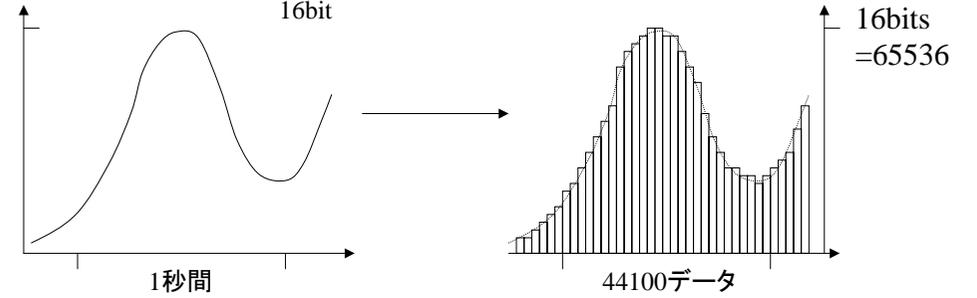
光ディスク

音楽用CD: 1981 Sony, Philips

音楽データ → ADコンバータ → デジタルデータ

サンプリングレート: 44.1kHz

16bit

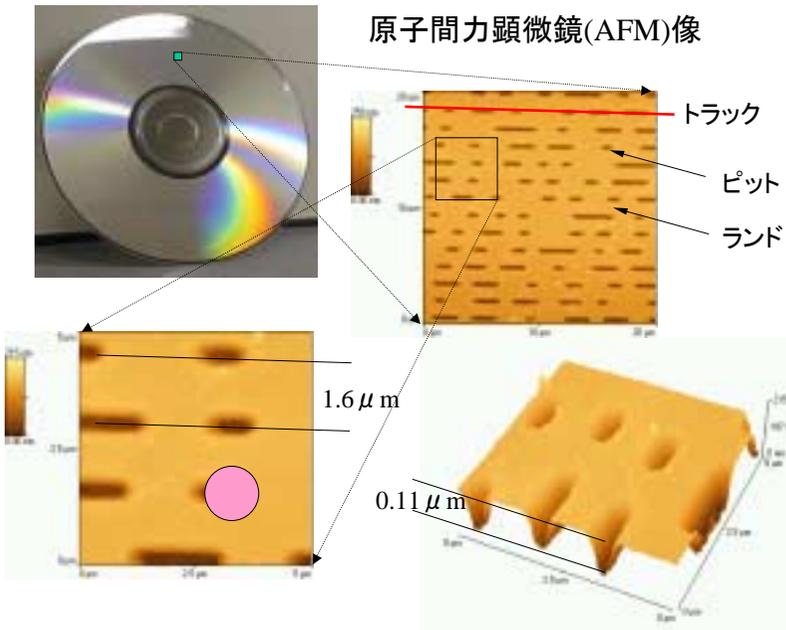


デジタル化

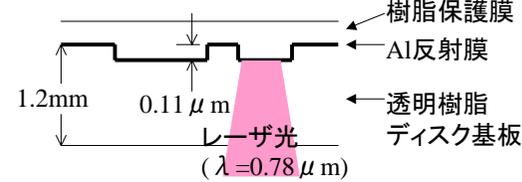
CD: 74分 → 約800MBのデータ

CDの構造

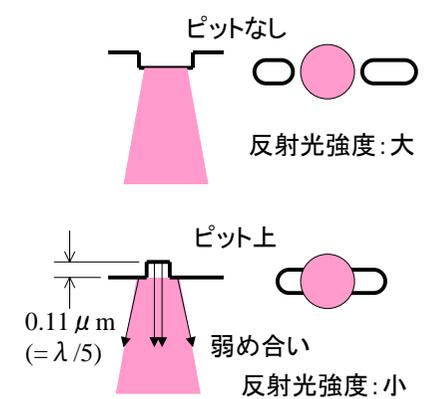
原子間力顕微鏡(AFM)像



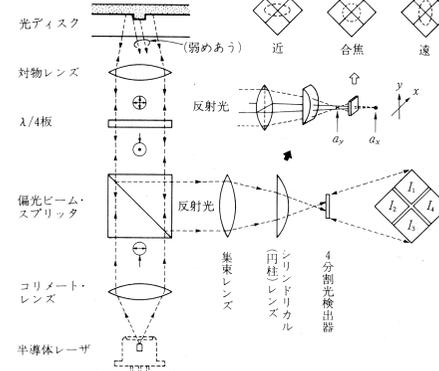
CDの断面



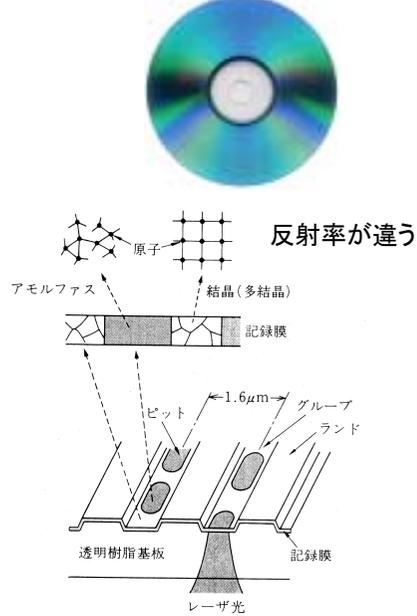
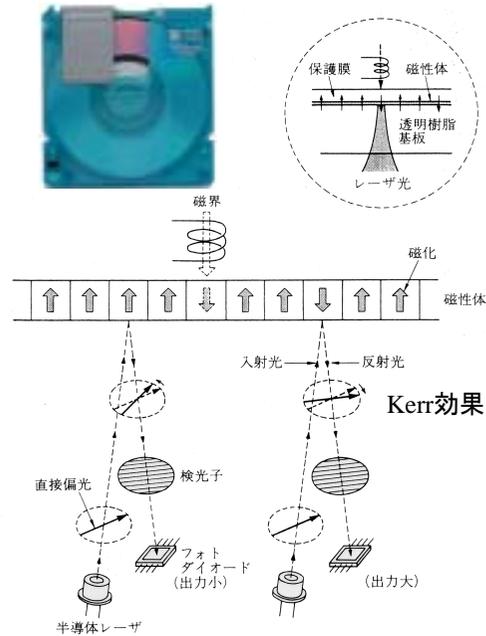
信号の読み出し



トラッキング



$$\lambda \sin \theta \approx d \propto \frac{\lambda}{NA} = \frac{\lambda}{\sin \theta}$$



映像データ

例えば100万画素、フルカラー(8bit×RGB)、1秒間に30枚(30fps)  
 → 1000000×3×30 = 90MB/s → CDに9秒弱しか記録できない  
 → 2時間の映画=CD 800枚!!

Discの大容量化 & データ圧縮

DVD, 次世代DVD

MPEG1, 2, 4

VideoCD DVD, BS ストリーミング

大容量化

CD (0.8GB) → DVD (5GB) → Blu ray Disc / HD DVD (15GB) (片面単層の場合)

・短波長化

CD (0.78 μm) → DVD (0.65 μm) → BR (0.41 μm)

・NAを大きくする

CD (0.45) → DVD (0.60) → BR (0.85)

} スポットサイズの減少

・二層化、高密度化(ランドとグループにデータ) → 記録面積の増大

課題

1. 光を用いた情報処理機器にはどんなものがあるか？
2. 音楽CD (74分)の容量を計算せよ。
3. Discの容量を増やすには、どうすればよいか？  
その方法を考えよ。また、特に、レーザーの波長については、その理由を含めて述べよ。
4. 現在の方法を用いたDiscの容量の限界はどの程度だろうか？  
また、それを越えるためには、どのような技術(原理)が必要だろうか？

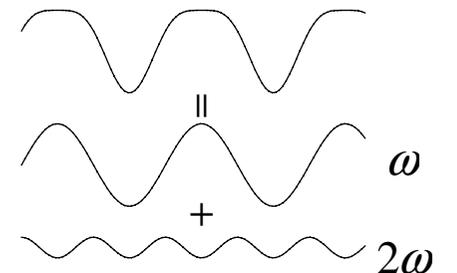
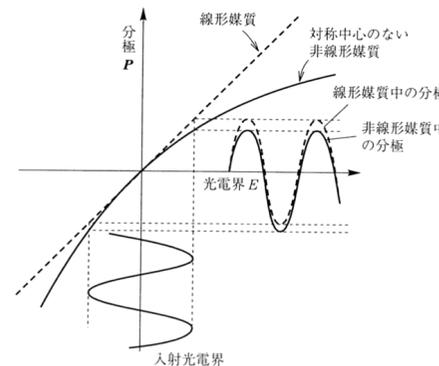
非線形光学効果

・光の周波数変換 非線形分極

$$\mathbf{P} = \mathbf{P}_L + \mathbf{P}_{NL} = \epsilon_0 \chi^{(1)} \mathbf{E} + \mathbf{P}_{NL}$$

$$= \epsilon_0 \chi^{(1)} \mathbf{E} + \epsilon_0 \chi^{(2)} \mathbf{E}\mathbf{E} + \epsilon_0 \chi^{(3)} \mathbf{E}\mathbf{E}\mathbf{E} + \dots$$

$$= \epsilon_0 (\chi^{(1)} + \chi^{(2)} \mathbf{E} + \chi^{(3)} \mathbf{E}\mathbf{E} + \dots) \mathbf{E}$$



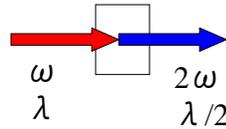
2次の非線形性

平面波  $E_i(z,t) = E_i(z) \cos(\omega_i t - \beta_i z)$  ( $i=1,2$ )

合成電場  $E(z,t) = E_1(z,t) + E_2(z,t)$

2次の分極  $P^{(2)}(z,t) = \epsilon_0 \chi^{(2)} E(z,t) E(z,t)$

- $2\omega_1, 2\omega_2$  (第2高調波発生, SHG),
- $\omega_1 + \omega_2$  (和周波発生, SFG),
- $\omega_1 - \omega_2$  (差周波発生, DFG)



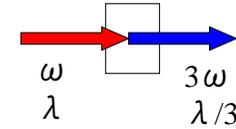
非線形光学結晶

	KDP	KD*P	LiIO <sub>3</sub>	KTP	BBO	LBO
透過波長範囲 (μm)	0.12 ~ 1.5	0.2 ~ 2.0	0.3 ~ 6.0	0.35 ~ 4.4	0.13 ~ 3.5	0.16 ~ 3.2
位相整合範囲 (μm) タイプ	0.517 ~ 1.5 (I)	0.732 ~ 1.5 (II)	0.57 ~ 5.5 (I)	1.0 ~ 2.5 (I)	0.1 ~ 3.3 (I) 0.525 ~ 3.3 (II)	0.4 ~ 2.6
	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>		LiIO <sub>3</sub>	KTiOPO <sub>4</sub>	β BaB <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	LiB <sub>3</sub> O <sub>5</sub>

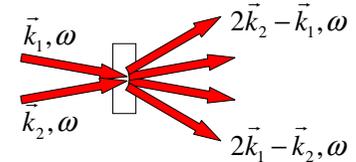
3次の非線形性

3次の分極  $P^{(3)}(z,t) = \epsilon_0 \chi^{(3)} E(z,t) E(z,t) E(z,t)$

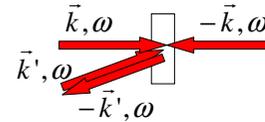
・第3高調波発生 (THG):



・縮退4光波混合 (DFWM):



・位相共役波:  
(時間反転波)



・吸収飽和、光力一効果

$$P = P^{(1)} + P^{(3)} = \epsilon_0 \chi^{(1)} E + \epsilon_0 \chi^{(3)} E^3 = \epsilon_0 (\chi^{(1)} + \chi^{(3)} E^2) E$$

$$= \epsilon_0 (\chi^{(1)} + \chi^{(3)} I) E = \chi(I) E$$

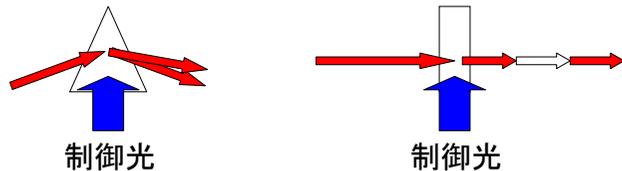
$$D = \epsilon E = \epsilon_0 E + P$$

$$\hat{n} = \sqrt{\frac{\epsilon}{\epsilon_0}} = \sqrt{1 + \chi(I)}$$

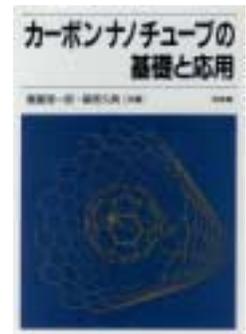
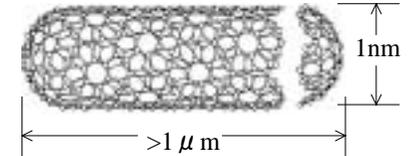
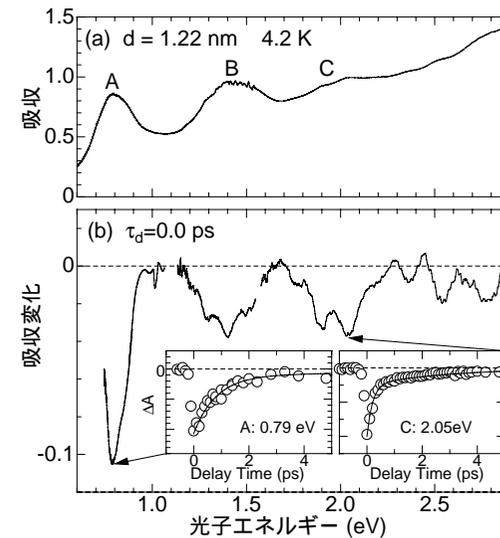
=  $n + ik$  複素屈折率 → 実部: 屈折率、虚部: 消衰係数

屈折率、吸収係数(透過率)が光の強度に依存

→ 光スイッチング



吸収飽和の例 単層カーボンナノチューブ



「カーボンナノチューブの基礎と応用」齋藤 理一郎、篠原 久典 編  
培風館, 4,095 円 (税込み), 320 頁 ISBN 4-563-06734-2  
7章: ナノチューブの光物性の基礎と非線形光学 (市田正夫)