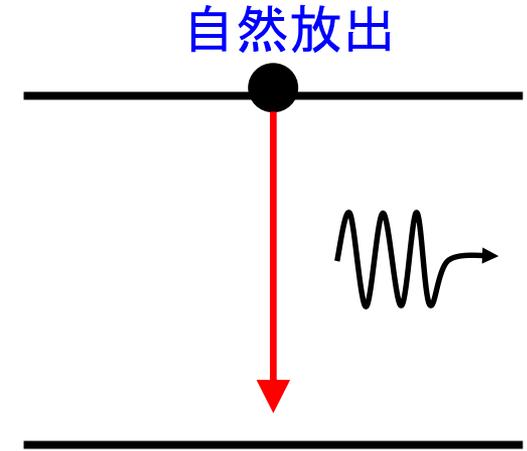
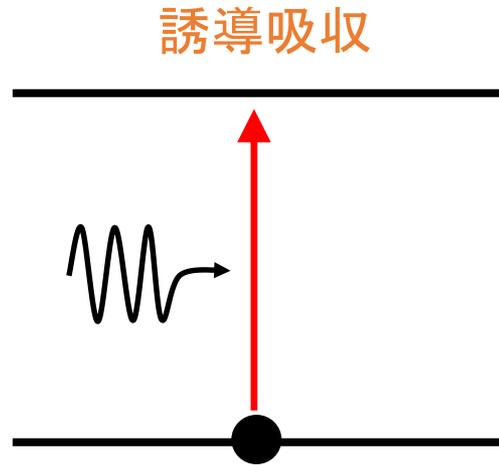
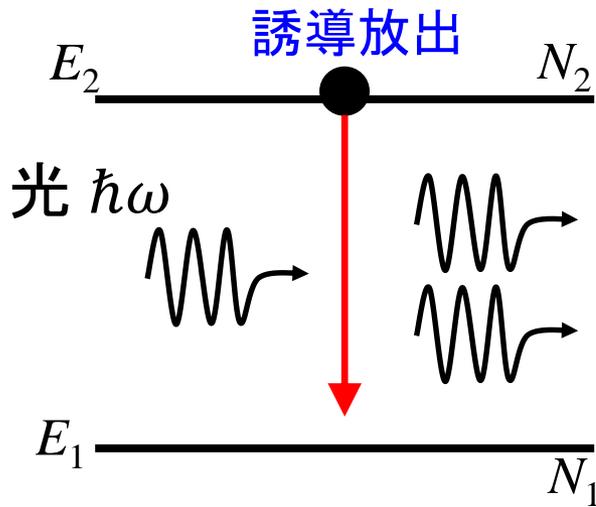


光物性基礎とデバイス応用

発光デバイスへの応用

- 正味の誘導放出
- 光増幅
- レーザ
- 発光ダイオード(LED)

誘導放出, 誘導吸収, 自然放出



単位時間当たりの遷移数

$$B'_{21} \cdot I_\omega \cdot g_2 \cdot f(E_2) \cdot \{1 - f(E_1)\}$$

光強度

状態2の電子数

N_2

遷移先の状態が空である確率

~ 1

遷移元の粒子1つ, 遷移先の状態1つ
に対する単位時間当たりの遷移数
(遷移確率)

$$\sim B'_{21} \cdot I_\omega \cdot N_2$$

$$B'_{12} \cdot I_\omega \cdot N_1$$

$$A_{21} \cdot N_2$$

光強度: I_ω [J/s/m²] 粒子が速度vで流れているイメージ。単位断面積を単位時間に通過する光のエネルギー

光のエネルギー密度: u_ω [J/m³] 定在波が密閉空間に閉じ込められているイメージ。単位体積当たりのエネルギー

正味の誘導放出 (放出されるフォトン数)

正味の誘導放出の割合 = 誘導放出の割合 - 誘導吸収の割合

(単位時間あたりに生じる放出遷移の数
= 単位時間あたりに放出されるフォトンの数)

$$\begin{aligned} &= B'_{21} I_{\omega} N_2 - B'_{12} I_{\omega} N_1 \\ &= B' u_{\omega} (N_2 - N_1) \end{aligned}$$

ただし, $B'_{21} = B'_{12} = B'$ とした.

$N_2 > N_1$ のとき、誘導放出が支配的となる. → **光増幅**

$N_1 > N_2$ のとき、誘導吸収が支配的となる. → **光吸収 = 減衰**

利得係数

$$g = \hbar \omega B' (N_2 - N_1)$$

自然放出は位相がランダムなので
電界振幅の増減に寄与しない
→ ただし **雑音** には寄与する

半導体中を伝搬する光強度

$$I_{\omega} = C \exp\{ \hbar \omega B' (N_2 - N_1) x \}$$

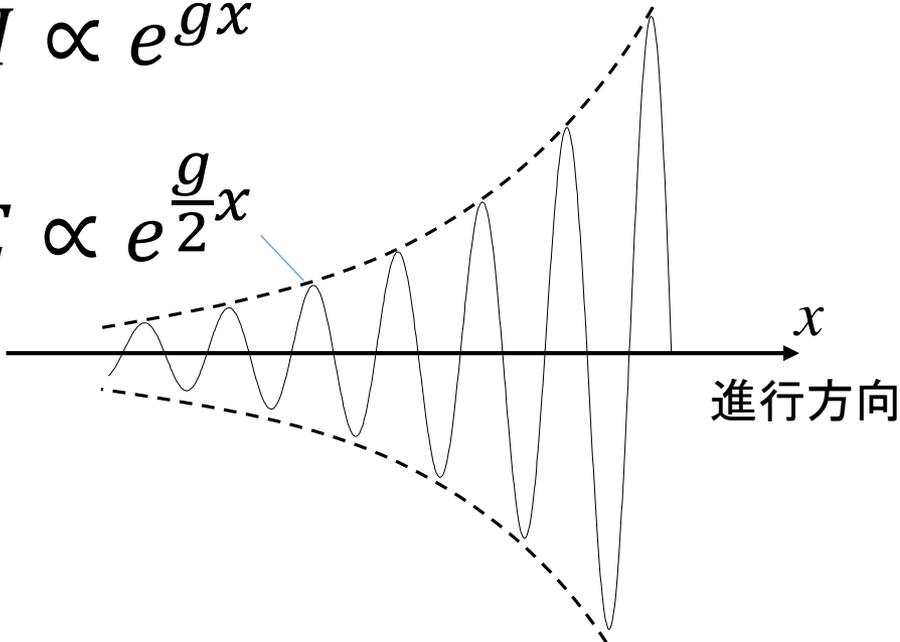
利得係数

進むほど指数関数的に
光強度が増大する

光利得がある場合の電磁波の伝搬

$$\text{光強度 } I \propto e^{gx}$$

$$\text{電界 } E \propto e^{\frac{g}{2}x}$$



光が $d=1/g$ だけ進むと
光強度が e 倍に増大

- 波が伝搬しながら（進行しながら）光強度が増幅していく
- $g < 0$ なら吸収が支配的となり減衰する. 吸収係数 $\alpha = -g$
- エネルギーは電界振幅の2乗に比例するので, エネルギーの光利得係数を g とすると, 電界振幅の利得係数は $g/2$ となる.
- 電子のエネルギーが光に与えられて光が増幅される

レーザー



- LASER
Light **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation
([誘導放出](#)による光増幅[放射](#))
- →講義ノートへ

光放出を応用したデバイス まとめ

- 誘導放出, 誘導吸収, 自然放出の寄与を説明できる
- 光利得とは何か, 説明できる
- 光利得が正になる条件を説明できる
- レーザ発振の条件(振幅条件と位相条件)を説明できる
- 半導体レーザの構造を説明できる
- 発光ダイオードの構造と原理を説明できる
- 発光ダイオードとレーザの違いを説明できる
- (番外) 白熱電球が光る原理と発光スペクトルを説明できる. 発光ダイオードとの違いを説明できる.