

6/5(水) 16:00~17:00

干渉計セミナー③ フェーザー図, マイケルソン干渉計

教科書 (レクチャー全体)

* レーザー物理入門(霜田光一, 岩波書店)

* 重力波物理の最前線(川村静児, 共立出版)

他におすすめの教科書

* Gravitational-Wave Physics and Astronomy: An Introduction to Theory, Experiment and Data

Analysis(Jolien D. E. Creighton)

(重力波探索手法のことも詳しい)

* 安東さんの修士論文 https://granite.phys.s.u-tokyo.ac.jp/theses/ando_m.pdf (干渉計制御につ

いて詳しい)

■ 今年度の干渉計セミナー

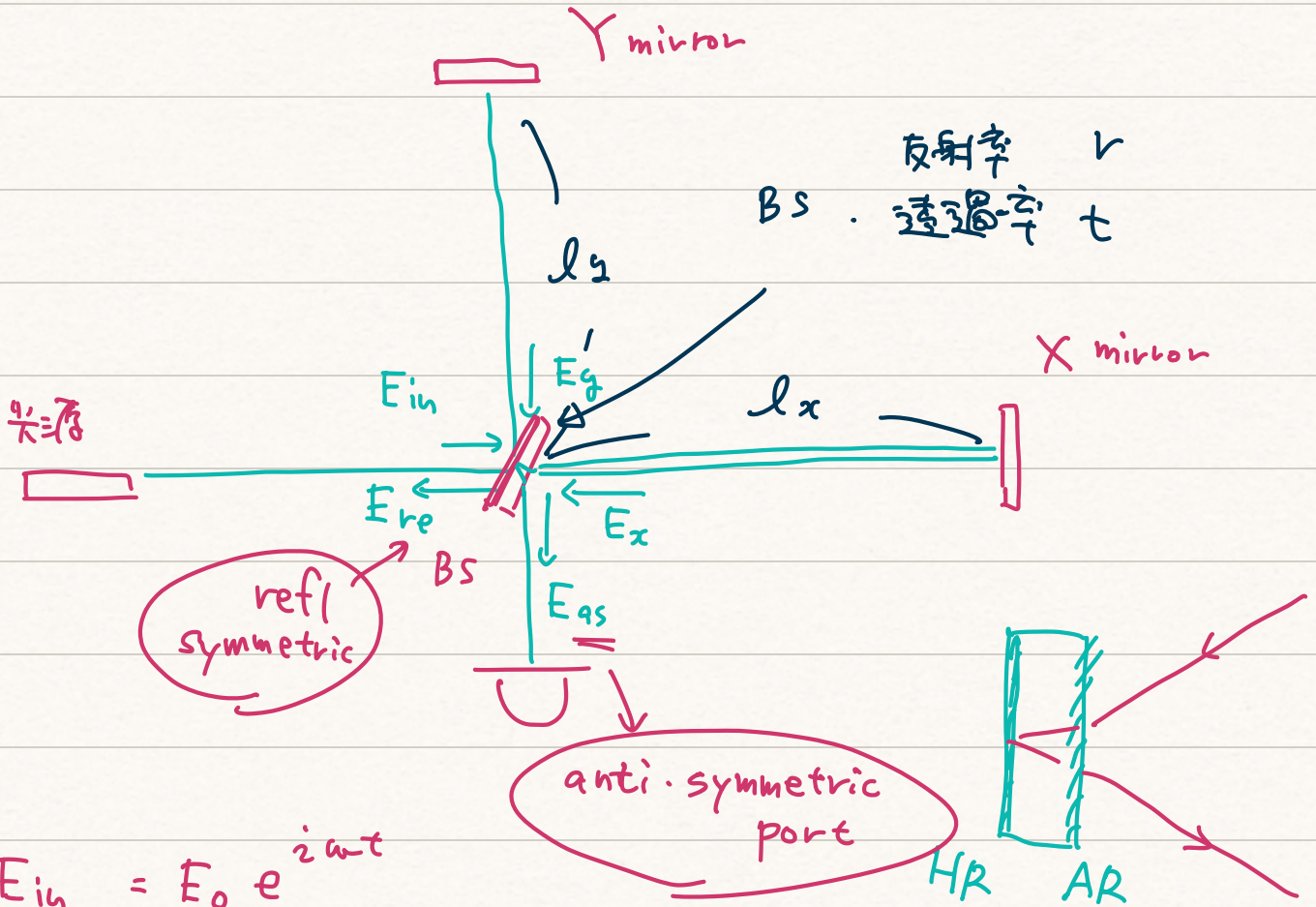
https://gwwiki.icrr.u-tokyo.ac.jp/JGWwiki/KAGRA/IFOBasicLec/2024Basic_lecture

■ 過去の干渉計セミナー

https://gwwiki.icrr.u-tokyo.ac.jp/JGWwiki/KAGRA/IFOBasicLec/2022Basic_lecture

○ マイケルソン干渉計の干渉

$$E(t) = E_0 e^{i\omega t}$$



$$E_{in} = E_0 e^{i\omega t}$$

$$E_{as} = -r \cdot E_x + t E_y \dots \textcircled{1}$$

$$E_{in} \times t \times e^{-i k^2 l_x}$$

$$E_{in} \times r \times e^{-i k^2 l_y}$$

$$E_{as} = \left(-rt e^{-2i k l_x} + rt e^{-2i k l_y} \right) \cdot E_{in} \dots \textcircled{2}$$

$$E_{re} = \left(\textcircled{1} \begin{array}{l} r \rightarrow t, \quad t \rightarrow r = \text{おきかえは"OK"} \\ t^2 e^{-2iklx} + r^2 e^{-2iky} \end{array} \right) E_{in}$$

BS の反射率と透過率は $\frac{1}{\sqrt{2}}$ である。
 パワ- ∝ 電場²

$$\frac{1}{2} \text{パワ-} \propto \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \text{電場} \right)^2$$

$$r = t = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ である}$$

$$E_{as} = \frac{1}{2} E_{in} \left(-e^{-2iklx} + e^{-2iky} \right)$$

光検出器 (PD) で受け取りパワ-は。

$$\begin{aligned} P_{as} &= |E_{as}|^2 \textcircled{2} \text{ だけ} \\ &= \frac{1}{4} |E_{in}|^2 \left(2 - e^{2ik(l_y - l_x)} - e^{-2ik(l_y - l_x)} \right) \\ &= \frac{1}{2} P_{in} \left[1 - \cos \left(2k(l_y - l_x) \right) \right] \end{aligned}$$

1/2 の干涉

$$\begin{cases} e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta \\ e^{-i\theta} = \cos \theta - i \sin \theta \end{cases}$$

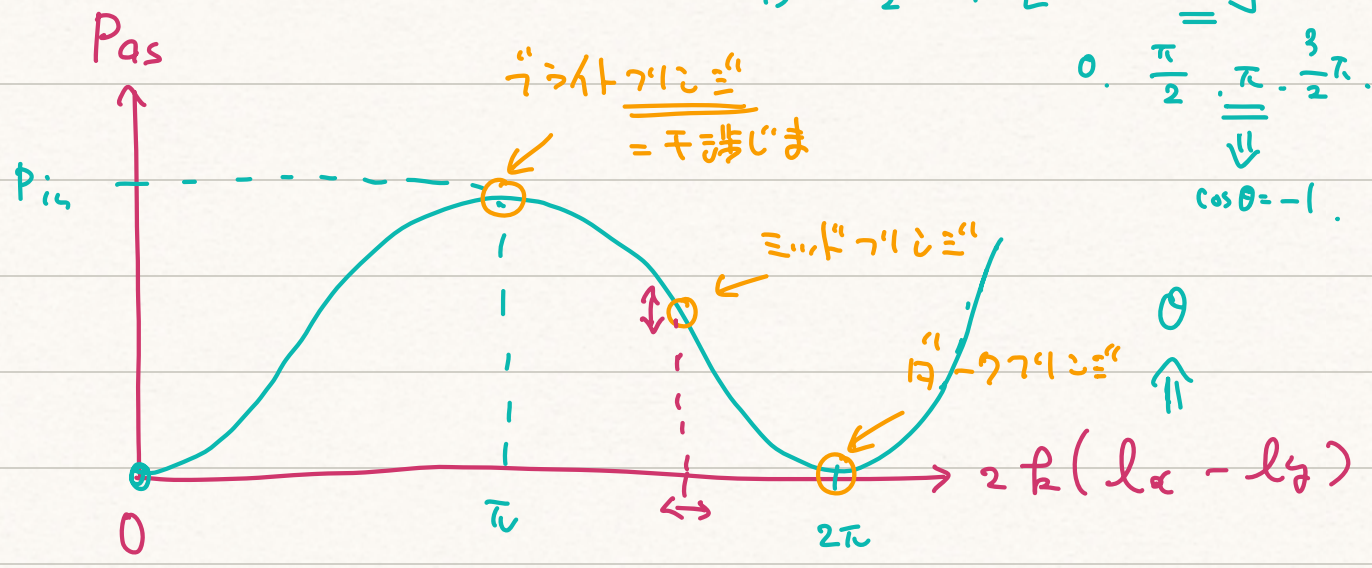
$$\cos \theta = \frac{e^{i\theta} + e^{-i\theta}}{2}$$

Q. 位相差 θ が π のとき?

Q. 横軸は $2f(l_a - l_b)$. 縦軸は P_{as} の関数として表す

$$P_{as} = \frac{1}{2} P_{in} [1 - \cos \theta]$$

0, $\frac{\pi}{2}$, π , $\frac{3}{2}\pi$, 2π
 \Downarrow
 $\cos \theta = -1$



位相差が 0 だと、AS ポートでのパワーは 0 になるので 最小
 = π だと、 = P_{in} で 最大

同位
 \Rightarrow $\sqrt{}$ の長土の差による位相変化

○ ミッドマックス

微小変位に対して、波形が歪む信号がとれるが
 強度雑音に弱く

○ マックス

強度雑音は少ないが
 波形が歪む信号がとれない

レザ-パワーのゆらぎによる
 雑音

x と y の共分散は同じように
 レザ-パワーがゆらぐのとき
 必ずしも負の値になる \Rightarrow 少ない

しかし、重なり波望遠鏡では、こちらを採用

○ フォーワードパス

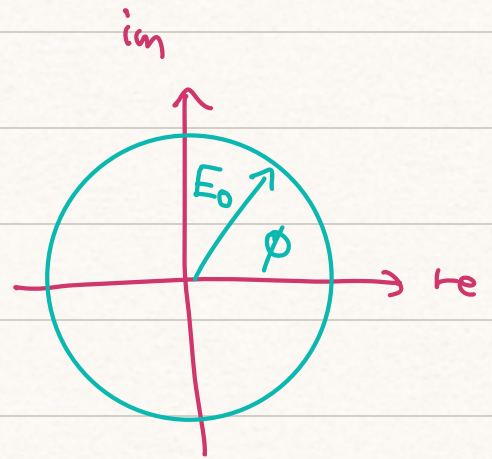
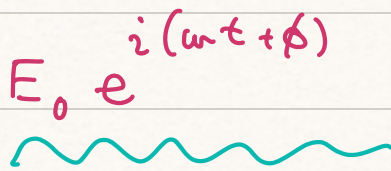
☆が常に入るのであまり使われない

hot noise にも強い
ミッドパスにも強い

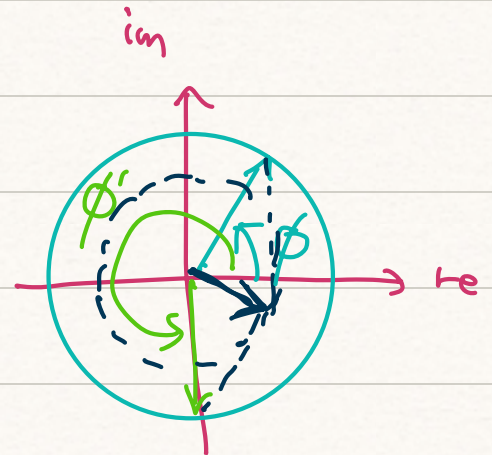
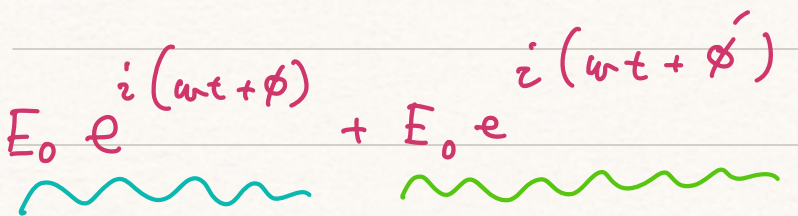
○ フェーズ - マグニチュード (phasor diagram)

複素振幅表示をする

振幅と位相をベクトルで表示する



干渉はベクトル和



ニカサ マルティン干渉の例

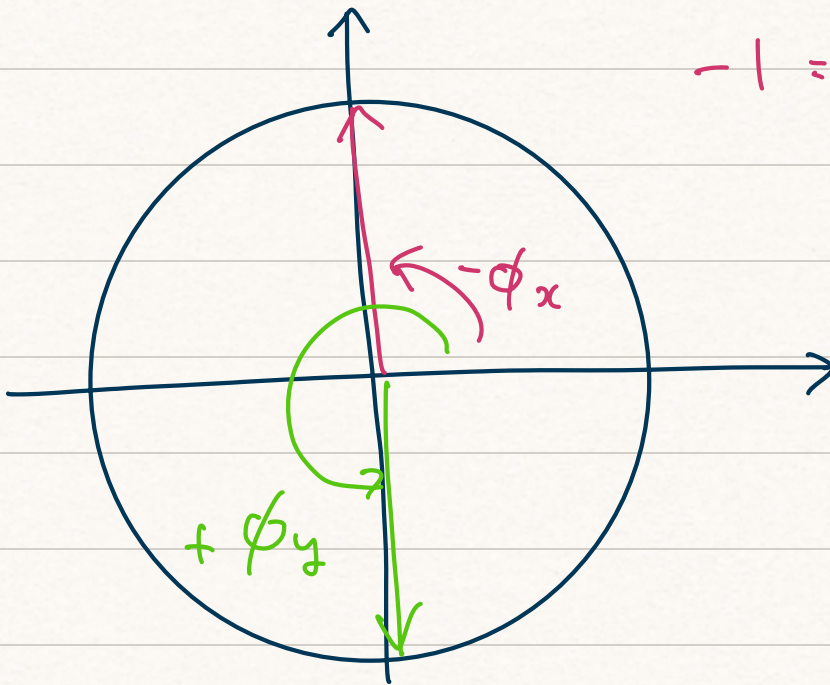
例として、 $\Gamma = 1$ の場合。

2つの位相差

$$\phi_x = \phi_y$$

$$\underbrace{-\frac{1}{2} E_{in} e^{-\phi_x}} + \frac{1}{2} E_{in} e^{-\phi_y} = 0$$

$$-1 = e^{i2\pi}$$



○ 重ねた波がきたときの位相変化

例として、 $\Gamma = 1$ の場合。

重ねた波が...。

