

輪講 Saulson Chapter12

正田亜八香

2009年12月16日

12.1 Fringe-Lock in Non-Resonant Interferometer

干渉計の出力 ($\propto \sin^2(\Phi)$) のどこを用いて動かすか？

- Mid-Fringe

出力が中央の値を用いる

利点：displacement に対する信号の変化が大きい。

問題点：laser power の変化と、phase shift (重力波信号) が区別できない。大きな signal の上の小さな変化を見なければいけない。

- Dark-Fringe

出力が 0 になるところ ($\Phi = n\pi$) を用いる

利点：出力が基本的に 0 なので、laser power の揺らぎは無視できる。

問題点：displacement の方向がわからない。透過光が完全に 0 にはならないので、SNR が悪い。

→ phase modulation (位相変調) を用いる

Pockels cell をレーザー光の中に置き、交流電圧 (\sim MHz) をかけて屈折率を変えることで、位相を変える。
cf.) この辺は安東さん修論 4.2.1 節の方がわかりやすいかも。

レーザー光は

$$E = E_0 e^{i(\Omega t + \frac{1}{2}\sigma \sin(2\pi f_{mod} t))}$$

出力強度は

$$P_{out} \simeq \frac{1}{2} P_{in} (\sigma^2 + 4\sigma \Phi_{sig} \sin(2\pi f_{mod} t))$$

Φ_{sig} をとりだすには、demodulation (復調) をしてやらなくてはならない。(heterodyne detection)

出力に、Pockels cell にかける交流と同じ周波数の交流をミキサーでかけ、ローパスフィルタで高周波数の modulation の項を落とす。(だから modulation の周波数は信号の周波数より十分高くないといけない)

12.2 Shot Noise in a Modulated Interferometer

12.3 Rejection of Laser Power Noise

基本的に Dark-Fringe にいる限り、laser power の揺らぎは無視できます。

12.4 Locking the Fringe

出力は限りなく 0 に近づいていて欲しいけど、鏡の位置の変化などで放っておくと出力がどんどん変化するため、フィードバック制御をかける。

フィードバックは Pockels cell と mirror にかける。

- ・ Pockels cell: 低周波数での変化 (微小)
- ・ mirror: dynamic range の変化

signal 自体は、open-loop 伝達関数で suppress されているので、復元する。このとき noise も同時に suppress されているので、SNR は変わらない。

12.5 Fringe Lock for a Fabry-Perot Cavity

FP 干渉計は Resonance がとれる範囲が非常に狭いので、フィードバック制御をしないとうまく働かない。(逆に言うと、制御してしまえば関係ない)