

RSE を LCGT の 基本デザインと するべきか？

6月15日

LCGT デザインミーティングにて

川村静児・宮川治・宗宮健太郎

内容

1. Overview (川村)
2. 世界の RSE 実験の現状と問題点 (宮川)
3. RSE の量子雑音について (宗宮)
4. RSE を使った LCGT の感度曲線 (宮川)

Overview

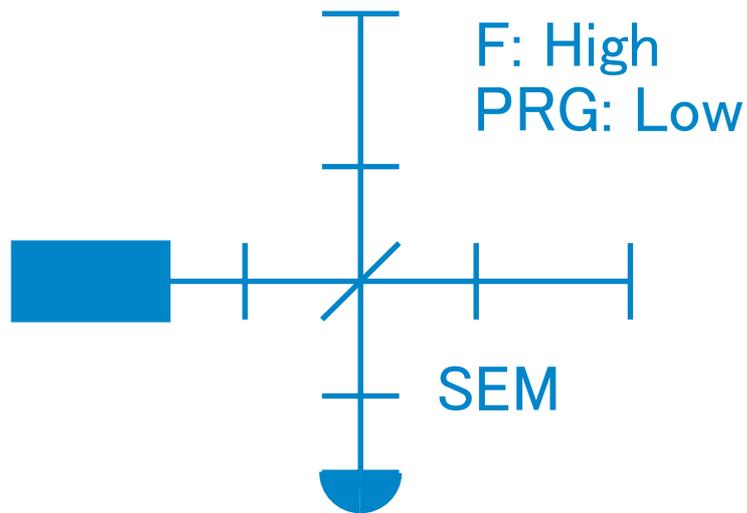
内容

1. RSE 採択にとっての大事なポイント
2. RSE の簡単な復習
3. ブロードバンド RSE の特徴
 - ・ 量子雑音
 - ・ ゲイン配分と光の吸収との関係
4. ディチューンド RSE の特徴
 - ・ 量子雑音
 - ・ ゲイン配分と量子雑音
5. 世界の現状
6. 信号取得とディチューニング
7. 結論

RSE 採択にとっての 大事なポイント

1. **量子雑音**（ショットノイズと輻射圧雑音）は PRFPM や DR と比べてどうか？
2. **光の吸収**に対して有利か？
3. **フィージビリティ**はどうか？
 - ・ **信号取得**は容易か？
 - ・ **ディチューニング**は容易か？
4. **シンプル**か？**安定**か？

RSE の原理

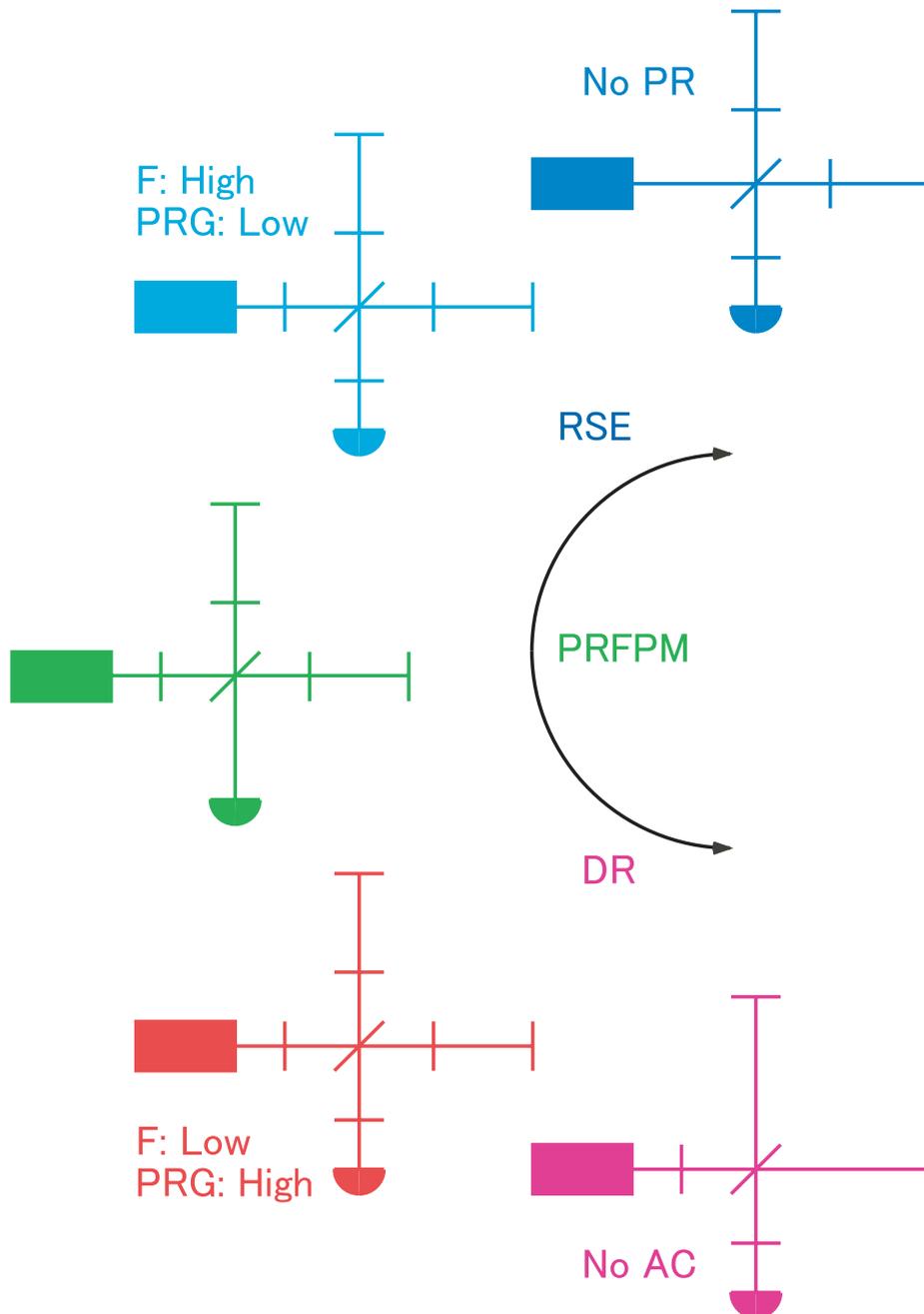


フィネスを高めアームキャビティー内のパワーを上げる。そしてSEMで信号をキャンセルする前に取り出す。

水野の Conjecture:

ショットノイズはアームキャビティー内のパワーとシグナルに対するバンド幅で決まる。

RSE, DR, PRFPM の関係



ブロードバンド RSE の 量子雑音

ショットノイズ:

水野の Conjecture によると DR, PRFPM と同じ。

Buonanno の計算によると DR, PRFPM と同じ。

輻射圧雑音:

Buonanno の計算によると DR, PRFPM と同じ。

直感的説明 (?)

N F P

N F_{dif} P_{eff}

光の吸収について

RSEはFM内部やBSでのパワーが小さいため発熱に関してはDRやPRFPMより有利（ミラー表面内でのパワーは同じ）。

- ・ 冷やしやす（FM）
- ・ 熱レンズ効果が小さい（BS）

* RSEで必要な高反射率ミラーのロスは高くなるが結局最初の数膜の寄与が支配的であるため表面での発熱は増えない(大橋)。

最適なゲイン配分:

基材内の発熱と表面での発熱が同じになるゲイン配分

or

パワーリサイクリングなしのRSE

???

ディチューンド RSE の 量子雑音

ショットノイズと輻射圧雑音との間に相関ができるためトータルのノイズが減少し、標準量子限界さえも破りうる。

- * シグナルのバンド幅と、ショットノイズと輻射圧雑音が等しくなる周波数がほぼ一致するという条件のもとにこの効果が最大となる。
- * 上記条件をみたすならば、アームキャビティのフィネスとレーザーパワー（リサイクリングゲイン）のゲイン配分によらず、ほぼ同様のノイズが与えられる。したがって高フィネスの有利さを保ったままで量子限界を破ることが可能。

ブロードバンドRSEと ディチューンドRSE

最適なブロードバンドRSEと最適なディチューンドRSEはディチューニングだけで移り変わらない。

* ともに「シグナルのバンド幅」と、「ショットノイズと輻射圧雑音が等しくなる周波数」がほぼ一致するときに最適となるが、ディチューニングはシグナルのバンド幅を変えてしまうから。

RSEキャビティーを使えば可能であるが複雑

世界のRSE実験

これまでに行なわれたテーブルトップ実験 (2nd Generation)

- ・ Mason @ Caltech
- ・ Shaddock @ ANU
- ・ Delker @ Florida

現在行なわれている Suspended - Mirror 実験

- ・ 宮川、宗宮 @ NAO

これから行なわれる Suspended - Mirror 実験

- ・ Strain @ Glasgow 10m
- ・ Weinstein @ Caltech 40m

信号取得と ディチューニング

信号取得

- ・ 多変調方式
- ・ 単一変調 3 倍波復調方式

ディチューニング

- ・ オフセット法
 - そこそこ動く
 - 他の信号を乱す
- ・ 変調周波数をずらす
 - MC透過に難
 - もう一工夫必要？

結論

LCGTの干渉計デザインのDefaultとしてRSEを採用することを推薦する。

理由:

- ・ 発熱に対して有利。
- ・ 量子雑音は悪くともPRFPMと同程度、ディチューニングを行えば狭帯域で改善される。
- ・ 現時点ではRSE実現にとっての根本的な問題はない。

今後やるべきこと:

- ・ よりよいディチューニング法の開発
- ・ よりシンプルなPRなしRSEの開発
- ・ RSEに特有なノイズメカニズムの研究
- ・ プロトタイプでのより精緻な実験