20200420 在线研讨

Q: 我想问一个关于PDH或者说光学超稳腔相关的问题。如果我们用普通的腔透射峰方法来锁激光，输入激光发生变化后，腔内的光子场进入非平衡态，我们需要等它们重新平衡后，得到的输出（透射）才能反映正确的输出信号。这个理解正确么？如果是这样，那我们用反射光是不是也同样需要等待腔内光场平衡？这会作为一个锁定带宽的限制。

另外，通过干涉的那套计算，可以得到透射率和频率的关系，可以算出来线宽。但是这套计算似乎没有考虑腔内光场的非平衡过程，是一个静态的计算。为什么我们可以通过静态的计算得到线宽这种可以反映锁定带宽的“动力学”性质？

A：如你所说，普通的透射方法，必须要等重新平衡才好，腔的线宽越窄，锁频带宽就越低，导致性能上的要求冲突。

PDH用的是反射，这是一种不同的技术。抛开数学形式，定性地说，PDH不一样，因为它有两种反射，一种是不经过腔内过程的，一种是经过腔内过程的。两种反射之间的干涉导致，在低傅里叶频率下，有error signal，即典型的PDH信号。

在高傅里叶频率下，由于第一种反射的存在，PDH系统实际上对光的相位噪声作出快速反应。

Q：嗯嗯，这个我可以理解，只是腔内光场的部分还是要受到光场平衡这个时间的制约吧？

A：对，所以你在数学上推导，会发现，低频下的error signal是对频率噪声的，高频下就转化为对相位噪声的，有一个smooth crossover。

如果你直接去看error signal的话，你是看不到那三位一体的DC误差信号的，因为有很多AC的快速相位噪声，必须用low-pass filter（如10 kHz LPF）把高频相位噪声滤掉后，才能够看到。

但这只是为了看看，实际上我们在实验室里的feedback loop中，是不加filter的，有什么噪声都把它通过快速反馈消灭掉。

Q：嗯嗯，数学上我看到了，就没太明白物理上的过程。那么在我的入射激光突然改变之后的很短时间内，第一种反射突然改变，第二种反射几乎没变，这样得到的误差信号也可以迅速改变，就可以做出反应。

对。

Q：这里的是加上Filter看到的么？



是的，这是需要加filter的。

Q：老师请问下JILA的servo 是自己搭的吗？还是用的商用的哇？

A：JILA servo是自己搭的。我们后来也尝试了Toptica 公司的FALC模块，也挺好用。

Q：我觉得是腔的Q一般就k的量级。bandwidth 几百MHz，已经够用了吧？

A: 我们的腔的Q一般是200k，线宽是7.5 kHz，是远小于PDH的锁频/相的带宽的。

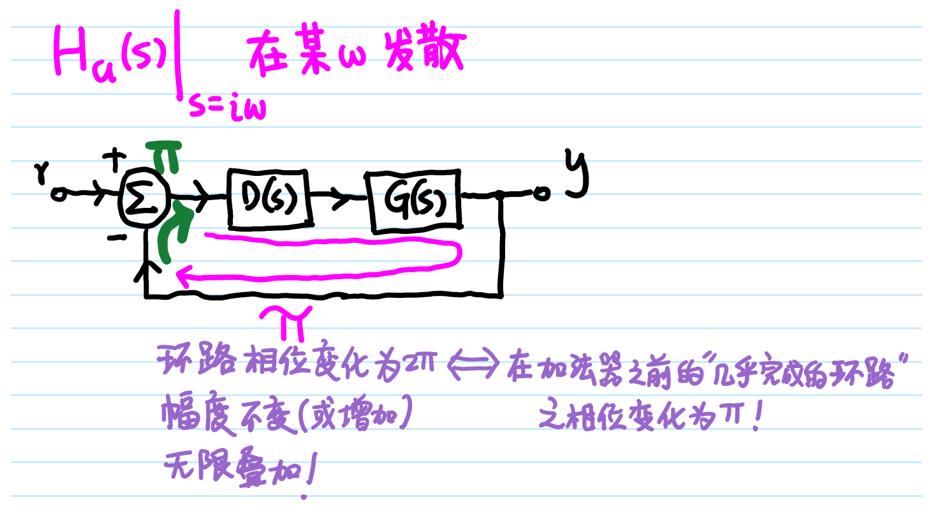
Q：kappa=omega/Q，omega是光频1e14？

A：不要看光频，要看光学腔的共振频率的spacing，也就是free spectral range。

Q：这是一个optical resonator，还是说 microwave？

A：Pound最先在microwave里面发展出来一个idea，后来Drever和Hall两位在激光领域把这个给做了出来。你可以看一看光学腔的一些知识，光学腔的线宽是如何确定的。

Q：老师好，上节课的问题没太想清楚，是说反馈回来的DG与传递函数DG/（1+DG）的区别吗。但是传回来的和被放大的应该都是DG的部分，那么只要一个低频信号符合增益大于1，一圈之后都是360，和激励信号中的低频成分叠加，多少次之后应该都必然崩的吧？



A：见上图。区别在于，传回来的是y，但是它在被放大之前，要和reference port r 进行一次比对（相减）。被放大的，不是y，而是(r-y)。所以当DG很大的时候（如，低频下，增益极大），y 可以非常接近于r，就是因为如果不非常接近，(r-y)经过放大后，就会导致y 非常大，从而不满足自洽性要求。

换句话讲，我们想想这个过程：DG很大，而y < r。你看，那个红色的pi相位是在DG上面得到的，从y回传到summing junction并没有多余的相位因子。也就是说被放大的，始终是 r-y。

比如，当DG = -2时，(r-y) \* (-2) = y，得到的 y = 2r 可以满足该式。但是在DG = -1的情况下，这个方程是没有有限解的，对应系统开始发散，在相应频率开始越来越大的振荡。

哦哦哦懂了 应该直接考虑这个反馈最终的稳态解 我把它错想成一个单次的动态过程的累积了：假设开始y为0，DG=-2，r\*DG之后是-2r，然后在求和那里得到r-(-2r)，又继续×DG，就会无限放大，这样的话实际的输出y就一直是个变化值。

Q：老师再请教一个问题 1550波段的光学放大器（EDFA）您推荐什么牌子的。我觉得IPG不错 但是被您归到了坏的那一类里边。

A：这个fiber amplifier，原来国外有一家Nufern，十年前用的比较多，最近两年，他们突然停止不干了。我没有用过1550nm的光纤放大器，不过1064nm的光纤放大器，国内的上海频准不错。我觉得你也可以问一下上海频准这个1550nm产品的事情，他们很可能有相关产品。

IPG的非单频光纤激光器还可以，单频(single frequency)的口碑特差。

（同学补充）：我们的IPG坏了好多次了。

（同学补充）：我们实验室的IPG一直work的很好，另外的那个armonics的倒是整天坏。

Q：老师，我还有一个问题。通过干涉的那套计算，可以得到透射率和频率的关系，可以算出来线宽。但是这套计算似乎没有考虑腔内光场的非平衡过程，是一个静态的计算。为什么我们可以通过静态的计算得到线宽这种可以反映锁定带宽的“动力学”性质？

A：这也是一个很好的问题，线宽的计算看起来是“静态”的，也就是不考虑测量时间，或者测量时间无穷长。这里面就有一个问题，测量时间最短可以多短，答案就是最短也要长于线宽的倒数，否则测量的傅里叶极限无法分辨出腔的线宽。

你的计算中，用到了精细度，也就是光要在腔的内部走那么多次，才能得到一个稳态的结果。“走那么多次”需要时间，这个时间就是最低的测量时间，其倒数也决定了传统透射型方法的锁定带宽。

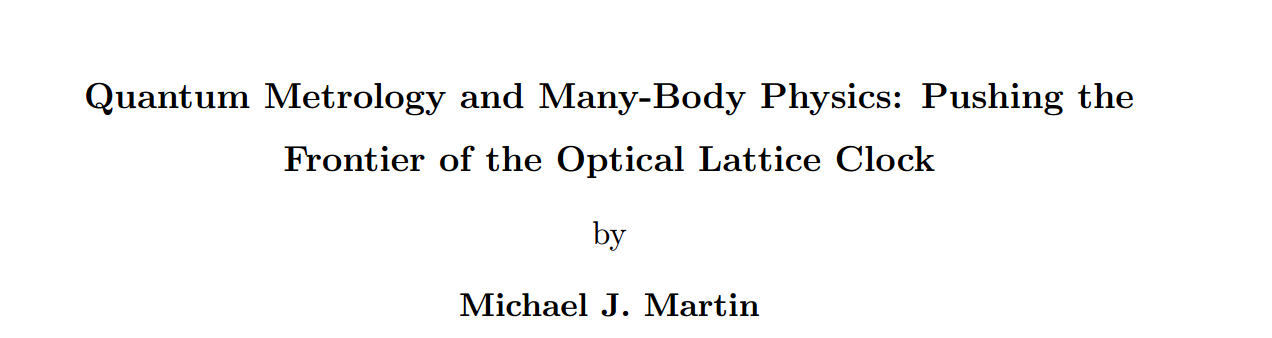
Q：那这个就是大概精细度\*腔长/光速这个估计了么？

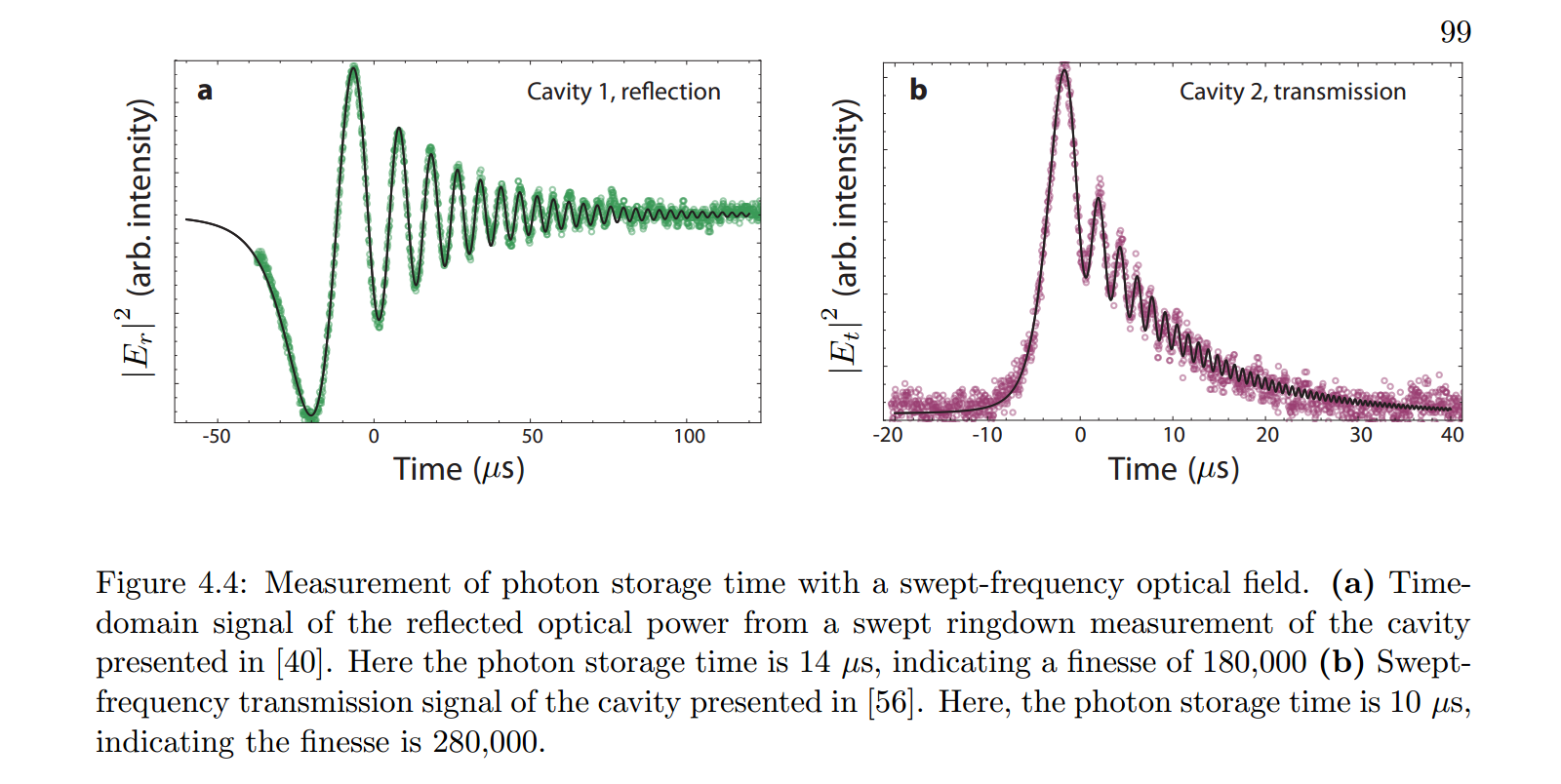
嗯，确切地讲，对于两名镜子构成的直线式光学腔，是精细度 \* 2倍腔长 / 光速。这样一个特征时间。光速 /（2倍腔长）是free spectral range，光速/（2倍腔长）/精细度，就是腔的线宽。

Q：这个响应速度有办法具体的计算么？比如考虑腔内光场，计算一下输出光强随时间的变化?

可以查一下以“quantum electronics”为名的书，应该有相关计算的。另外，也可以看一下“Cavity Ringdown”测量，这是突然把光关掉，看腔里的光模式如何衰减。\

(同学补充)：Coupled mode equation。





上面一张图就是cavity ringdown。