photon counting noise, 損害閾値について

古結尚

平成 10 年 12 月 21 日

1 photon counting noise

熱のノイズの計数を N[Hz]、フォトンカウンティングの数を k[Hz] とする。phase が合った場合のは $N+k$[Hz], 合わなかった場合の計数は N[Hz] となる。ノイズもカウントも、Poisson 分布に従うとすると、誤差は$\sqrt{N+k}, \sqrt{N}$。計数が phase 依存であると示せるのは、$kt > \sqrt{(N+k)t} + \sqrt{Nt}$である時。この式を解くと、必要なフォトンの割合は、$kt > 2\sqrt{Nt} + 1$ である。

浜松ホトニクスのパンフレットより、赤外用のフォトマルのゲインが 5×10^5、暗電流が室温で 10^{-6}[A]。よって、フォトマルのノイズは 10^7[Hz]。ディスクリの幅を 50ns とすると、2 つのフォトマルのコインシデンスの熱のノイズは、10^6[Hz] ほどになる。レーザーのパルスが出た時だけ測定するとして、パルスの幅を 10ns とすると、ノイズは 1 パルスあたり 10^{-2}となるので、10^{-1}[Hz] となる。冷却器を用いると、-30[C$^\circ$] まで冷やせて、暗電流は 10^{-10}[A] まで抑えることができ、コインシデンスをとった時のノイズは 10^{-9}[Hz] まで抑えられる。フォトマルの量子効率を 1 つあたり数%とすると、同時係数の量子効率は 10^{-3}程度。レーザーのパルスが 20[Hz] だと仮定して、一パルスあたり 1 pair の光子が出るとすると、実際の信号は 10^{-2}[Hz]。

1 パルス 1pair フォトマルが鳴るようにすると、実際には 10^3pair ほど光子が出ていることになり、1pair からのものかどうかわからなくなるので、よくない。

2 損害閾値

田中さんの研究室のレーザーの強度は 40[mW] で、繰り返しが 10[Hz]、パルス幅が 10[ns]、ビーム径は 3[mmϕ]。これらよりパルスの強度は

$$\frac{40 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-9} \cdot 10 \cdot 3.14 \times (1.5 \times 10^3)^2} \approx 4 \times 10^{10} [\mathrm{W/m^2}]$$

損害閾値は、handbook [1] より、0.1×10^{12}[W/m^2] となり、閾値より少し小さい程度。

[1] Handbook of Nonlinear Optical Crystals;Springer;p.107