

Answer for 5.7

(a)

可计算光子通量 Φ 为:

$$\Phi = \frac{P}{\hbar\omega} = \frac{10^{-12}}{1.054571817 \times 10^{-34} \times \frac{2\pi \times 2.99792458 \times 10^8}{800 \times 10^{-9}}} \approx 4.027 \times 10^6$$

将其除以每秒脉冲数即得每个脉冲的平均光子数:

$$n = \frac{\Phi}{10^8} = 0.04$$

(b)

对于具有柏松光子统计的激光, 其一段长度内的光子数符合柏松分布:

$$\mathcal{P}(n) = \frac{\bar{n}^n}{n!} e^{-\bar{n}}$$

代入即可得到只含一个光子的脉冲所占比例:

$$\mathcal{P}(1) = 0.04 \times e^{-0.04} \approx 3.843 \times 10^{-2}$$

(c)

同 (b) 可计算不含光子的脉冲所占比例:

$$\mathcal{P}(0) = e^{-0.04} \approx 0.96079$$

便可知道含有多于一个光子的脉冲所占比例:

$$\mathcal{P}(n > 1) = 1 - \mathcal{P}(0) - \mathcal{P}(1) = 7.78982 \times 10^{-4}$$

Answer for 5.10

光电二极管产生的光电流 i 符合下述式, 代入参数波长 $\lambda = 1064nm$, 光功率 $P = 66mW$ 和平均电流 $i = 46mA$ 即可得到量子效率:

$$i = \eta e \frac{P}{\hbar\omega} \Rightarrow \eta = \frac{i\hbar\omega}{eP} = \frac{46 \times 10^{-3} \times 1.054571817 \times 10^{-34} \times \frac{2\pi \times 2.99792458 \times 10^8}{1064 \times 10^{-9}}}{1.6021766208 \times 10^{-19} \times 66 \times 10^{-3}} \approx 0.812154$$

Answer for 5.12

散粒噪声导致的光电流方差满足 $(\Delta i)^2 = 2e\Delta f \langle i \rangle$. 若约翰逊噪声小于它, 需要满足下列关系, 得到目标关系式.

$$(\Delta i)^2 = 2e\Delta f \langle i \rangle > \frac{4k_B T \Delta f}{R} \Rightarrow \langle i \rangle R > \frac{2k_B T}{e} \Rightarrow V > \frac{2k_B T}{e}$$

代入 $T = 300K$ 即可知对应电压值为 $52mV$.