

ピクセル光量と信号の見積り

2006年6月5日 KEK 新井康夫

ピクセルに当てたレーザー光の光量と出力信号との関係を見積もる。図 1 にレーザー光を当てた時の各ピクセルからの出力信号を示す。約 3 μ s で出力が 140mV 上昇している。。アンプのゲインは 0.34 なので、この時実際にピクセル電極での電圧増加は **410mV** と見積もれる。

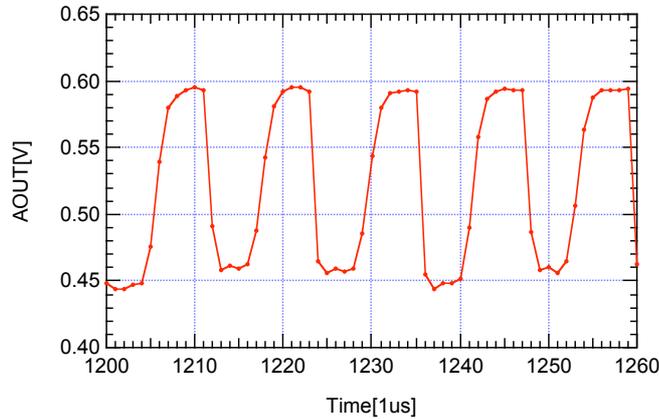


図 1。ピクセルにレーザー光を当てた時の各ピクセルからの出力信号。

一方使用した $\lambda=670\text{nm}$ のレーザー光の 1 光子あたりのエネルギーは

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.6 \cdot 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}] \times 3 \cdot 10^8 [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]}{670 \cdot 10^{-9} [\text{m}]} = 2.96 \cdot 10^{-19} [\text{J}].$$

レーザー光の強度 I はパワーメータでの測定により 954 μ W と求めたので、毎秒の光子数 N は

$$N = \frac{I[W]}{2.96 \cdot 10^{-19} [\text{J}]} = \frac{954 \cdot 10^{-6} [\text{J}/\text{s}]}{2.96 \cdot 10^{-19} [\text{J}]} = 3.2 \cdot 10^{15} [\text{s}^{-1}].$$

レーザー光の直径は 4mm ϕ 、ピクセルの開口部は 5.4 μ m 角。従って 1 ピクセルに入る光子数 N_{pix} は

$$N_{\text{pix}} = 3.2 \cdot 10^{15} [\text{s}^{-1}] \frac{(5.4 \cdot 10^{-6})^2 [\text{m}^2]}{\pi \times (2 \cdot 10^{-3})^2 [\text{m}^2]} = 7.4 \cdot 10^9 [\text{s}^{-1}].$$

次に 3 μ s の時間にピクセルに入射する光子数は

$$N_{\text{pix}}(3\mu\text{s}) = 7.4 \cdot 10^9 [\text{s}^{-1}] \times 3 \cdot 10^{-6} [\text{s}] = 2.2 \cdot 10^4 [\text{photons}].$$

基板は n 型 700 $\text{Ohm} \cdot \text{cm}$ なので空乏層厚さ W は $W[\mu\text{m}] = 14\sqrt{V_{\text{det}}}$ 、 $V_{\text{det}}=10\text{V}$ より $W \sim 44\mu\text{m}$ 。一方、 $\lambda=670\text{nm}$ の光の吸収長は $\sim 3\mu\text{m}$ なので、殆どすべての光が空乏層で吸収されると考えられる。そこで 1 光子が 1 電子対を生成し、収集効率を 100% とすると、生成される電荷 Q_{pix} は、

$$Q_{\text{pix}} = 2.2 \cdot 10^4 \times 1.6 \cdot 10^{-19} = 3.5 [\text{fC}].$$

ピクセル電極の容量 C_{pix} は正確に見積もるのは難しいが、8fF 程度と見られるので

$$V_{\text{pix}} = \frac{Q_{\text{pix}}}{C_{\text{pix}}} = \frac{3.5 [\text{fC}]}{8 [\text{fF}]} = 440 [\text{mV}]$$

となり、測定値から求めた 410mV とほぼ一致する。

ちなみに MIP が通過した場合、80 pairs/ μm とすると $Q=3500$ pairs, $\Delta V_{\text{pix}} \sim 70\text{mV}$ と予想される。