

Sugestões finais para o RESPGRAPH

- Por 2 botões diferentes: 1 para RESPONSABILIDADE e outro para EFICIÊNCIA QUÂNTICA, pois os cálculos e parâmetros são diferentes
- Colocar campos a mais na tela para os novos parâmetros F (Respons, arquivo amostra), G (EQE, arquivo amostra), L (Resp + EQE, só para Si antigo, arquivo sensor ref), M (Resp + EQE, arquivo sensor ref, para todos menos Si antigo)
- Salvar nos arquivos se é responsividade ou EQE

A = Medida com o sensor de referência (V)

B = Curva do fabricante (responsividade absoluta em V/W, exceto Si antigo em A/W)

D = Medida com nossas células solares ou nossos fotodetectores (V)

c = Velocidade da luz (299.792.458 m/s)

e = Carga do elétrons (1.60218×10^{-19} C)

F = Ganho do pré-amplificador de transimpedância Keithley (só para os fotodetectores)
= $10^3 - 10^{10}$ V/A (de dez em dez) em função do usuário (default = 10^3 V/A)

G = Ganho do pré-amplificador de transimpedância Stanford (só para as células solares)
= 1 pA/V (10^{-12} pA/V) até 1 mA/V (10^{-3} pA/V) por passo de 1, 2 e 5. Para ter o ganho em V/A, tem que pegar o inverso do valor selecionado e usa-lo no parâmetro G da fórmula da EQE abaixo e do fator beta.

M = Posição do switch Hi/LO. Vale 1 para HI e 0.1 para LO (default). Não pôr o campo de switch para o Si antigo (para ele sempre vale 1 pois não tem switch)

h = Constante de Planck (6.62261×10^{-34} Js)

λ = Comprimento de onda (m)

α = Fator geométrico + transmissão das janelas (sem unidade)

$$= \left(\frac{S_{ref}}{S_{amos}} \right) \left(\frac{d_{amos}}{d_{ref}} \right)^2 \left(\frac{T_{ref}}{T_{amos}} \right) \text{ onde } S=\text{área, } d=\text{distância, } T=\text{transmissão (número/curva)}$$

Valores defaults: $S_{ref} = S$ do fabricante, $S_{amos} = S_{ref}$, $d_{ref} = d_{amos} = 50$ mm, $T_{ref} = T_{amos} = 1$

Assim, $\alpha = 1$ sempre se o usuário não mudar nada.

R = Responsividade (A/W)

EQE = Eficiência quântica externa (sem unidade)

$$R = \alpha \frac{\frac{D}{F}}{\frac{A}{B M}} (A/W)$$

$$EQE = \frac{n^{\circ} \text{ de elétrons gerados na CS}}{n^{\circ} \text{ de fótons incidentes sobre a CS}} = \alpha \frac{\frac{D}{G e}}{\frac{A}{B M \frac{h c}{\lambda}}} (\text{sem unidade})$$

Todas as curvas de responsividade dos sensores de referência fornecidas pelos fabricantes foram dadas em V/W, já que todos os sensores (exceto o Si antigo 818-BB-22) possuem na saída do fotodiodo/fotodetector interno um amplificador de transimpedância (circuito que converte corrente em tensão). Portanto, para todos eles (exceto o Si antigo), o sinal de saída dos detectores é uma tensão que tem que ser lida pela entrada de tensão do lockin. A curva de responsividade do sensor de InGaAs (IGA-010-E-LN6N) é dada em A/W (ver datasheet), mas o fabricante forneceu o ganho do amplificador de transimpedância interno

(10^{10} V/A), o que possibilitou montar uma curva final em V/W. Mas o sinal de saída dele é uma tensão e deve ser lido na entrada de tensão do lockin. O caso do sensor antigo de Si é diferente, pois ele é muito velho e não veio com amplificador de transimpedância interno. O sinal de saída é uma corrente e deveria ser lido corretamente usando a entrada de corrente do lockin. Infelizmente, o programa de aquisição de dados tem um problema de resolução para ler baixas correntes e os últimos algarismos das medidas são todos iguais devido a um erro de aquisição do lockin no programa. Todavia, o manual do sensor menciona que o sinal pode também ser lido na entrada de tensão do lockin. Fizemos o teste e vimos que as duas curvas medidas pela entrada de corrente e de tensão são idênticas (fora o problema de resolução para os baixos valores) e que a razão entre elas é 10^6 V/A. Assim sendo, usamos esse fator como ganho de transimpedância do lockin e geramos uma curva de responsividade do fabricante em V/W, como para todos os outros sensores de referência. Mas tem que ficar claro que esse fator depende do lockin, e que se a gente mudar de lockin, esse fator pode mudar e deverá ser eventualmente modificado no cálculo.

A mesma coisa acontece com as nossas células solares. Elas gerem uma corrente que tem que ser lida na entrada de tensão do lockin (por causa do mesmo problema de resolução). Medimos o fator de conversão no lockin entre uma corrente de uma célula solar lida na entrada de corrente e de tensão. Ele parece ser mais ou menos constante para uma célula solar específica (variação de alguns por cento), mas varia de um fator até 3 de uma célula para outra (provavelmente porque a impedância delas é diferente), o que obrigaria a estimar este fator para cada célula. Para duas células diferentes, medimos por exemplos valores de 1.71×10^5 V/A e 4.25×10^5 V/A. Para evitar esse problema com as células solares, usamos um pré-amplificador (de transimpedância) da empresa Stanford para converter a corrente em tensão (com um ganho constante mas que pode ser mudado entre 1 pA/V e 1 mA/V por passo de 1,2 e 5, isto é 1pA/V, 2pA/V, 5pA/V, 10pA/V, 20pA/V, 50pA/V, 100pA/V, 200pA/V, 500pA/V, 1nA/V, 2nA/V, 5nA/V, 10nA/V, e assim até 1mA/V). Desta maneira, podemos medir as células solares com esse amplificador e usar a entrada em tensão do lockin sem qualquer preocupação. Basta reparar no ganho usado no amplificador e introduzir o valor dele no programa. Para ter o ganho em V/A, tem que pegar o inverso do valor selecionado e usa-lo no parâmetro G da fórmula da EQE e do fator beta.

Sensor	Resp max	Área (mm ²)
Si velho	$0.61396 \text{ A/W} \times 10^6 \text{ V/A}$ (V/W) (0.6 A/W @830 nm)	5.1071
Si novo	$0.58127 \text{ A/W} \times 10^9 \text{ V/A}$ (V/W) (0.5×10^9 V/W)	0.78540
InGaAs	$0.94073 \text{ A/W} \times 10^{10} \text{ V/A}$ (V/W) (0.9×10^{10} V/W @1.3μ)	0.78540
InSb	$4.2888 \times 10^5 \text{ V/W}$ ($4.3 \times 10^5 \text{ V/W}$ @5.3μ)	0.78540
HgCdTe 14μ	$5 \times 10^5 \text{ V/W}$ ($5 \times 10^5 \text{ V/W}$)	1.0000

HgCdTe 20μ	$7.8 \times 10^5 \text{ V/W}$ $(7.8 \times 10^5 \text{ V/W})$	1.0000
------------	--	--------