



CARACTERIZAÇÃO DO SILÍCIO DE GRAU METALÚRGICO MELHORADO (Si-GMM) PURIFICADO POR SOLIDIFICAÇÃO DIRECIONAL

N. Coutinho^{1*}, A. D. S. Côrtes¹, P. R. Zampieri², F. C. Marques¹, P. R. Mei²

¹Instituto de Física “Gleb Wataghin” - IFGW, Unicamp, Campinas, São Paulo, Brasil.

²Faculdade de Engenharia Mecânica - FEM, Unicamp, Campinas, São Paulo, Brasil.

*nataliafcoutinho@gmail.com

Agência Financiadora: PIBIC/CNPq - PRP

Palavras-chave: Célula Fotovoltaica - Mobilidade de Portadores - Silício Grau Metalúrgico Melhorado.

RESUMO:

A energia solar fotovoltaica é considerada uma alternativa viável e sustentável para suprir o aumento da demanda mundial por energia. Porém, para alavancar o uso da energia solar fotovoltaica, faz-se necessário reduzir os custos de produção dos módulos fotovoltaicos. O silício de grau metalúrgico melhorado (Si-GMM), obtido por rota metalúrgica, é considerado uma alternativa para a produção de células fotovoltaicas. O objetivo deste trabalho foi caracterizar lâminas de silício de grau metalúrgico melhorado por medidas de resistividade e efeito Hall. A medida de resistividade permite determinar a concentração de dopantes na amostra. Uma característica do Si-GMM é a presença simultânea dos dois dopantes boro (B) e fósforo (P). Esse material é chamado de compensado. A presença dos dois dopantes altera o valor de resistividade da amostra. No silício compensado, a caracterização recomendada é a medida da mobilidade dos portadores de carga, que foram obtidas por efeito Hall. A degradação da mobilidade dos portadores de carga no Si-GMM se dá pela presença de impurezas, que operam como centros de recombinação. Outras características, tais como contornos dos grãos cristalinos, defeitos e discordâncias também afetam a mobilidade dos portadores de carga [3,4]. Neste trabalho foram analisadas lâminas de Si-GMM obtidas por rota metalúrgica no Laboratório de Fusão de Feixe de Elétrons - DEMA/FEM/Unicamp, associando as técnicas de desgaseificação à vácuo e solidificação direcional em forno de indução. As medidas de resistividade e a mobilidade dos portadores de carga por efeito Hall foram realizadas no Laboratório de Pesquisas Fotovoltaicas – DFA/IFGW/Unicamp.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:

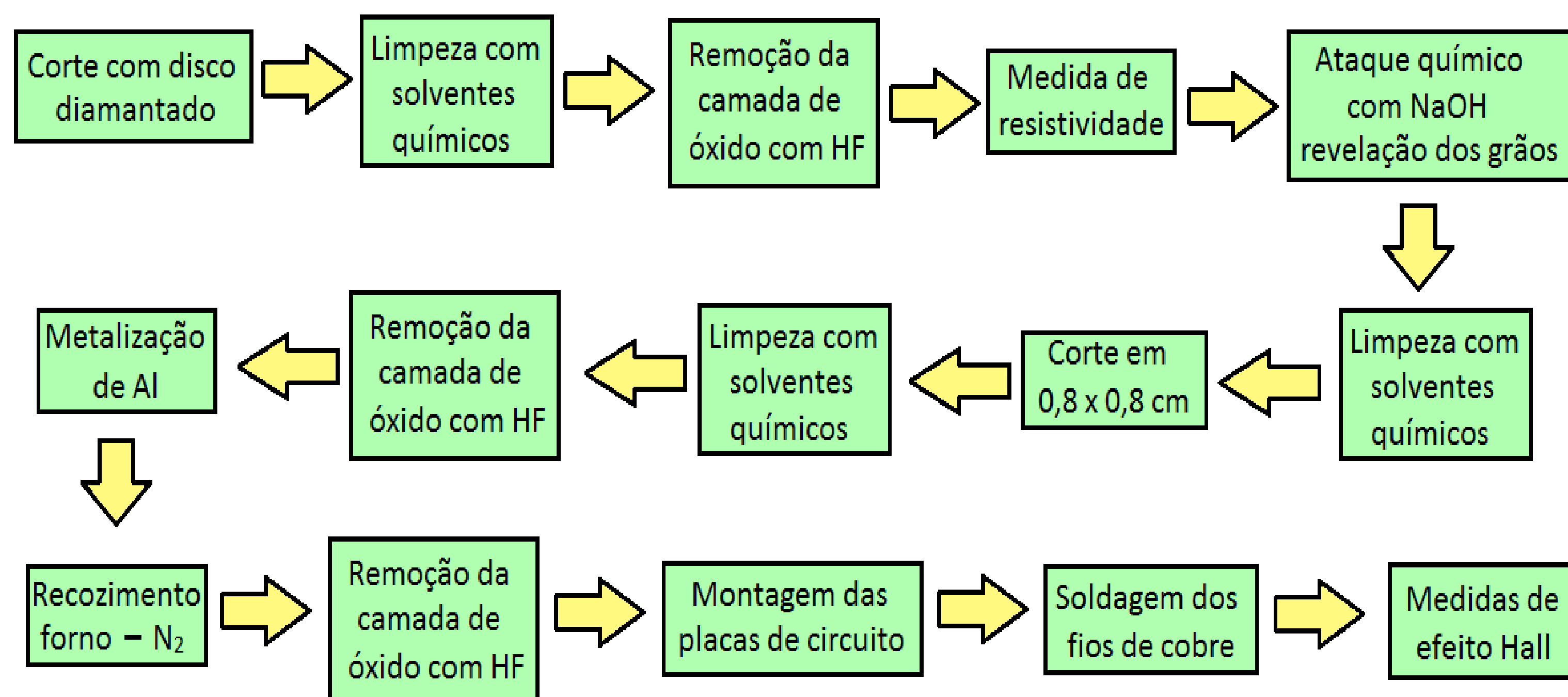


Figura 1: Procedimento para preparação das lâminas



Figura 2: Foto de uma lâmina de Si-GMM policristalina.

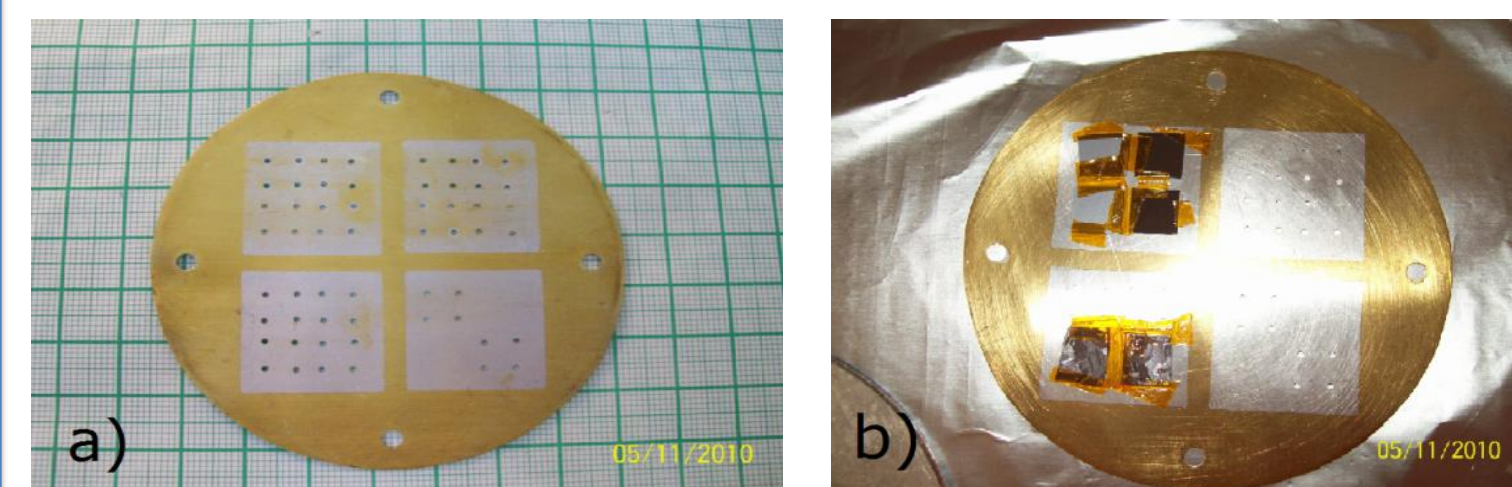


Figura 3: a) Foto da máscara usada na deposição do filme de Al e b) lâminas posicionadas no porta-amostra.

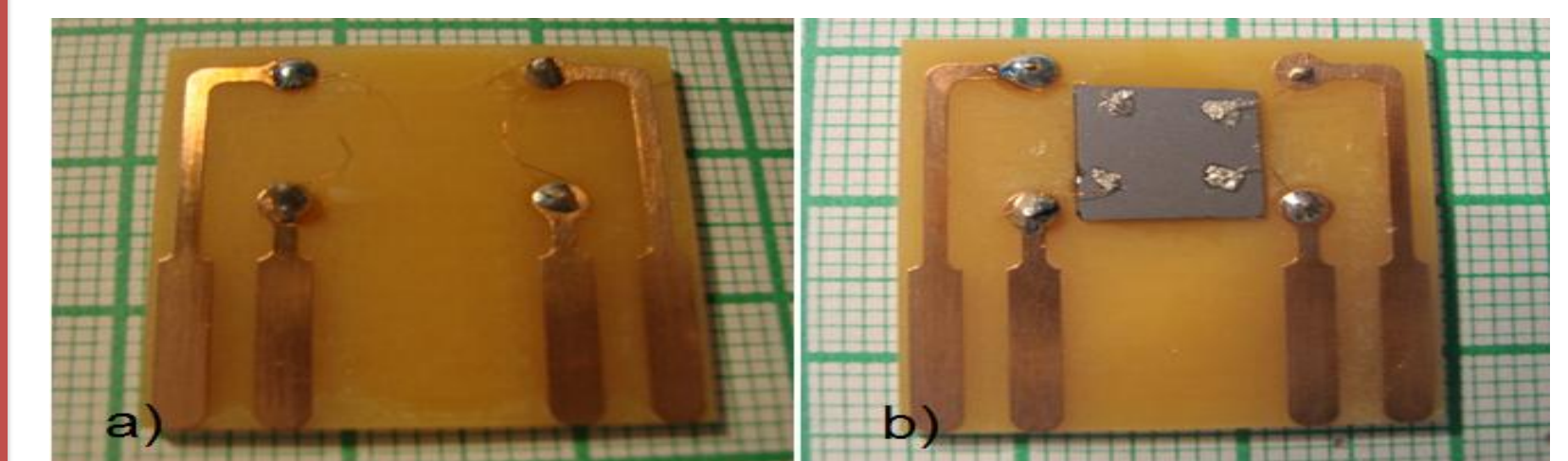


Figura 4: a) Foto do circuito montado para medida de efeito Hall e b) lâminas posicionadas no circuito.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 1: Resultados de resistividades das lâminas de Si-GMM.

região do lingote	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	área média (mm ²)	Espessura (µm)	Resistividade (ohm.cm)
IIIA - topo	5,1	4,2	5,6	2,3	1,9	3,8	440	0,024
IIA - meio	12,4	2,6	1,9	1,1	0,8	5,2	630	0,027
IA - base	2,4	1,0	1,3	0,8	7,3	2,5	459	0,027

Tabela 2: Resultado da densidade de portadores e mobilidade dos portadores de carga nas lâminas de Si-GMM.

Região do lingote	densidade de portadores de carga (cm ⁻³)	mobilidade (cm ² /V.s)
topo	6,94E+17	97
meio	1,19E+18	124
base	1,49E+18	133

CONCLUSÃO:

A medida de resistividade não se mostra adequada para classificar lâminas de Si-GMM. Observou-se que não houve variação no valor de resistividade ao longo do lingote. O efeito de compensação, observado nos lingotes de Si-GMM, prejudica a determinação da resistividade. Outro fato que merece atenção é que a presença dos grãos cristalinos reduz a mobilidade dos portadores de carga, pois operam como centro de recombinação. A região com maior concentração de impurezas apresenta menor mobilidade dos portadores de carga, enquanto que a região com menor concentração de impurezas possui maior valor de mobilidade. Deste modo, observou-se variação da mobilidade em função da concentração de impurezas, causada pela segregação das mesmas no lingote de Si-GMM. Sendo assim, a mobilidade é a medida mais recomendável quando se trata de Si-GMM.

BIBLIOGRAFIA:

- [1] M. A. Green. Photovoltaic Solar Energy Conversion. Brazilian Journal of Physics. vol. 26(1).p.137-143. 1996.
- [2] F. Padovani. Effect of Compensation on the Segregation Coefficient as deduced from Resistivity Measurements. J. Appl. Phys. vol 43(4).p. 2003-2005. 1972.
- [3] A. Cuevas. The paradox of compensated silicon. Conference on Optoelectronic and Microelectronic Materials and Devices (COMMAD '08), IUMRS-ICEM08. Sydney. July, 2008.
- [4] D. Halliday, R. Resnick and J. Merrill. Fundamentos de Física, vol. 3, (Editora LTC, RJ, 1994, 6ª edição), seção 29.4. p.142-144.
- [5] D. Halliday, R. Resnick e J. Merrill. Fundamentos de Física, vol. 3, (Editora LTC, RJ, 1994, 6ª edição), seção 27.3. p.100-102.
- [6] T. Warabisako, T. Saitoh, E. Kuroda, H. Itoh, N. Nakamura, T. Tokuyama. Efficient Solar Cells from Metallurgical-Grade Silicon. Japanese Journal of Applied Physics. Vol.19 (1980). Supplement 19-1, p. 539-544.
- [7] GIROTO, E. M.; Santos, I. A. Medidas de resistividade elétrica em sólidos: como efetua-las corretamente. Química Nova. v. 25(4), p. 639-647. 2002.