

# Simpósio de Integração Acadêmica

## “Ciências Básicas para o Desenvolvimento Sustentável”

SIA UFV 2023



### Fotoeletrodeposição assistida de cobre em silício tipo p.

Pedro Augusto dos S. Arantes; Departamento de Física; Universidade Federal de Viçosa; pedro.a.arantes@ufv.br  
Luciano de Moura Guimarães; Departamento de Física; Universidade Federal de Viçosa; lucianomoura@ufv.br  
Eduardo Nery Duarte de Araújo; Departamento de Física; Universidade Federal de Viçosa; eduardo.araujo@ufv.br  
Gabriel Tomaz Massardi; Departamento de Física; Universidade Federal de Viçosa; gabriel.massardi@ufv.br  
Joaquim Bonfim Santos Mendes; Departamento de Física; Universidade Federal de Viçosa; joaquim.mendes@ufv.br  
Rafael Otoniel Ribeiro Rodrigues da Cunha; Departamento de Física; Universidade Federal de Viçosa; rafael.cunha@ufv.br  
Wesley Fiorio Inoch; Departamento de Física; Universidade Federal de Viçosa; wesley.inoch@ufv.br

Fotoeletrodeposição, espectroscopia, SERS.

#### Introdução

A fotoeletrodeposição em silício tem sido amplamente explorada na comunidade científica desde o século passado, como uma técnica simples e econômica para formar microdepósitos de diversos materiais, como Ni, Au e Cu, na superfície do silício [1]. Em um meio eletrolítico, o eletrodo de silício tipo p, geralmente apresenta uma deformação em suas bandas de energia na interface eletrodo/solução, que dificulta o processo de eletrodeposição. Esta limitação pode ser superada se o eletrodo for iluminado com fótons, cuja energia seja suficiente para promover elétrons da banda de valência para a banda de condução do silício [2]. Dessa forma, podemos modular o processo de deposição em silício tipo p utilizando luz, o que permite a criação de microdepósitos localizados sem a necessidade de máscaras de forma simplificada. O ajuste dos parâmetros no processo de eletrodeposição, permite a deposição de estruturas com diferentes tamanhos, formatos, padrões de granulometria e adesão ao substrato, tornando-o adequado para diversas aplicações, como sensores e aplicação do espalhamento Raman aprimorado por superfície (SERS), que será discutido neste trabalho.

#### Objetivos

O objetivo geral desse trabalho foi produzir micro ilhas de cobre em silício tipo p variando-se potencial da célula eletroquímica, potência do laser assim como seu tempo e exposição. Em sequência foi estudado a morfologia dos pontos de cobre usando técnicas de microscopia eletrônica de varredura e espectroscopia Raman. Também foi estudado no trabalho o efeito Surface Enhanced Raman Scattering (SERS) produzido nas amostras.

#### Materiais e Métodos

Neste estudo, a fotoeletrodeposição foi empregada para produzir microdepósitos de cobre em silício (111). Uma célula eletroquímica, construída especificamente para esse fim (Fig. 1b) [2], foi empregada. Inicialmente, o silício tipo p foi limpo com uma solução de HF a 5% [3] para eliminar a camada de SiO. Posteriormente, foi imerso em solução de CuSO<sub>4</sub> com pH de 3,41 ± 0,01. O eletrodo de silício foi iluminado com precisão usando um laser monocromático com comprimento de onda de 633 nm, a partir de um espectrômetro Raman. Para manipular as propriedades e a morfologia dos depósitos, a intensidade do laser e o potencial celular foram alterados. Para análise das amostras foram empregadas técnicas de espectroscopia Raman e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Além disso, estamos investigando a aplicação potencial desses depósitos para espalhamento Raman aprimorado pela superfície (SERS).

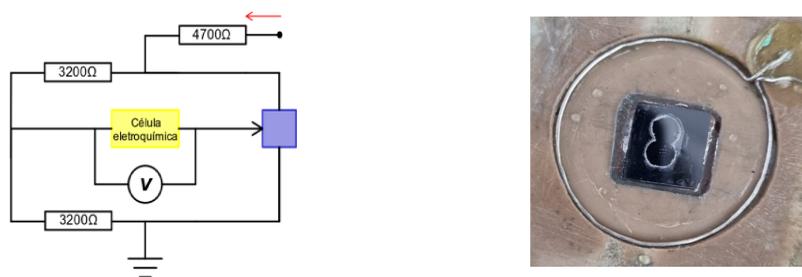


Figura 1: a) esquema elétrico da célula eletrolítica utilizada no processo de fotoeletrodeposição b) vista superior da célula eletroquímica

#### Resultados e Discussão

Com auxílio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foram obtidas imagens para estudar a morfologia dos depósitos. O depósito exibido na Figura (2a) foi produzido utilizando uma potência de 0,0054 mW e um potencial de célula de -0,5V. Por outro lado, a Figura 2b exibe outra deposição de cobre criada com potência de 0,0180 mW e potencial de célula de -0,6V.

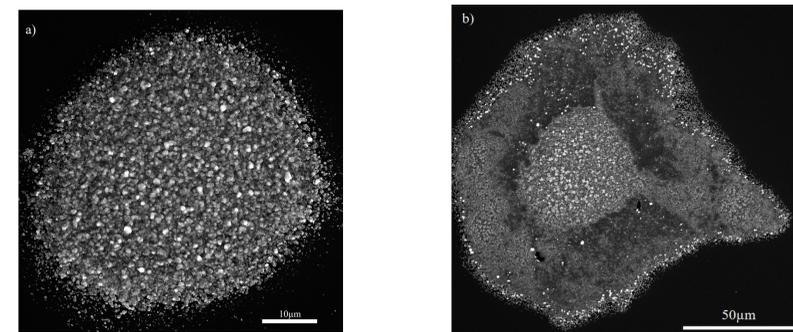


Fig.2: Imagens SEM de microdepósito de Cu em superfície de Si com a) -0,5V e 0,0054 mW b) -0,6V e 0,0108 mW

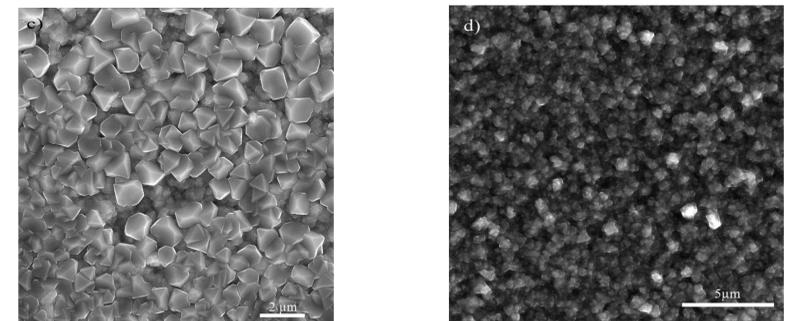
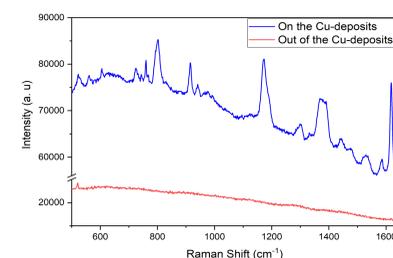


Fig.2: Imagens SEM de microdepósito de Cu em superfície de Si com c) -0,5V e 0,0054 mW d) -0,6V e 0,0108 mW de potência.

Além do estudo, foi analisada uma aplicação envolvendo depósitos de cobre, que utilizou o efeito Surface-Enhanced Raman Scattering (SERS). O efeito SERS foi empregado gotejando Cresil Violeta no depósito e posteriormente examinando-o com um espectrômetro Raman. O efeito SERS aumenta a sensibilidade da espectroscopia Raman, permitindo a detecção e análise de moléculas em concentrações muito baixas [4].



#### Conclusões

Apesar das dificuldades iniciais para a implementação da técnica de eletrodeposição fotoassistida, os resultados mostram um grande potencial da técnica para a formação e modulação de depósitos eletroquímicos. As propriedades dos depósitos são sensíveis aos parâmetros do processo e isso permite atender diferentes finalidades como aplicações de litografia, fabricação de sensores e aplicações de espectroscopia como substratos SERS.

#### Bibliografia

- [1] Yukio H Ogata, Katsutoshi Kobayashi e Munekazu Motoyama. "Electrochemical metal deposition on silicon". Em: Current Opinion in Solid State and Materials Science 10.3-4 (2006), pp. 163-172
- [2] Wesley Fiorio Inoch. "Eletrodeposição fotoassistida de cobre em silício monocristalino". Em: 1 (2021).
- [3] Junji Sasano et al. "Laser-assisted maskless Cu patterning on porous silicon". Em: Electro-chemical and solid-state letters 7.5 (2004), G98
- [4] Campion, Alan, and Patanjali Kambhampati. "Surface-enhanced Raman scattering." Chemical society reviews 27.4 (1998): 241-250.

#### Apoio financeiro

