

Caracterização Elétrica e Estrutural de Filmes Finos Metálicos Produzidos Por *Sputtering Magnetron DC*

Alexandre Teixeira Santos¹, Eliane Chinaglia², Sueli Masunaga³, Simone Camargo Trippe⁴

¹Centro Universitário da FEI

^{2,3,4}Departamento de Física, FEI

¹xandt@gmail.com, ²sctrippe@gmail.com

Resumo: Este projeto tem como objetivo a caracterização de filmes finos de Nióbio e Cobalto em suas propriedades elétricas e estruturais. As técnicas aplicadas para análise estrutural foram Espectroscopia de Retroespalhamento de Rutherford (RBS) e Microscopia de Força Atômica (AFM), e para análise elétrica em baixas temperaturas, técnica de quatro pontas com o auxílio de um *cryocooler* (dedo frio).

1. Introdução

Filmes finos metálicos são estudados hoje principalmente para a inovação nos campos de micro e nanotecnologias, a mudança de um material usado para outro pode trazer benefícios para o projeto inteiro. Alguns exemplos de aplicações tecnológicas para filmes finos são junções Josephson, células fotovoltaicas, circuitos integrados, dispositivos de onda superficial acústica [1][2][3][4].

O Nióbio é um material supercondutor em baixas temperaturas ($T < 10K$), por apresentar tal comportamento torna-se interessante para tecnologias de processamento digital em Tecnologias Híbridas de Multi caminho (HTMT) para computadores com metaflaps de processamento[4].

O cobalto por outro lado é um material que apresenta alta permeabilidade magnética, dentre suas possíveis aplicações estão, mídia de gravação magnética, ressonância magnética. [2][3]

2. Metodologia

Os filmes finos estudados foram depositados pela técnica de *Sputtering Magnetron DC*, sobre substrato de silício (100), em temperatura ambiente, utilizando como gás de *Sputtering* o Argônio, sobre pressão parcial de 1 mTorr. Para as análises sendo realizadas variou-se o tempo de deposição como demonstrado na tabela 1.

Tabela 1. Relação de Amostras e seus tempos de deposição

Amostras de Nióbio	Amostras de Cobalto	T (min)
4038 – I	4041 – I	5
4038 – III	4041 – II	10
4038 – II	4041 – III	20
4039 – II	4040 – I	30
4039 – I	4040 – II	40
4039 – III	4040 – III	50

Durante o processo de produção, algumas amostras foram demarcadas com a finalidade de conseguir um degrau na estrutura para se conseguir medidas de espessura utilizando a técnica de AFM, com isso podemos comprovar através da comparação que as duas técnicas apresentam resultados válidos.

As informações com relação a morfologia dos filmes (rugosidade, quantidade de grãos e espessura) foram obtidas através da técnica de AFM.

O estudo da composição estequiométrica, análise da presença de impurezas no filme depositado e espessura foi feita através de RBS, com um feixe de He^+ com energia de 2,2 MeV.

A caracterização elétrica com relação a resistência foi feita a partir de um dedo frio variando-se a temperatura entre 300K e 10K com um passo de 1K por medida.

3. Resultados

As análises feitas com AFM e RBS em função da espessura nos deram comportamentos próximos de lineares como mostrado na figura 1, tanto para o Nióbio (variações entre 5%-16%) quanto para o cobalto (variações entre 2%-18%).

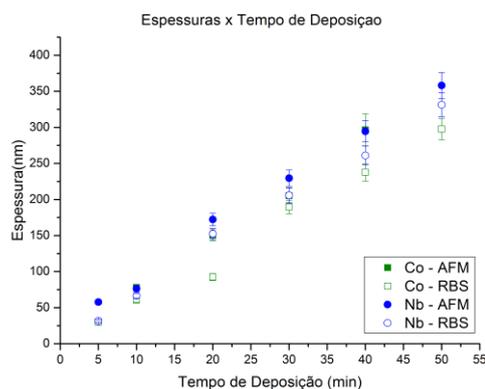


Figura 1. Gráfico com a comparação entre as espessuras medidas por AFM e RBS para o Nióbio e para o Cobalto.

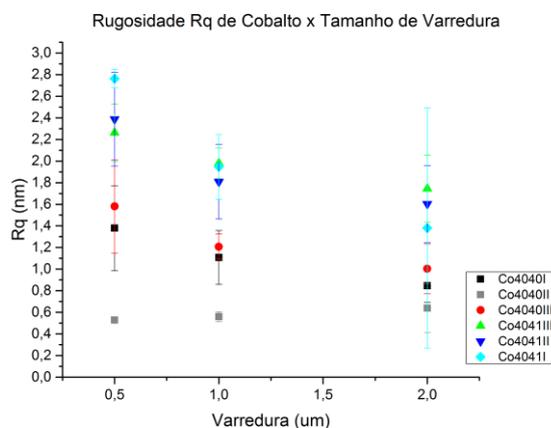


Figura 2. Rugosidade média dos grãos de Cobalto para as diferentes áreas de varredura das amostras.

Na figura 2, temos as rugosidades das diferentes amostras de cobalto, percebe-se um comportamento de decrescimento da rugosidade conforme o aumento da área analisada, isso se deve a microestrutura do cobalto, em que temos grãos mais altos espaçados entre si por grãos menores, assim quando varremos uma área pequena, chegamos a analisar poucos pontos altos e muitos baixos, o que resulta numa rugosidade mais acentuada, já para áreas maiores temos uma média muito mais acurada por considerar muitos desses pontos maiores. Agora analisando a figura 4, temos que o comportamento da rugosidade não é bem uniforme.

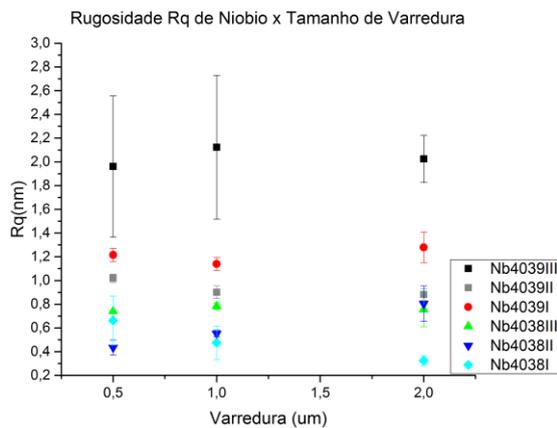


Figura 3. Rugosidade média dos grãos de Nióbio para as diferentes áreas de varredura das amostras.

As amostras de Nióbio, no entanto apresentam-se mais uniformes em sua microestrutura, o que resulta em uma rugosidade sem muitas variações entre as diferentes varreduras para cada amostra, como demonstrado pela figura 3. Ainda podemos comentar que o Nióbio apresentou crescimento uniforme junto com a rugosidade observando-se a figura 4.

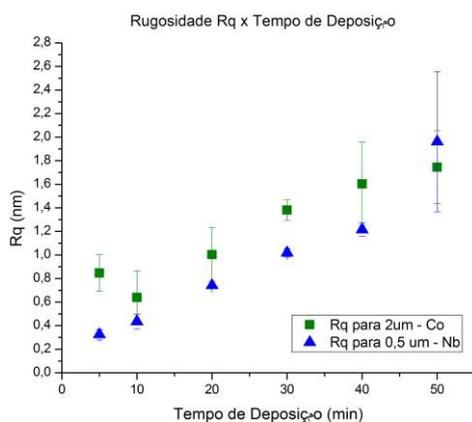


Figura 4. Gráfico de rugosidade dos filmes de Cobalto e Nióbio pelo tempo de deposição.

Para as medidas elétricas foi encontrado que o filme fino de Nióbio se enquadra ao comportamento de materiais metálicos e que sua resistência decresce conforme a espessura do filme analisado aumenta, o que é demonstrado pelo gráfico da figura 5.

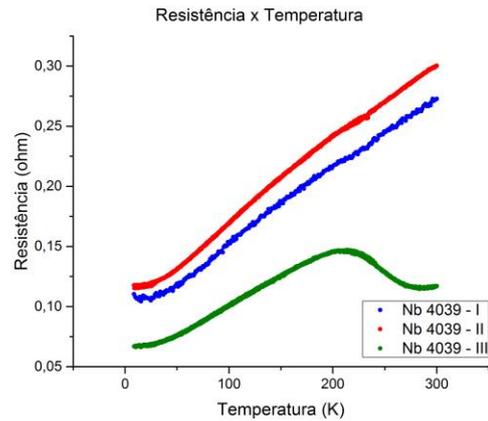


Figura 5. Variação da resistência elétrica pela temperatura para os três filmes mais espessos de Nióbio.

4. Conclusões

As amostras de Nióbio apresentam grãos pequenos e bem juntinhos, o que nos permite dizer que apresenta uma distribuição mais uniforme ao longo de uma área pequena, enquanto os de cobalto apresentaram maior variação nesse sentido. Além disso podemos dizer que tanto os filmes de Nióbio quanto os de Cobalto apresentam deposição próxima de um comportamento linear para os tempos estudados e que as técnicas de AFM e RBS apresentam resultados próximos um do outro. A rugosidade para o Nióbio segue o comportamento uniforme também e a do Cobalto é caracterizada por duas zonas distintas, uma antes dos 10 minutos e uma após os 10 minutos.

Quanto as medidas elétricas o Nióbio apresentou resistências mais baixas para filmes mais espessos, isso devido a coalescência entre os grãos, que reduz o número de centros de espalhamentos eletrônicos, além disso o Nióbio apresentou comportamento metálico como o esperado.

5. Referências

- [1] Chopra, L. Kastur e Kaur, Inderjeet, "Thin Film Device Applications.", Indian Institute of Technology, New Dheli, India, Springer Science & Business Media, 2012, pag 1-15; 311-349.
- [2] Gubim, A. I., et all, Physical Review B 72, 064503 (2005).
- [3] Smith, W. F, Hashemi, J. " Fundamentos da engenharia e ciência dos materiais", 5 ed. Mc Graw Hill, 2012.
- [4] M.H.Francomb, "Handbook of Thin Film Devices", chapter 2: Fabrication of Superconducting Devices and Circuits, 2000, <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780122653209>, acesso em: 03/08/2017 – 13:50

Agradecimentos

À instituição FEI pelo empréstimo de equipamentos, infraestrutura e suporte financeiro.

Ao Instituto de Física da USP pelo Sistema de Sputtering e medidas em RBS.

A todos os colaboradores do projeto que me auxiliaram nas medidas e a realizar decisões resolutas.

¹ 121156103 Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 09/16 a 08/17.