



**LOM3228 – Métodos Experimentais da Física I  
(1º semestre de 2019)**

**LABORATÓRIO 3  
FILMES FINOS: TECNOLOGIA DE VÁCUO PARA PREPARAÇÃO  
E SUAS APLICAÇÕES**

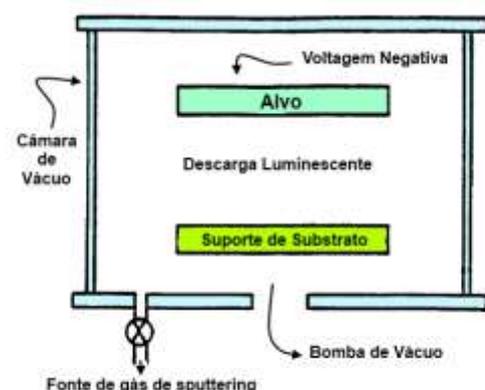
Uma das primeiras observações da deposição de filmes finos foi realizada por FARADAY ao explodir metais em uma atmosfera de gás inerte. Em 1887, foi verificada a possibilidade de deposição de camadas finas de metais usando aquecimento por efeito Joule em vácuo. O primeiro interesse foi em aplicações em equipamentos óticos e no estudo da cinética de difusão de gases. Com o desenvolvimento de sistemas de vácuo de alta capacidade e de técnicas de alto-vácuo, houve crescente interesse industrial em outras aplicações como, por exemplo, camadas anti-refletoras, superfícies refletoras, camadas múltiplas para espelhos interferométricos, e outras.

Nos últimos anos aumentou o interesse da indústria de eletrônica e microeletrônica, para a fabricação de dispositivos, células solares, transistores, xerografia, detectores, memórias magnéticas e óticas, entre outras muitas aplicações.

A maioria dos métodos de deposição de filmes finos é feita a vácuo. Algumas das técnicas são conhecidas como: evaporação térmica sob vácuo, pulverização catódica (*sputtering*), e outras.

**(A) Pulverização catódica (ou *Sputtering*)**

Neste experimento será utilizado um sistema de pulverização catódica (ou *sputtering*, em inglês, como é mais conhecido) que é uma das técnicas mais importantes para a deposição de filmes finos de maneira geral. Por questões técnicas utilizaremos “*sputtering* DC”, que usa uma tensão contínua. A figura ao lado mostra um esquema simplificado de um sistema de pulverização catódica, que descreve bem a montagem experimental de nosso laboratório. Tipicamente, o “alvo”, que é uma placa de material a ser depositado (prata, em nosso caso) ou do material do qual um filme deverá ser sintetizado, é ligado ao terminal negativo (catodo) de uma fonte de alta tensão. O substrato onde se quer depositar o filme (anodo) é colocado em um suporte que é ligado ao outro terminal da fonte de alta tensão. Usualmente, este terminal está aterrado. Para iniciar e manter a descarga é introduzido um gás a baixa pressão. O gás mais usual para pulverização catódica é o argônio (nosso caso), embora outros gases, como o xenônio e kriptônio possam ser usados também. Quando a descarga luminescente (plasma) é iniciada, íons positivos incidem no alvo e removem principalmente átomos neutros por transferência de momentum. Parte dos átomos é gerada por evaporação do alvo. Estes átomos condensam no anodo, formando o filme fino desejado.



**Diagrama Esquemático do Sistema de Sputtering**

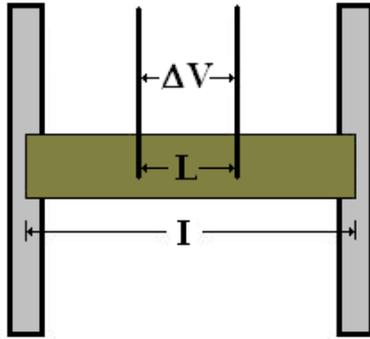


Figura 1. Método das 4 pontas.

Em nosso Laboratório fizemos a preparação de uma placa de circuito em que serão depositadas camadas subsequentes de prata, uma camada por cada grupo de alunos. As camadas serão depositadas utilizando um sistema Bal-Tec MED020 *Coating System*. A medida da espessura da camada de prata depositada será feita com um medidor de espessura Bal-Tec QSG070 (Procure informações a respeito dos equipamentos na Internet). Para cada camada, feita com cada grupo de alunos, será feita a medida de resistência elétrica usando o chamado “método das quatro pontas”, no qual quatro fios são conectados na amostra, sendo dois nas extremidades da amostra para transporte de corrente elétrica  $I$  de teste, e os outros dois para leitura do sinal de tensão (diferença de potencial,  $\Delta V$ ) gerado na amostra durante a aplicação de corrente (Fig. 1). Os terminais de tensão são separados por uma distância  $L$ .

### (B) Estimativa da “largura do canal de condução de corrente” no material depositado

Variando-se a corrente  $I$  e medindo a tensão  $\Delta V$  após deposição de cada camada, pode-se encontrar a resistência elétrica  $R$  da camada de prata depositada. Com um número suficiente de valores de corrente (5 medidas) pode-se levantar a curva  $IV$  do material depositado, que em princípio é ôhmico. A resistência elétrica será a inclinação desta curva (reta) e será dada por  $R = \frac{\rho^* L}{A}$ , onde  $\rho_{Ag} = 1,62 \times 10^{-8} \Omega.m$ ,  $L \approx 3 \text{ mm}$ , e a área da seção transversal será  $A = e.a$ , com “ $e$ ” sendo a espessura de prata depositada e “ $a$ ” sendo a “largura do canal de condução de corrente”.

Faça um gráfico da “curva  $IV$ ” para cada espessura depositada de prata, determinando a resistência elétrica e os valores do parâmetro “ $a$ ”. Tente interpretar fisicamente os resultados.

## ORIENTAÇÕES PARA O RELATÓRIO DO LABORATÓRIO 3

Na INTRODUÇÃO ou OBJETIVOS, deve-se situar o leitor sobre a importância dos processos de deposição de filmes finos, técnicas e aplicações, sua evolução e desenvolvimento ao longo da história da ciência. Busque as principais técnicas usadas atualmente e algumas aplicações científicas e/ou industriais de destaque no presente. Descreva os mecanismos de formação de filmes finos e o processo de nucleação.

Na METODOLOGIA EXPERIMENTAL, descreva detalhadamente todo o sistema de vácuo. Descreva detalhadamente os procedimentos, as preparações, as medidas e as formas de análise.

Nos RESULTADOS e ANÁLISE DE DADOS, a espessura do filme é determinada experimentalmente na deposição e é utilizada para verificar as condições de condução de corrente no material depositado. Aqui o grupo deve fazer uma avaliação qualitativa e quantitativa de todo o processo.