

# Ciência e Tecnologia de Filmes Finos

**Professor Responsável:** José Humberto Dias da Silva

## OBJETIVOS

Esta disciplina visa o estudo detalhado dos principais aspectos relacionados ao crescimento de filmes finos. Em menor detalhe abrange o estudo de algumas propriedades físicas, técnicas de caracterização, e aplicações dos filmes. Em relação ao crescimento aborda os principais conceitos e também as tecnologias envolvidas.

## EMENTA

- Processos de crescimento de filmes finos em vácuo: conceitos e aspectos tecnológicos.
- Processos de crescimento de filmes finos em solução: conceitos e aspectos tecnológicos.
- Técnicas de caracterização estrutural, morfológica e óptica de filmes finos.
- Aplicações de filmes finos em eletrônica, óptica, endurecimento de superfícies, multicamadas ópticas e magnéticas.

## PROGRAMA

### 1. Introdução

- 1.1. Filmes finos e aplicações.
- 1.2. Apanhado sobre os principais processos de preparação, etapas de crescimento, processos de caracterizações, e aplicações.

### 2. Cinética dos Gases

- 2.1. Gases e vapores, distribuição de velocidades, fluxo incidente
- 2.2. Equação de Knudsen
- 2.3. Livre caminho médio
- 2.4. Propriedades de transporte: difusão, viscosidade, transmissão de calor

### 3. Tecnologia de Vácuo

- 3.1. Sistemas de bombeamento
- 3.2. Câmaras de vácuo
- 3.3. Medidas de pressão

### 4. Evaporação

- 4.1. Termodinâmica da Evaporação
- 4.2. Taxa de evaporação
- 4.3. Fontes de evaporação
- 4.4. Evaporação de ligas
- 4.5. Evaporação de compostos

5. Mecanismos de Formação de Filmes
  - 5.1. Adsorção
  - 5.2. Difusão superficial
  - 5.3. Nucleação
  - 5.4. Estruturação
  - 5.5. Interfaces e stress
6. Crescimento Epitaxial
  - 6.1. Aplicação em dispositivos semicondutores
  - 6.2. Monitoração *in-situ* do crescimento
  - 6.3. Substratos e diferenças de parâmetros de rede
7. Deposição de Vapor Químico
  - 7.1. Fluxo de gases
  - 7.2. Reações e difusão
  - 7.3. Modelos de reatores
8. Deposição por Feixes
  - 8.1. Feixes de elétrons
  - 8.2. Plasmas a arco
  - 8.3. Lasers pulsados
  - 8.4. Bombardeamento iônico e sputtering
9. Deposição por Descargas Luminescentes
  - 9.1. Estrutura dos plasmas
  - 9.2. Sputtering DC e RF
  - 9.3. Magnetrons
10. Processos em Solução – Método Sol-Gel
  - 10.1. Dip coating
  - 10.2. Spin coating
11. Principais Métodos de Caracterização de Filmes Finos
  - 11.1. Caracterização Estrutural
    - Difração, reflexão, e absorção de raios-X
    - Resistência mecânica e aderência
    - Microscopias: eletrônicas, força atômica e tunelamento. Microanálise.
  - 11.2. Caracterização Eletrônica
    - Espectroscopias de foto-emissão eletrônica (XPS-UPS)
    - Condutividade elétrica e foto-condutividade

- 11.3. Caracterização Óptica
  - Espectrometrias de transmissão, reflexão, e absorção.
  - Determinação de constantes ópticas e gap de semicondutores e isolantes.
  - Foto-luminescência
  - Elipsometria
- 12. Aplicações de Filmes Finos
  - Recobrimento, tribologia e endurecimento de superfícies
  - Filmes foto e eletro-sensíveis
  - Transistores de filmes finos
  - Circuitos integrados
  - Multi-camadas ópticas e ferromagnéticas
  - Lasers semicondutores e comunicações ópticas

\*\*\*

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1) **D.L. Smith. *Thin Film Deposition: Principles and Practice*. McGraw Hill, Boston, 1995. 616p.**
- 2) **M. Ohring. *The Materials Science of Thin Films*. Academic Press, San Diego, USA, 1992.**
- 3) A.E. Riad, F.D. Barlow III. *Thin Film Technology Handbook*. McGraw Hill, Nova York, 1998.
- 4) B. Chapman. *Glow Discharge Processes*. John Wiley & Sons, New York 1980, 405p.
- 5) L. I. Meissel and R. Glang. *Handbook of Thin-Film Technology*. McGraw Hill Book Co, New York, 1970.
- 6) P.Y. Yu e M. Cardona. *Fundamentals of Semiconductors – Physics and Materials Properties*. Springer Verlag, Berlin, 1996.
- 7) W. M. Mönch. *Semiconductor Surfaces and Interfaces* (2<sup>nd</sup> ed.). Springer Verlag, Berlin, 1995.
- 8) A. Pimpinelli, J. Villain. *Physics of Crystal Growth*. Cambridge University Press, Cambridge, 1998.
- 9) S.M. Sze. *Physics of Semiconductor Devices*. John Wiley & Sons, New York, 1981.
- 10) Artigos selecionados em revistas especializadas: *Thin Solid Films*, *Journal of Crystal Growth*, *Vacuum*, *Journal of Vacuum Science and Technology*, *Journal of Applied Physics*, *Applied Physics Letters*, e outras.