

Ciência e Tecnologia de Filmes Finos

Prof. José Humberto Dias da Silva (Responsável)

Prof. Kleper de Oliveira Rocha (Colaborador)

Programa da Disciplina

2020

OBJETIVOS

Esta disciplina visa o estudo detalhado dos processos de crescimento de filmes finos. Aborda os conceitos envolvidos, as tecnologias existentes, e abrange o estudo de propriedades físicas, das técnicas de caracterização, e aplicações dos filmes finos.

EMENTA

- Conceitos básicos: cinética dos gases; tecnologia de vácuo; mecanismos de formação de filmes finos, crescimento epitaxial.
- Processos de crescimento de filmes finos em baixas pressões: evaporação térmica; deposição de vapor químico; deposições por feixes iônicos e descargas luminescentes (plasmas). Processos em solução: método sol-gel.
- Técnicas de caracterização estrutural, morfológica e óptica de filmes finos.
- Aplicações de filmes finos em eletrônica, óptica, endurecimento de superfícies, multicamadas ópticas e magnéticas.

Início:04/03

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

↑ **Matéria P1, data: 08/04 (5 semanas)**

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.
- 5.6 Energia de superfície e crescimento epitaxial.

↑ **Matéria P2, data: 20/05 (6 semanas)**

6. Principais Métodos de Caracterização de Filmes Finos

6.1 Caracterização Estrutural

- Difração, reflexão, e absorção de raios-X
- Resistência mecânica e aderência
- Microscopias: eletrônicas, força atômica e tunelamento. Microanálise.

6.2. Caracterização Eletrônica

- Espectroscopias de foto-emissão eletrônica (XPS-UPS)
- Condutividade elétrica e fotocondutividade

6.3. Caracterização Óptica

- Espectrometrias de transmissão, reflexão, e absorção. Elipsometria.
- Determinação de constantes ópticas e bandgap de semicondutores e isolantes.
- Fotoluminescência. Espectroscopia Raman e bandas no infravermelho.

↓ **Matéria Específica, Seminários, (2 semanas)**

7. Deposição por Feixes Energéticos (06/06)

- 7.1. Feixes de elétrons
- 7.2. Plasmas a arco
- 7.3. Lasers pulsados
- 7.4. Bombardeamento iônico e sputtering

8. Deposição por Descargas Luminescentes (10/06)

- 8.1. Estrutura dos plasmas
- 8.2. Sputtering DC e RF
- 8.3. Magnetrons

9. Deposição de Vapores Químicos (13/06)

- 9.1. Fluxo de gases
- 9.2. Reações e difusão
- 9.3. Modelos de reatores

10. Processos em Solução – Método Sol-Gel (datas: 17/06, 24/06)

- 10.1. Dip coating
- 10.2. Spin coating

11. Crescimento Epitaxial (27/06)

- 11.1. Tensão superficial, superfícies de cristais e simetrias
- 11.2. Monitoramento *in-situ* do crescimento
- 11.3. Descasamento de parâmetros de rede

11.4 Morfologia superficial.

12. Aplicações de Filmes Finos (data: 01/07)

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

↑ **Matéria P3, data: 18/06 (6 semanas)**

Fechamento de Notas / Encerramento da Disciplina (data 24/06).

Exame Final (apenas p/ graduação, data 02/07).

BIBLIOGRAFIA

- 1) * D.L. Smith. Thin Film Deposition: Principles and Practice. McGraw Hill, Boston, 1995. 616p. (*texto)
- 2) K.S. Sree Harsha. Principles of Physical Vapor Deposition of Thin Films. Elsevier, Amsterdam, 2006.
- 3) L. I. Meissel and R. Glang. Handbook of Thin-Film Technology. McGraw Hill Book Co, New York, 1970.
- 4) M. Ohring. The Materials Science of Thin Films. Academic Press, San Diego, USA, 1992.
- 3) L.B. Freund, S. Suresh. Thin Film Materials. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2003.
- 4) B. Chapman. Glow Discharge Processes. John Wiley & Sons, New York 1980, 405p.
- 7) Artigos de revistas científicas da área: Thin Solid Films, Journal of Applied Physics, Journal of Materials Sciences, e outros.

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

Serão utilizados quatro instrumentos de avaliação:

1. Prova escrita 1 (P1). Sobre os tópicos 1 a 3
2. Prova escrita 2 (P2). Sobre os tópicos 4 e 5
3. Prova escrita 3 (P3). Sobre os tópicos 6 a 12.
4. Seminários individuais de 20 minutos versarão sobre os temas 7 a 12 (S).
5. Perguntas e respostas sobre os seminários (PR).

Média Final = $P1*0,2 + P2*0,4 + P3*0,2 + S*0,2$

Estudantes da Posgrad:

Notas/conceitos: 10,0 a 8,6 – A; 8,5 a 7,0 – B; 6,9 a 5,0 - C

Estudantes da Graduação:

Notas/conceitos: 5,0 a 10,0 (aprovado).

Exame Final (data: 02/07, somente para a graduação)

O exame final, será oferecido aos estudantes de graduação que não tenham alcançado a nota para aprovação ao final do semestre. A nota final do estudante (NF) será obtida pela expressão: $NF = (MFs + EF)/2$. onde: MFs é a média final do semestre e EF é a nota do exame final.