



INSTITUTO
TECNOLÓGICO
DE AERONÁUTICA



Laboratório de
P l a s m a s e
P r o c e s s o s

www.lpp.ita.br

www.ita.br

MT-203

Ciência e Tecnologia de Filmes Finos

Prof. Douglas M G Leite

leite@ita.br

Sala LPP-203

www.lpp.ita.br/leite → Cursos → MT203

Aula 01 – Introdução

➤ Apresentação da Disciplina

- Livro-texto
- Ementa
- Seminário
- Critérios de Avaliação
- Calendário

➤ Introdução

- Conceitos preliminares
- Importância e aplicações de Filmes Finos
- Exemplos do dia-a-dia e exemplos avançados
- Pré-requisitos de limpeza e vácuo
- Questionário sobre assunto da próxima aula

Livro-texto

Thin-film deposition principles and practice

Idioma: English

Autores: Smith, D.L.

Informações de publicação: Boston, MA McGraw-Hill c1995

Descrição física: 616 24 cm il.

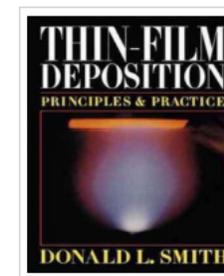
Tipo de publicação: Book

Tipo de documento: Book

Termos do assunto: Filmes finos
Deposição
Dispositivos
Deposição química a vapor
Cinética
Dinâmica dos gases
Física

ISBN: 0-07-058502-4

Número de acesso: ita.48724



[Table of Contents](#)
[Author Information](#)

Local	Número de chamada	Status
IEAV	539.23 S645t	Retido (Manutenção)
ITA	539.23 S645t	Retido (Exemplar 1)
ITA	539.23 S645t	Disponível
IAEAMR	539.23 S645t 1.ex.	Disponível
IAEAMR	539.23 S645t 2.ex.	Disponível

Ementa do Curso

- Introdução (cap 1)
- Cinética dos Gases e Tecnol. de Vácuo (cap 2 e 3)
- Evaporação térmica (cap 4)
- Deposição (cap 5)
- Desenvolvimento de morfologia e estrutura (cap 5)
- Epitaxia (cap 6)
- Deposição química de vapor - CVD (cap 7)
- Plasmas de descargas luminescentes (cap 9)
- Deposição por pulverização catódica - sputtering (cap 8 e 9)
- Deposição por camada atômica (ALD/PEALD)
- **Técnicas de caracterização de Filmes Finos** } **Seminários – Exame**

Seminário

- Assuntos
 - Elipsometria
 - Espectrofotometria (T%)
 - RHEED
 - Nanodureza
 - Efeito Hall
 - Condutividade 4-pontas

- Duração: 30 min

Formas & Critérios de Avaliação

Provas Bimestrais

- Avaliação escrita dissertativa (MB1 e MB2):

Exame

- Será pela nota do seminário (S)

Média Final (MF)

- $MF = (MB1+MB2)*0.7 + S*0.3$

Introdução – Objetivos da Disciplina

- Estudar os principais conceitos envolvidos na DEPOSIÇÃO de filmes finos
- Entender os mecanismos físicos e químicos que influenciam diretamente no crescimento de filmes
- Elucidar as principais técnicas atualmente disponíveis para produção de filmes finos
- Analisar propriedades físicas e técnicas de caracterização de filmes
- Apontar aspectos científicos e tecnológicos correntes

Introdução - Motivação

Porque fabricar filmes finos?

- ECONOMIA: menor quantidade de material
- PRATICIDADE: menor tamanho do dispositivo/material final
- QUALIDADE: menor densidade de defeitos ou impurezas do que o “bulk”
- ENGENHARIA DE DISPOSITIVOS: filmes finos são a base de transistor, LEDs, células solares, sensores, etc...
- NOVAS PROPRIEDADES:
 - propriedades superficiais devem ser diferentes das do “bulk”, exemplo: engrenagem
 - filmes quasi-bidimensionais e heteroestruturas se comportam como meta-materiais
 - propriedades extrínsecas dependentes da espessura dos filmes \neq propriedades do “bulk”
 - engenharia de interfaces (filtros ópticos, etc...)
 - engenharia de band-gap (HEMT – LED – Células Solares)

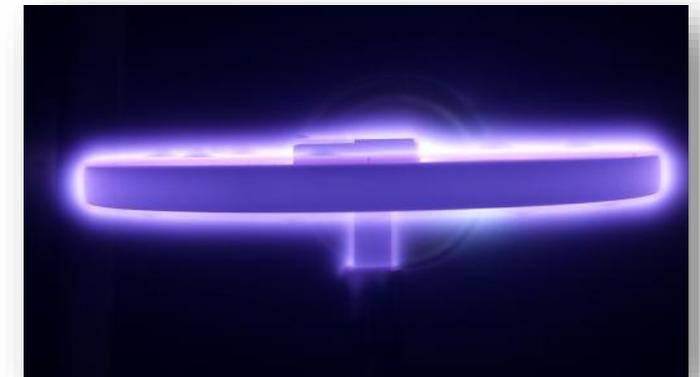
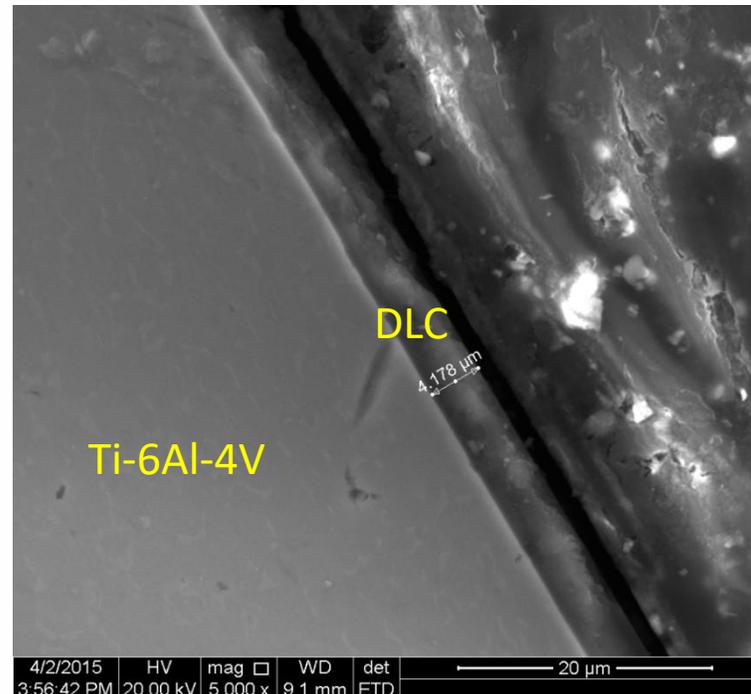
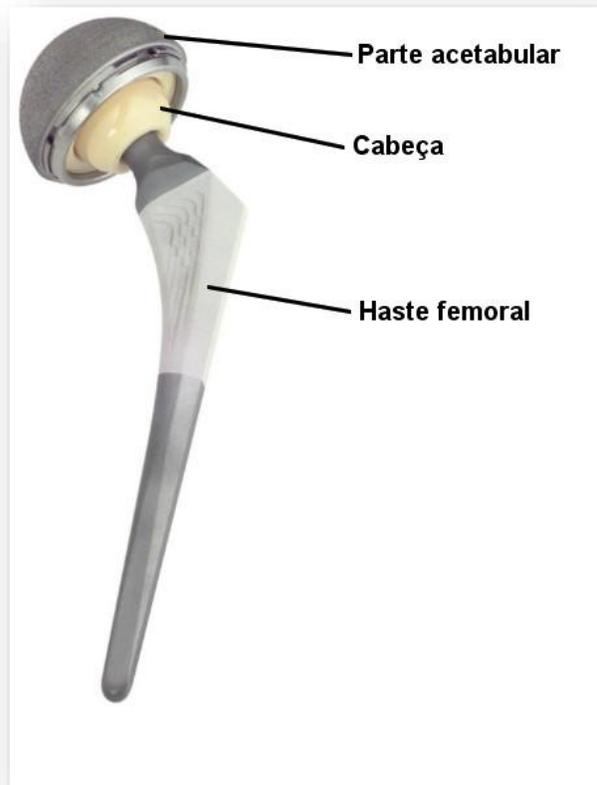
Introdução - Motivação

Porque fabricar filmes finos?



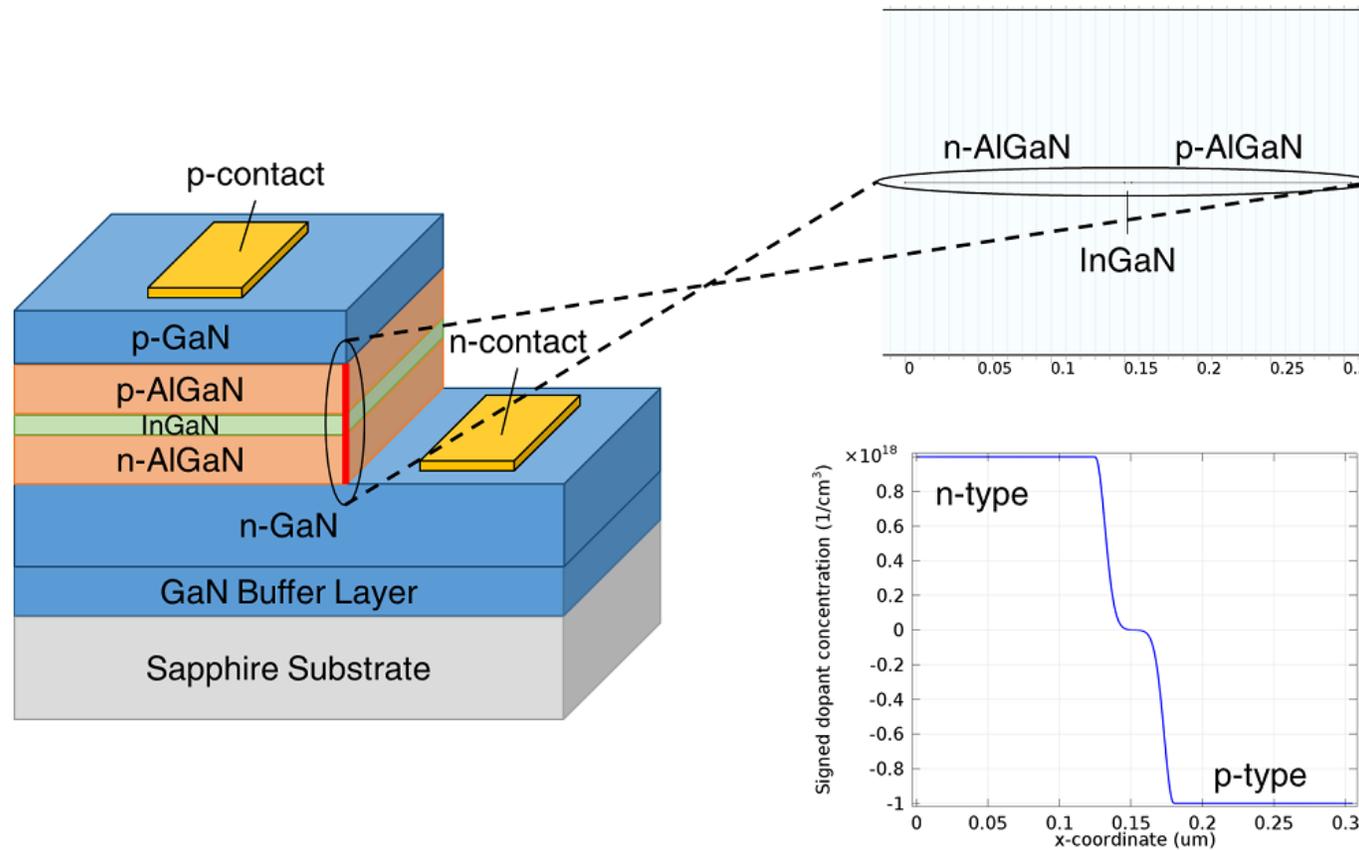
Introdução - Motivação

- Camadas de Diamante Sintético (DLC) – redução de atrito



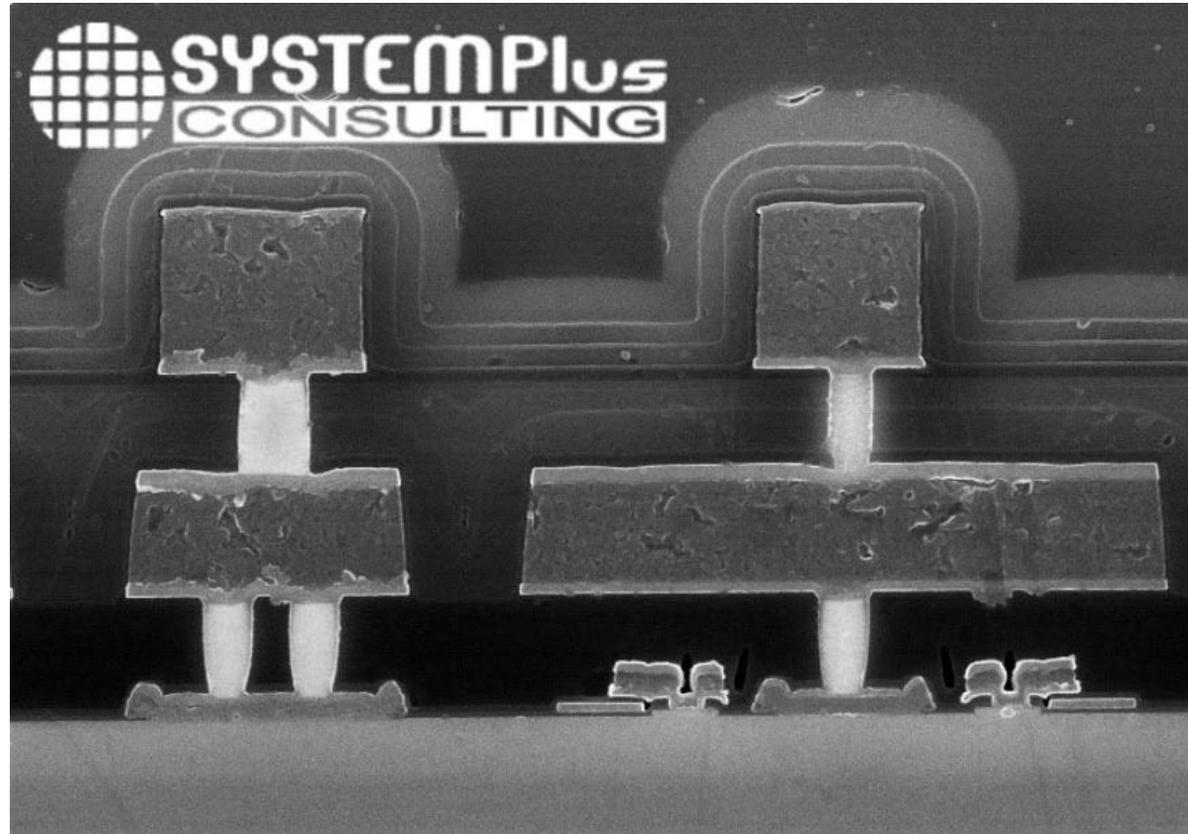
Introdução - Motivação

➤ LED azul (branco) – Nobel de Física do 2014



Introdução - Motivação

➤ Transistores



Introdução - Motivação

➤ Lentes e óptica em geral



Introdução - Motivação

- Recobrimentos em geral: propriedades mecânicas, térmicas, anticorrosivas, decorativas, etc...

Au

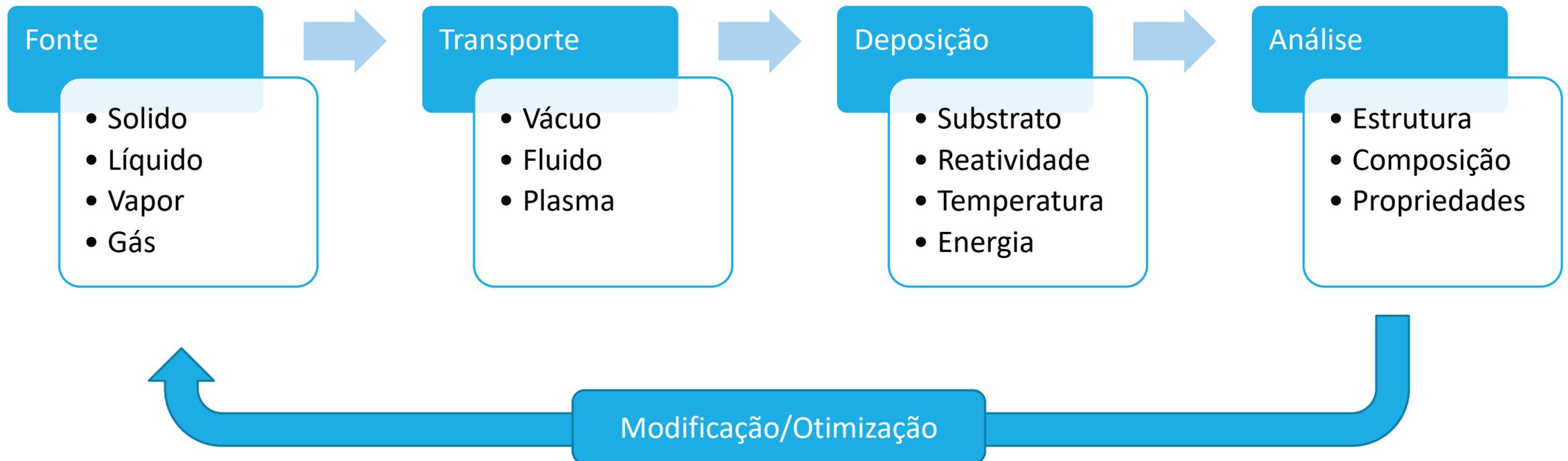


TiN



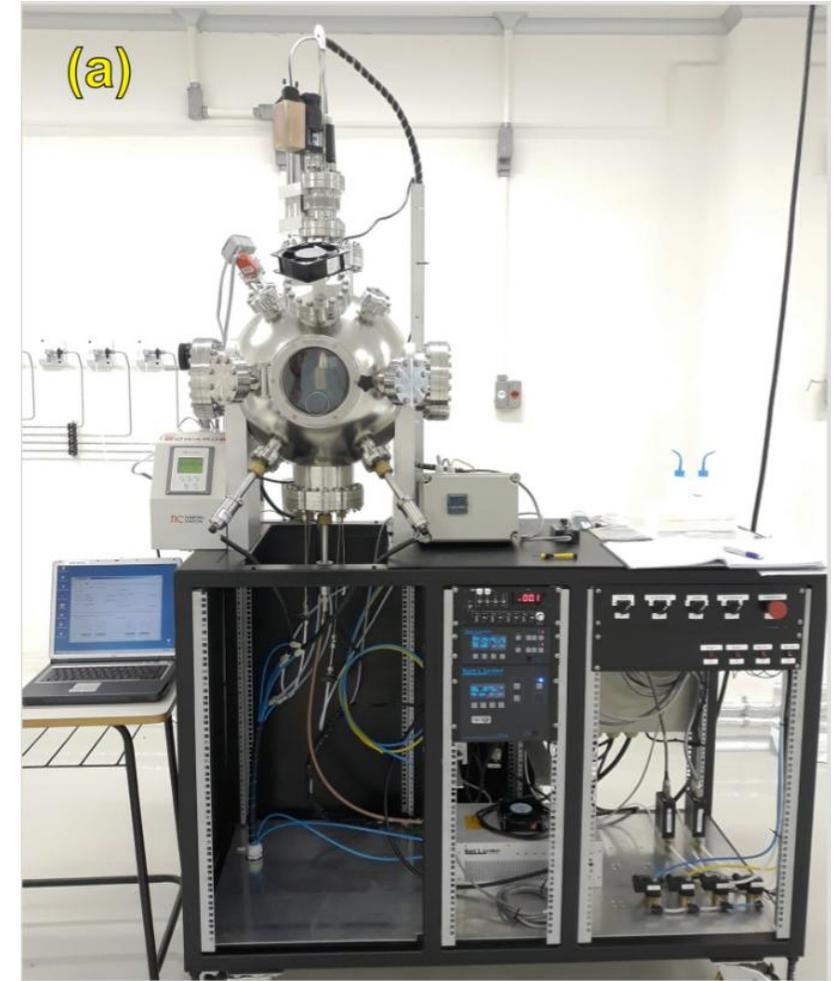
Introdução - Motivação

Processos



Introdução - Motivação

Sistemas



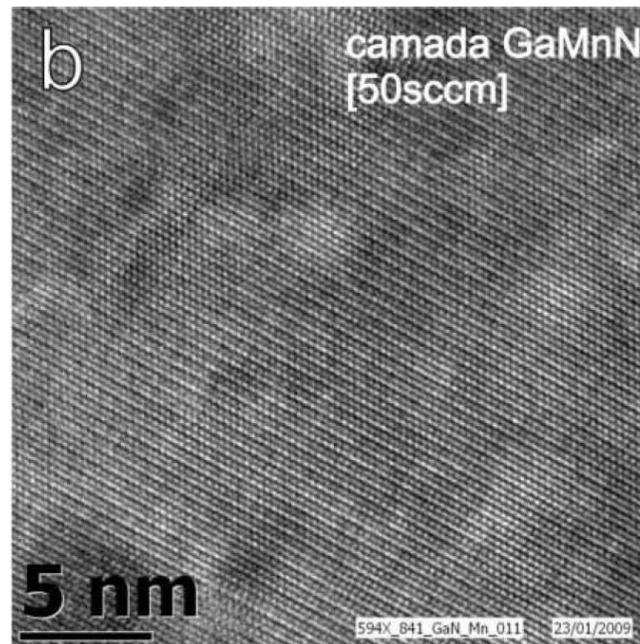
Introdução – Pré-requisitos (ou desMotivação)

- VÁCUO
- PUREZA DOS REAGENTES/PRECURSORES/GASES/ALVOS/ETC...
- SUBSTRATOS COMPATÍVEIS
- LIMPEZA DOS SUBSTRATOS (!!!!!)
- LIMPEZA DO AMBIENTE (SALA LIMPA)
- LIMPEZA DO REATOR
- LIMPEZA D...
- LIMPEZA...
- ...

Introdução – Conceitos

Espessuras típicas:

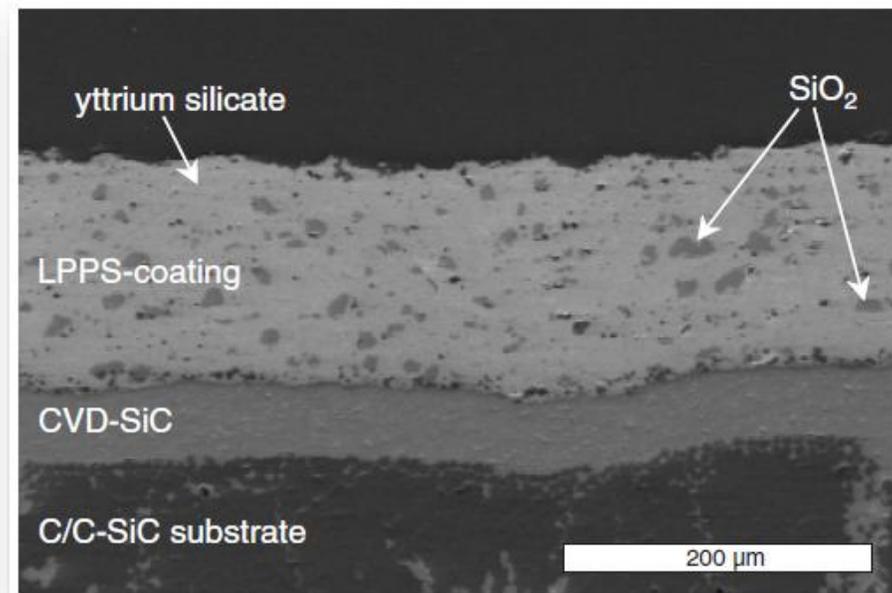
- Fio de cabelo $\sim 0,1 \text{ mm} = 100 \mu\text{m} = 100.000 \text{ nm}$
- Bolha de sabão $10 - 100 \text{ nm}$ (é um filme fino!!!)
- $1 \text{ nm} = 10 \text{ \AA} \sim 10 \text{ camadas atômicas}$



Introdução – Conceitos

Espessuras típicas:

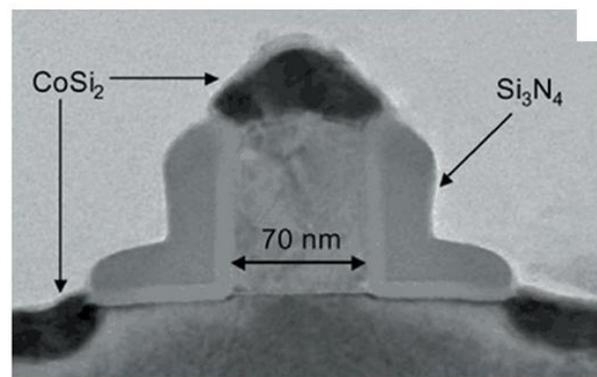
- Recobrimentos: 10 – 100 μm



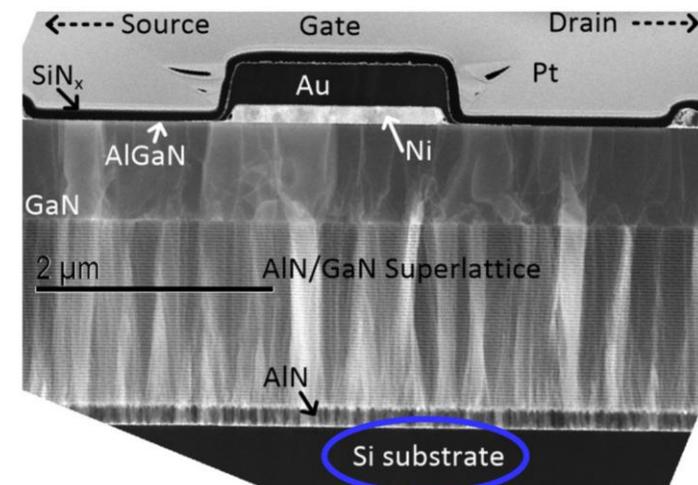
Introdução – Conceitos

Espessuras típicas:

- Camada óxido CMOS: 35 – 70nm
- Camada óxido FET: 3 – 45 nm
- Superredes HEMT: 1 – 10 nm por camada



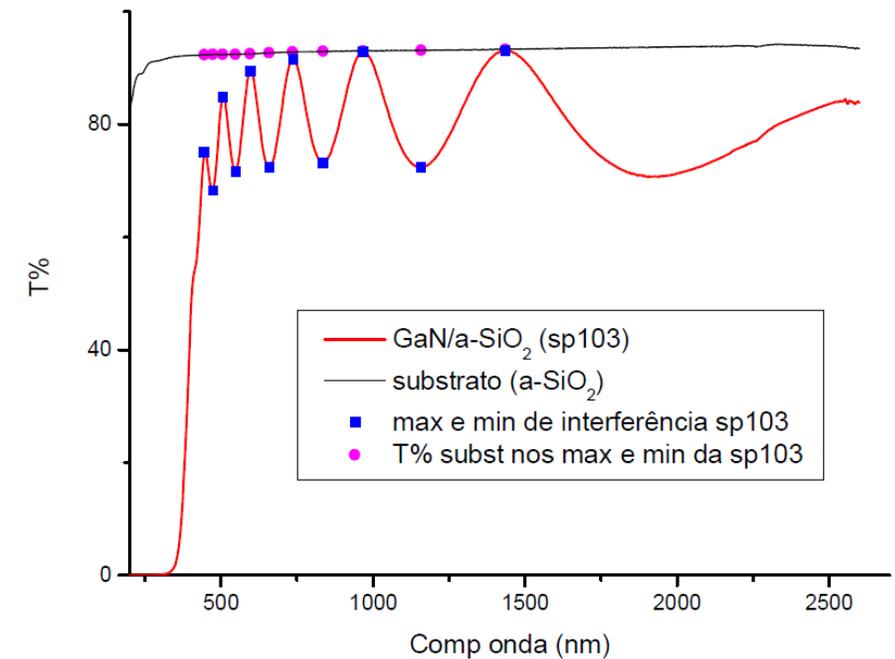
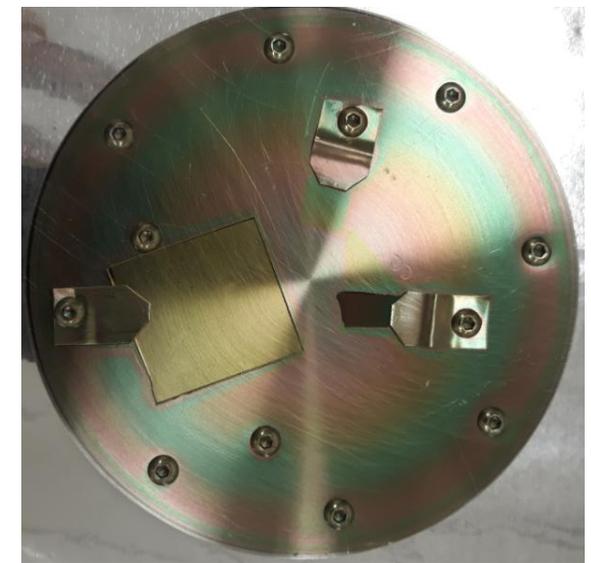
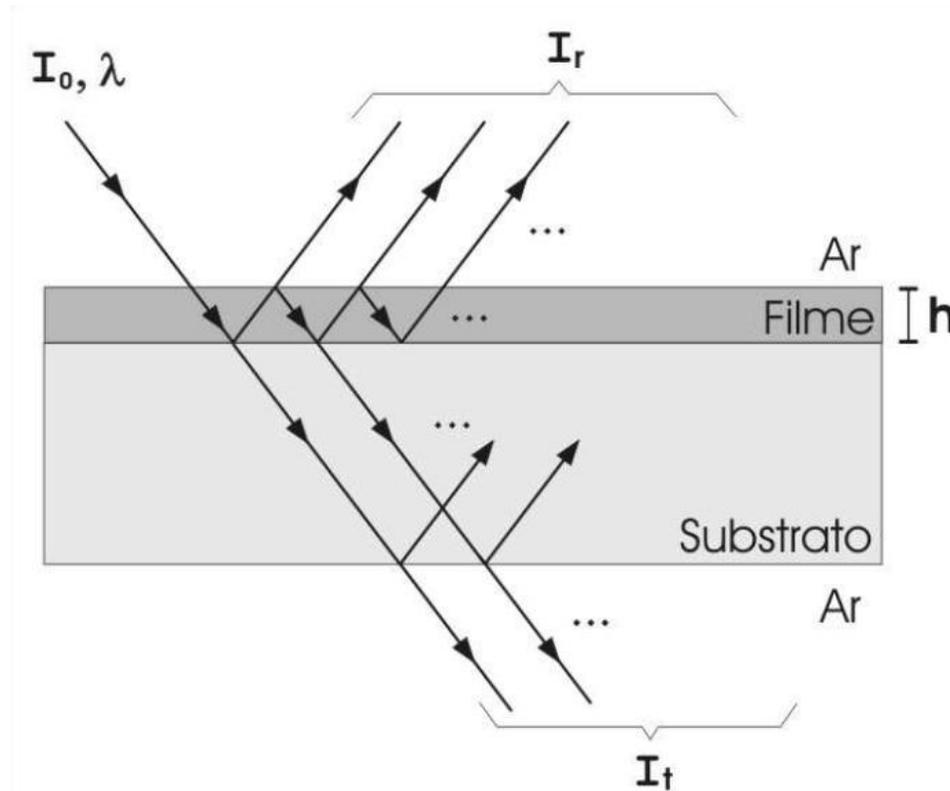
Intel's 130-nm CMOS process features a 70-nm transistor gate



Introdução – Conceitos

Espessuras típicas:

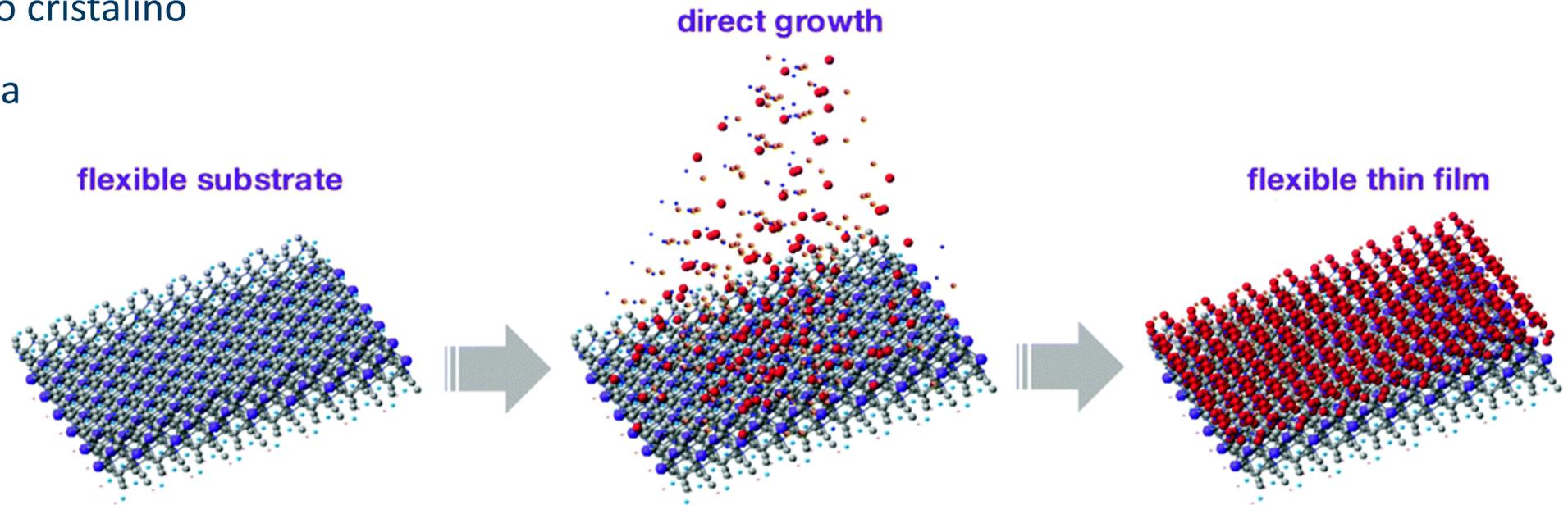
- Efeito de espessuras da ordem do comprimento de onda da luz
- Interferência



Introdução – Conceitos

Substrato

- Formato e disposição
- Afinidade física e química
- Superfície e rugosidade
- Estrutura e plano cristalino
- Dilatação térmica
- Limpeza!!!



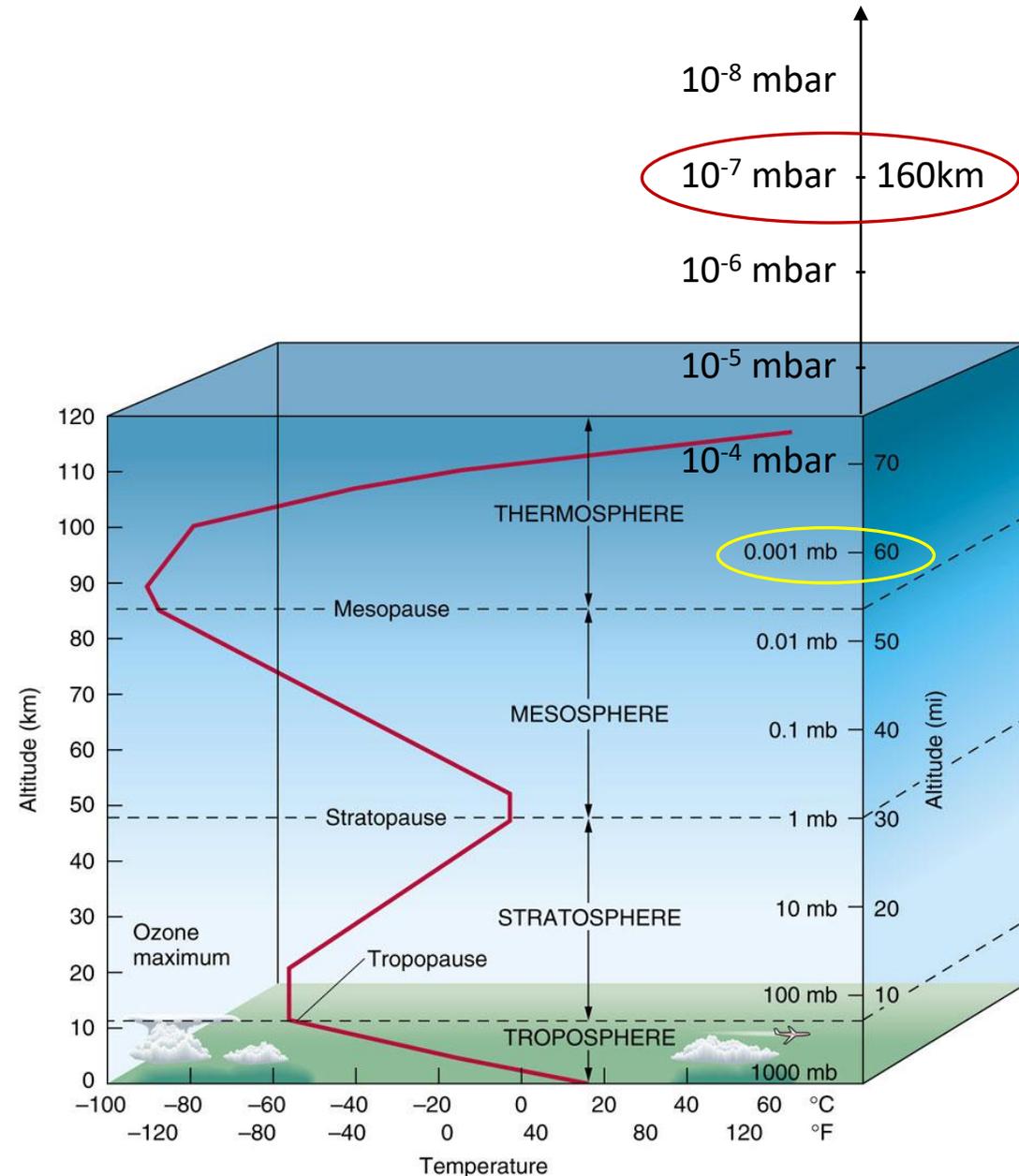
Introdução – Conceitos

Vácuo

- Pressão
- $1 \text{ atm} = 101,3 \text{ kPa} = 1.013 \text{ mb} = 760 \text{ Torr}$
- $1 \text{ atm} \approx 10^5 \text{ Pa} = 10^3 \text{ mb} \approx 10^3 \text{ Torr}$

Exemplos:

- Sistemas MBE: $p < 10^{-11} \text{ mbar}$!!!
(pressão na altitude da ISS!!! ~250km)

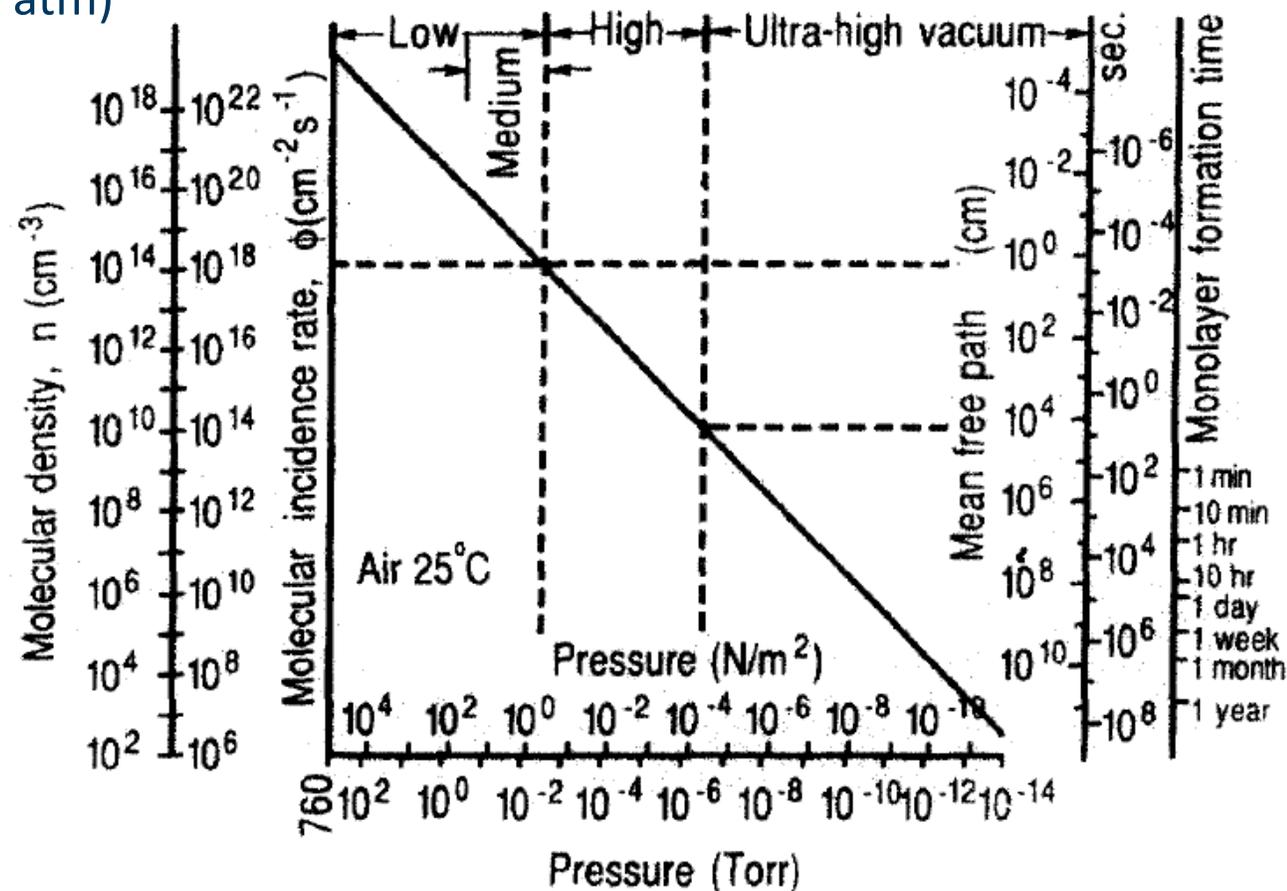


Introdução – Conceitos

Vácuo

- Baixo Vácuo (primário): de 10^{-3} Torr a 10^3 Torr (1 atm)
- Alto Vácuo: entre 10^{-7} e 10^{-3} Torr
- Ultra Alto Vácuo: abaixo de 10^{-7} Torr

- Tempo para formação de 1 monocamada:
 - 10^{-5} Torr → 1s
 - 10^{-7} Torr → 1min
 - 10^{-11} Torr → 1 dia
 - Obs: considerando que toda molécula que atinge a superfície se deposite sobre ela



Introdução – Conceitos

Pureza dos Reagentes/Precursores/Gases/Alvos/Etc...

- Grau Industrial (>95%)
- Grau Analítico (>99.8%)
- Grau Especial (>99.99%)
- Designações:
 - 4.0 ou 4N = 99.99%
 - 4.5 = 99.995%
 - 6.0 ou 6N = 99.9999%

Introdução – Conceitos

Sala Limpa

➤ Importância

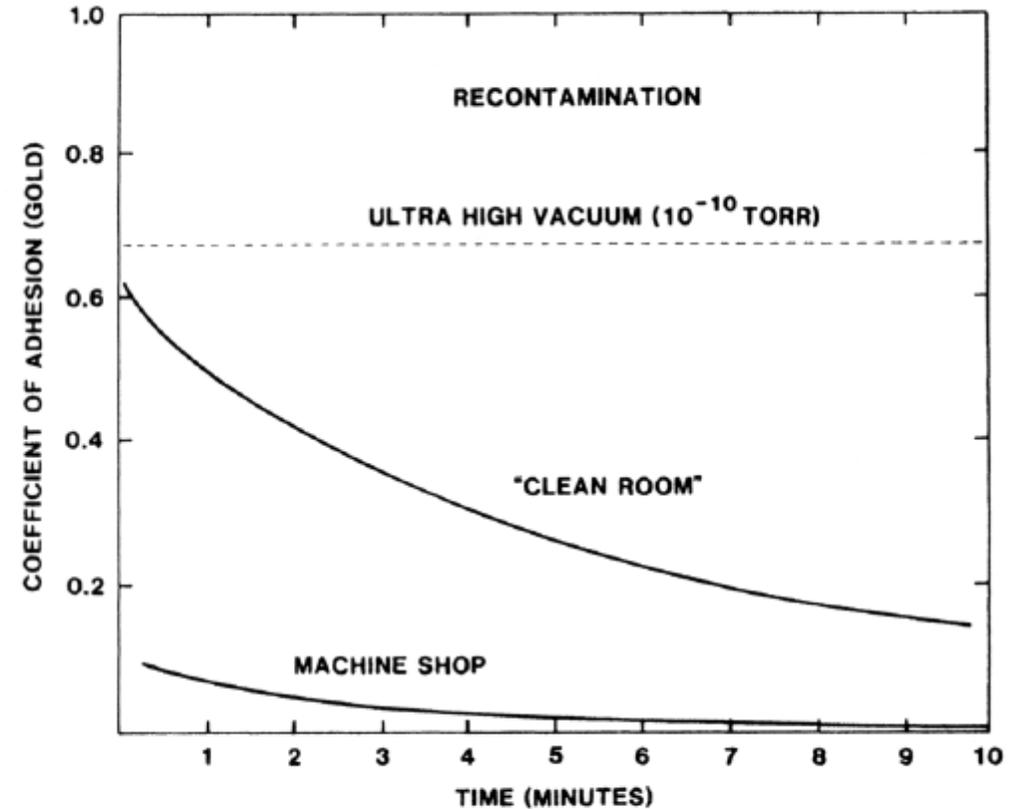


Figure 3.1. Recontamination of clean gold surfaces in various environments as measured by an Au-Au adhesion tester.^{[8][9]}

Introdução – Conceitos

Sala Limpa

➤ Classificação

ISO 14644-1 Cleanroom Standards

Class	Maximum Particles/m ³						FED STD 209E equivalent
	≥0.1 um	≥0.2 um	≥0.3 um	≥0.5 um	≥1 um	≥5 um	
ISO 1	10	2					
ISO 2	100	24	10	4			
ISO 3	1,000	237	102	35	8		Class1
ISO 4	10,000	2,370	1,020	352	83		Class10
ISO 5	100,000	23,700	102,000	3,520	8,320	293	Class 100
ISO 6	1,000,000	237,000	102,000	35,200	8,320	2,930	Class1,000
ISO 7				352,000	83,200	2,930	Class 10,000
ISO 8				3,520,000	832,000	29,300	Class 100,000
ISO 9				35,200,000	8,320,000	293,000	Room Air

Conclusões da aula

- Primeiras ideias e conceitos sobre filmes finos
- Exemplos e aplicações
- Pré-requisitos para fabricação de filmes finos
- Conceito de espessura
- Conceitos de pressão e vácuo
- Conceitos de limpeza/pureza