Tecnologia de Vácuo

Aula 05 – 2020
Prof. Humberto
Unesp / Posmat

Aula 06 (slide 19)

1

3. Tecnologia de Vácuo

3.0 Introdução

3.1 (a) Bombas de Vácuo
3.1 (b) Vedações

3.2 (a) Medidores de Pressão
3.2 (b) Analisadores de gases
3.2 (c) Regimes de escoamento

3.3 (a) Medidores de Fluxo
3.3 (b) Vazão e veloc. de bombeamento
3.3 (c) Experimento e Exercícios – Cap. 3

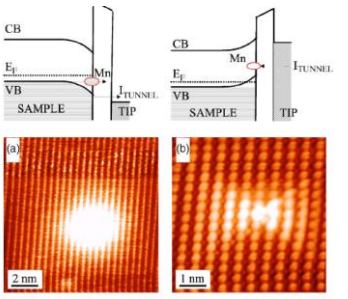
2

- **por que vácuo ?**

3

3

Aplicação STM

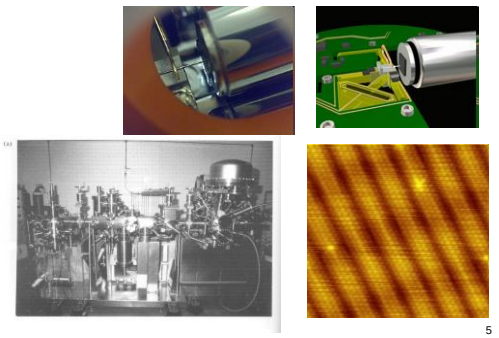


[Z.Ge, PhdThesis, Notre Dame, 2007]

2

4

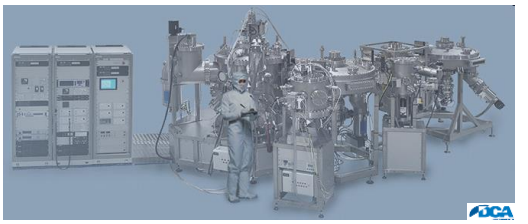
STM – microscópio de tunelamento



5

5

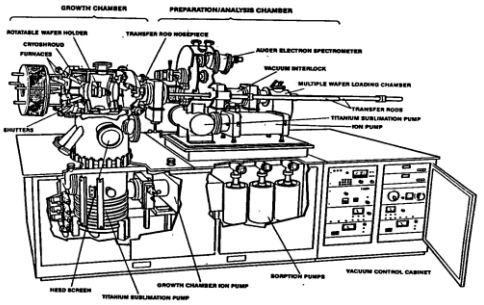
Sistema de MBE (Epitaxia por Feixe Molecular)



6

6

Sistema de MBE



7

7

Outras aplicações

- Microscopias eletrônicas
- Caracterização em baixa temperatura (criostatos).
- Espectroscopia UV
- XPS – UPS
- Processamento de materiais bulk de alta pureza

8

P: por que vácuo ?

R:

Fundamental para:

- interação molécula <=> superfície
- superfície “limpa”
- alta pureza (=> semicondutores)

Exemplo anterior MBE:

p ~ 10^{-10} torr / 1 μm/h

=> 2x10^{18} impurezas/cm^3 (~dopagem)

9

9

Nível de vácuo - classificação

Classification	Vacuum Level [a], [b], [c], [d]	
	Pa	Torr
Low (“rough”) Vacuum	133.3 to 1.33 x 10^{-1}	1 to 1 x 10^{-3}
Medium (“intermediate”) Vacuum	<1.33 x 10^{-1} to 1.33 x 10^{-3}	< 1 x 10^{-3} to 10^{-5}
High (“HV”) Vacuum	<1.33 x 10^{-3} to 1.33 x 10^{-6}	< 1 x 10^{-5} to 10^{-8}
Ultrahigh (“UHV”) Vacuum	<1 x 10^{-7} to 1 x 10^{-8}	7.5 x 10^{-10} to 7.5 x 10^{-11}
Extreme Ultrahigh Vacuum	< 1 x 10^{-10}	< 7.5 x 10^{-13}
Interstellar Space	10^{-17}	7.5 x 10^{-20}

10

10

Motivação para estudar tecnologia de vácuo

- 1. Obtenção de filmes mais puros!
- 2. Deposição molécula a molécula
- 3. Superfícies limpas

11

- **Sistemas de deposição de filmes**
  - **exemplos**

12

12

Sistema de evaporação

13

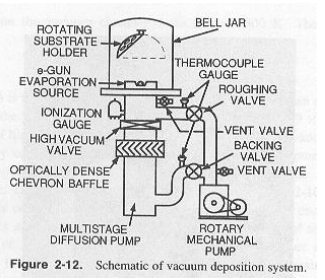
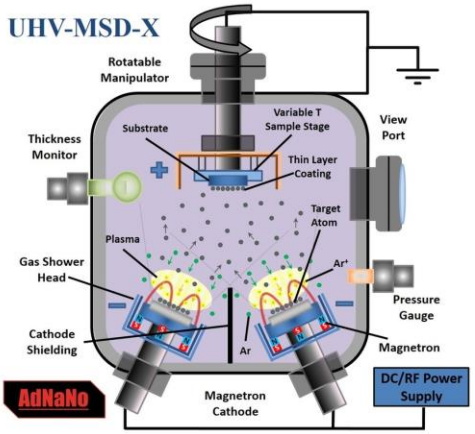
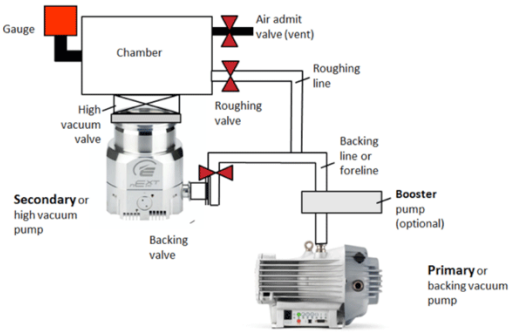


Figure 2-12. Schematic of vacuum deposition system.

14

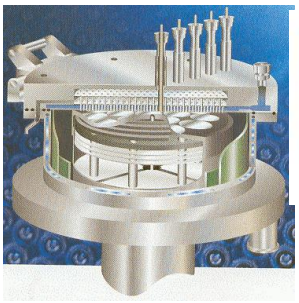


15



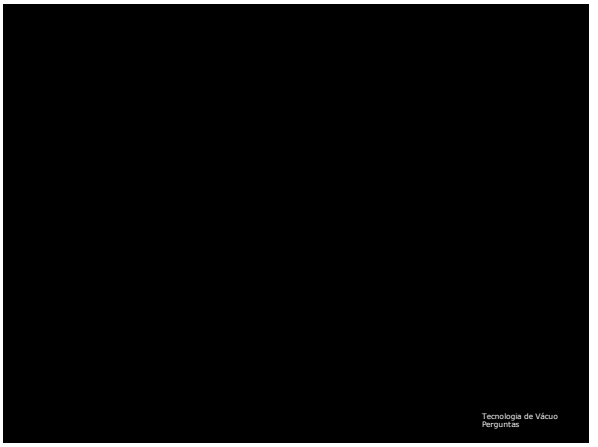
16

Reator CVD complexo (comercial)



17

17



18

- **como produzir vácuo ?**

20

20

Tecnologia de Vácuo

- Sistemas de bombeamento/bombas
- Câmaras de vácuo / vedações
- Medidores de pressão e analisadores de gases
- Equações do bombeamento
- Exercícios

21

Tecnologia de Vácuo

- **como produzir e usar vácuo ?**
- **quais as faixas de pressões de trabalho?**
- **quais as tecnologias de vácuo disponíveis atualmente?**

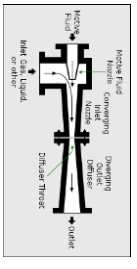
22

Tecnologia de Vácuo

-como produzir vácuo ?

23

... do mais simples ...



24

Gostou desse?

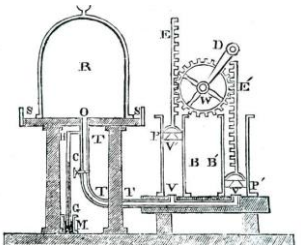
Que tal os seguintes:

25

http://physics.kenyon.edu/EarlyApparatus/Pneumatics/Vacuum_Pump/Vacuuum_Pump.html

26

27



http://physics.kenyon.edu/EarlyApparatus/Pneumatics/Vacuum_Pump/Vacuuum_Pump.html

28

... ao mais sofisticado....

29

Sistemas de bombeamento

- **Tipos de bombas**

- qual faixa de pressão de trabalho te interessa ?

30

31

Esquema geral de sistemas de vácuo

câmara de evaporação

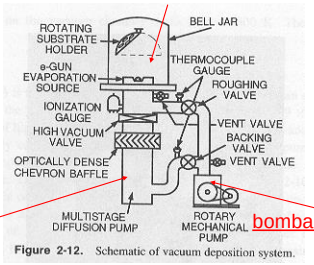


Figure 2-12. Schematic of vacuum deposition system.

bomba difusora

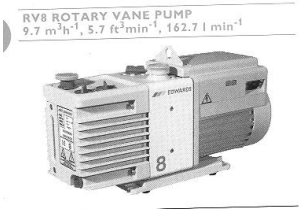
bomba mecânica

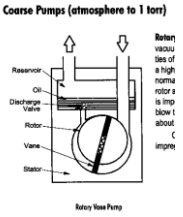
32

Baixo vácuo

- **Gerando pressões entre a atmosférica e ~ 10^{-2} torr (1Pa) baixo vácuo**
- **Bombas mecânicas (rotativas)**

33

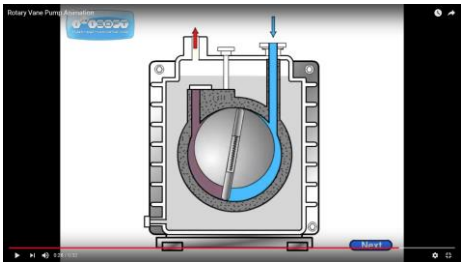




Bomba mecânica – palhetas rotativas

34

https://www.youtube.com/watch?v=AFHogF-9eGA



35

36

Bomba Mecânica – Velocidade de Bombeamento

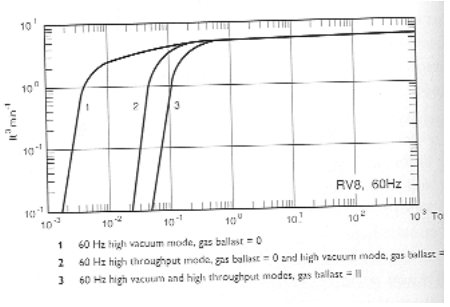
TECHNICAL DATA

Displacement	
50 Hz operation	9.7 m^3h^{-1} / 5.7 ft^3min^{-1}
60 Hz operation	11.7 m^3h^{-1} / 6.9 ft^3min^{-1}

37

Bomba Mecânica – Palhetas rotativas

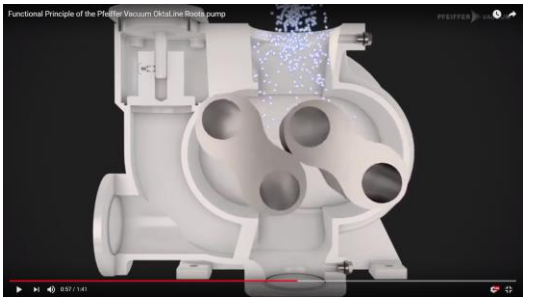
Velocidade de bombeamento x Pressão



38

Bomba Roots

https://www.youtube.com/watch?v=aAeilhp_Gog



39

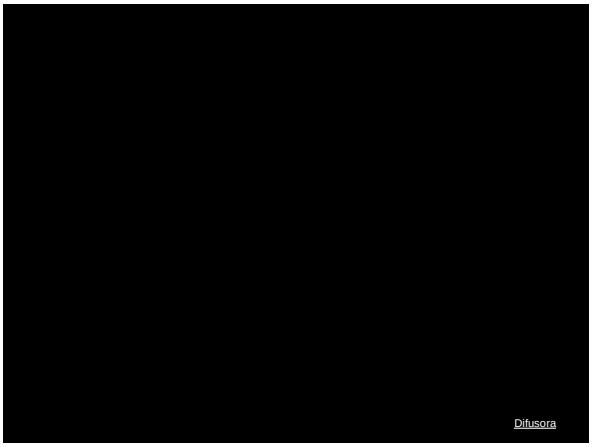
40

https://www.agilent.com/en/video/agilent-idp-dry-scroll-pump-family

Bomba scroll

41

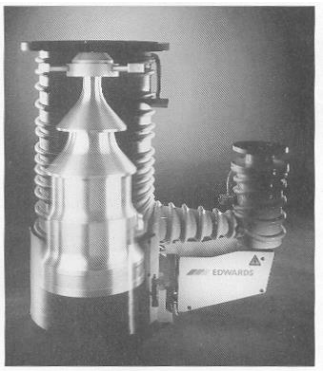
42

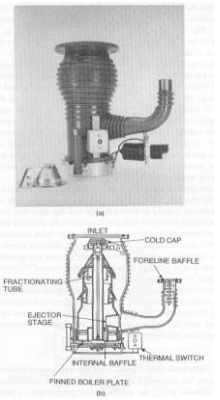


43

http://physics.kenyon.edu/EarlyApparatus/Pneumatics/Vacuum_Pump/Vacuuum_Pump.html

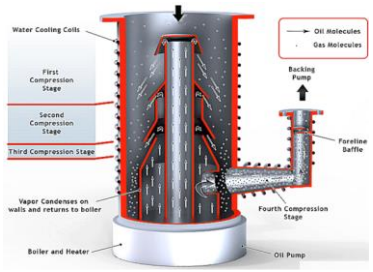
44



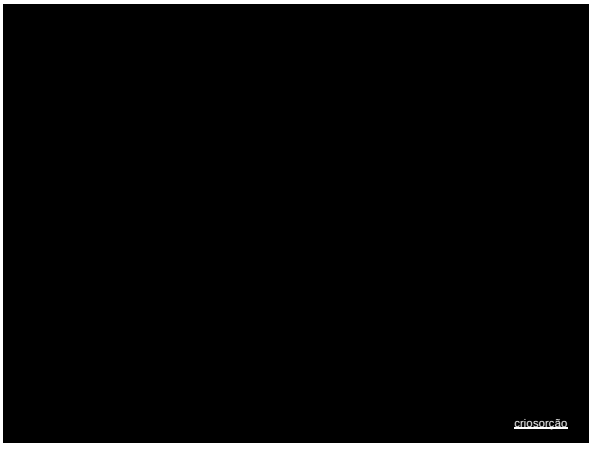


Bombas difusoras

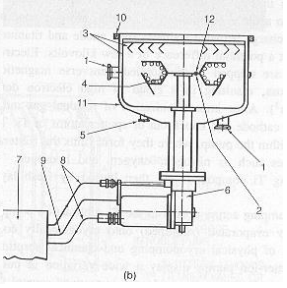
45



46



47



- **Bombas criogênicas e de sorção**

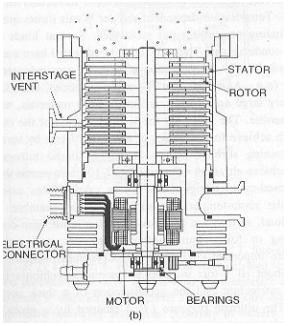
48

49

Bombas Turbo-Moleculares

Como funciona ?

50



Como funciona ?

Bombas Turbo-Moleculares

51

52

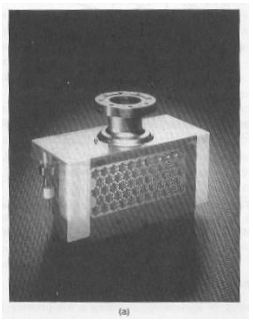
https://www.youtube.com/watch?v=A0v3tNCLqkA

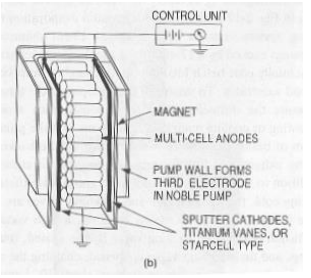
53

... ao mais sofisticado....

54

55





- **Bombas iônicas e de sublimação**

56

56

Bomba iônica – células múltiplas

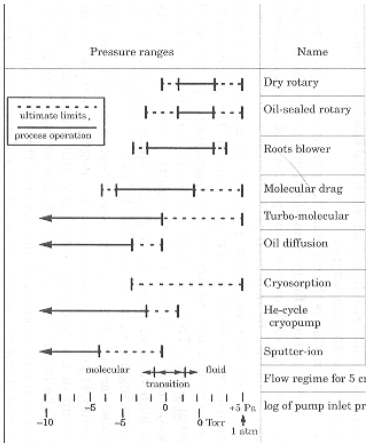
57

58

- Alguma pergunta até aqui?

59

60



61

62

TABLE 3.1 Vacuum Pump Characteristics

Pressure ranges	Name	Category	Approx. $S(l/s)$	Backing pump req'd?	Oil present? Inlet	Oil present? Outlet	Problematic gases and vapors	Other comments
ultimate limits, process operation	Dry rotary	Displacement	1000	No	No	Yes	Condensables require gas ballasting; see text	
	Oil-sealed rotary		300	No	Yes	Yes		Common for roughing/backing
	Roots blower		70	Yes	No	Yes		Oil contam. unless foreline purged
	Molecular drag		35	Yes	No	Yes*	Low compression ratio for H_2 and He	
	Turbo-molecular		40	Yes	No	Yes*		
	Oil diffusion		5	Yes	Yes	Yes		Greatest risk of oil contam.
	Cryosorption	Trapping	450	No	No	(No outlet)	Explosion danger with flammables	For dry roughing
	He-cycle cryopump		7	No	No	No†		Low capacity for He, H_2
	Sputter-ion		25	No	No	(No outlet)	Poor for inerts	
molecular transition fluid	Flow regime for 5 cm diameter tube							
10^{-10} 10^{-8} 10^{-6} 0 Torr +3 Pa 1 atm	log of pump inlet pressure							

63

64

Cada tipo de bomba é adequada para uma determinada faixa de pressões
Os sistemas de vácuo devem ser pensados pela pressão final e pela quantidade de fluido bombeado !

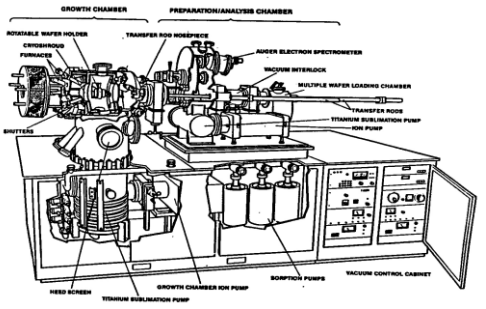
65

Resumindo:

Cada tipo de bomba é adequada para uma determinada faixa de pressões

Os sistemas de vácuo devem ser pensados pela pressão final e pela quantidade de fluido bombeado !

Sistema de MBE



66

66

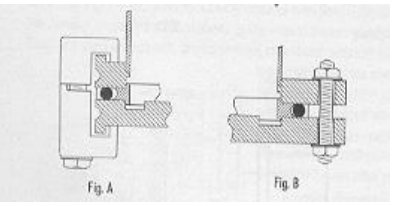
67

Final Bombas
Formas de Vedação

Formas de Vedação a Vácuo

68

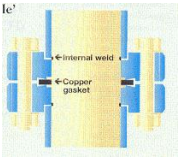
Baixo e alto vácuo (760 a 10^{-5} torr) selo de borracha (O´ring)

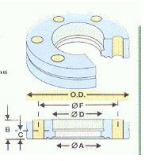


69

70

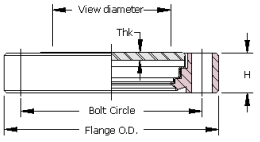
Ultra alto vácuo (UHV, p ~ 10^{-6} – 10^{-11} torr)





Selo metálico – Anéis de cobre (CONFLAT)

71



72

- Perguntas ?

73

Próximos temas -

- Medidores de pressão
- Analisadores de gases
- Regimes de escoamento
- Medidores de Fluxo
- Vazão e velocidade de bombeamento

74

=> ir para slides 3.2

75

76