

Processamento de Materiais II

- José Humberto Dias da Silva
jhdsilva@fc.unesp.br
www.fc.unesp.br
Módulo I

1

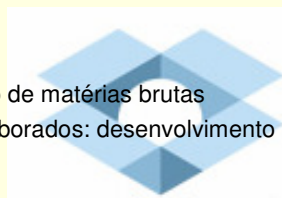
Módulo I

Processamento de Filmes Semicondutores e Dispositivos Eletrônicos

2

Objetivos

- Técnicas avançadas de produção
dispositivos eletrônicos
- Brasil: produção de matérias brutas
vs. produtos elaborados: desenvolvimento
tecnológico



3

Processamento de Semicondutores

Introdução / Motivação

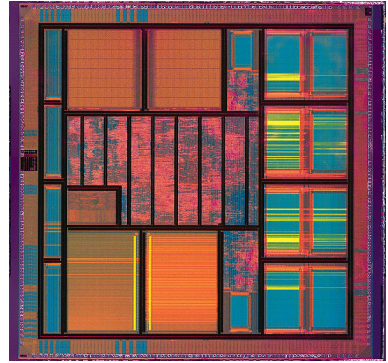
4

O que fazer
para
transformar
isto:
???



5

Nisto:
???



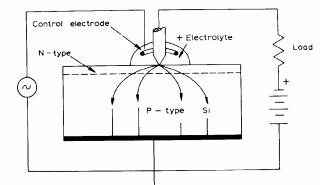
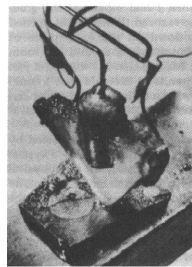
Integrated circuit of Atmel Diopsis 740 System on Chip showing memory blocks, logic and input/output pads around the periphery

6

Um pouco de história...

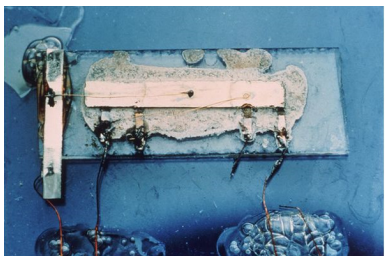
7

Transistor
John Bardeen
(1951 /
Nobel:1956)



8

1° Circuito Integrado – Jack Kilby / 1958 (Nobel: 2000).



Contém um único transistor e componentes de suporte em uma lâmina de Ge (1.6 x 11.1 mm).

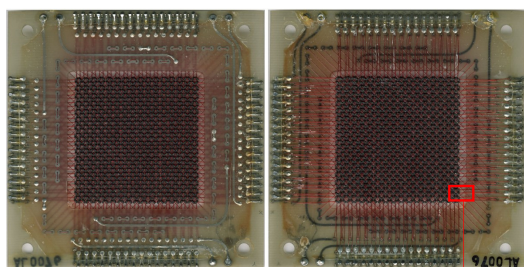
9



Teclado do computador dos foguetes Apollo

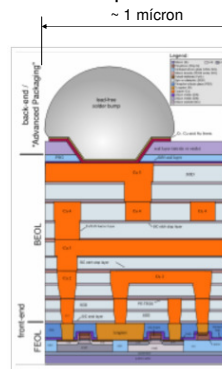
O computador dos Apollo foram os primeiros a usar circuitos integrados (ICs).

10

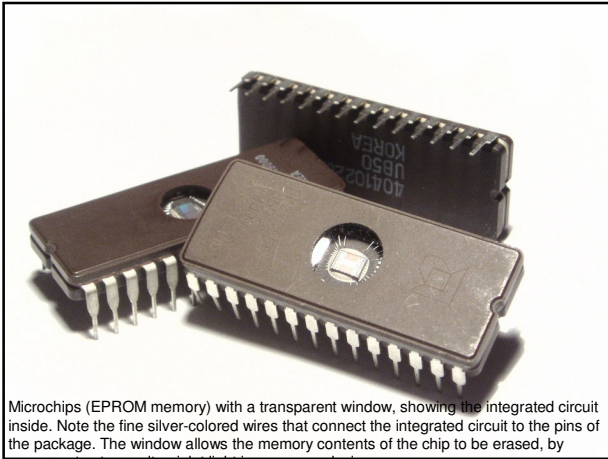


Memória do Apollo (AGC 1024 bit)
O computador usava 12 módulos
(12k!, 1de RAM, 10 ROM, 1 res)

• Seção transversal de dispositivo de memória RAM: CMOS



12



Microchips (EPROM memory) with a transparent window, showing the integrated circuit inside. Note the fine silver-colored wires that connect the integrated circuit to the pins of the package. The window allows the memory contents of the chip to be erased, by

Processamento de Semicondutores

Aplicações

14

Aplicações (transistor e CI)

- Computadores / processadores
- Amplificadores (baixa/alta potência)
- Comunicações
 - transmissores
 - celulares
 - lasers/detectores/chaveadores
- Eletrônicos em geral

15

Escala de Integração

Gerações de Circuitos Integrados

SSI - Small-Scale Integration (dezenas)
 U\$10.000/circuito em 1960, \$250, em 1963 (receptores de TV / rádio)

LSI - Large-Scale Integration (milhares)
 4.000 transistores em 1970, 10.000 em 1974 – 10.000 transistores.

VLSI - Very Large-Scale Integration (bilhões)
 centenas de milhares em 1980, vários bilhões de transistores em 2007.

16

"There is enough room in the bottom"

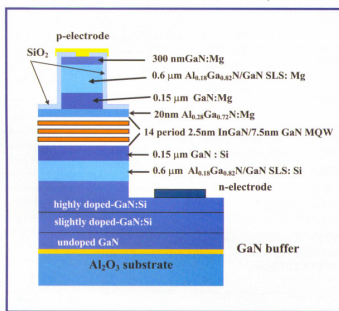


Richard Feynman

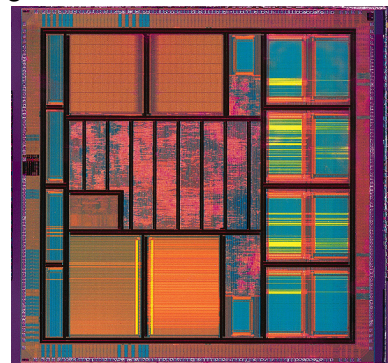
Dimensionalidade

- Integração / miniaturização
- Novas propriedades!!

Figure 1a: Sheffield Laser diagram
Courtesy: Sheffield University



Circuito Integrado atual



Integrado com blocos de memória, blocos lógicos, e trilhas de entrada e saída no contorno (Atmel Diopsis 740 System)

Para produzir dispositivos semicondutores é necessário:

- Crescer cristais de boa qualidade
- Poder acrescentar dopantes de maneira controlada
- Poder criar padrões/geometrias apropriadas
 - de dopagem – relevo
- Poder miniaturizar / integrar
- Produzir em grandes áreas / homogeneidade / altíssima qualidade

21

Temas de Estudo

- Processamento tradicional vs avançado
- Crescimento de Filmes Finos
- MBE , CVD
- Técnicas a plasma
 - Sputtering
 - Descarga luminescente
 - Corrosão seca (dry etching)

22

Processamento “Tradicional”

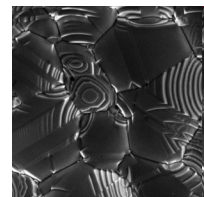
Grande volume , baixo grau de integração

23

Cristais “naturais”



An example of the cubic crystals typical of the rock-salt structure.



Silver crystal growing on a ceramic substrate.



Gallium, a metal that easily forms large single crystals



Quartz crystal group from Tibet

24

Crescimento controlado de cristais



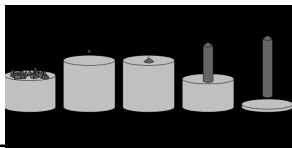
Tarugo de Silício



Um puxador de cristal com semente



Cadinho depois de usado



Processo Czochralski (1911)

25

O processamento parte do material bruto (tarugo) e transforma, acrescenta contatos

26

NOTÍCIAS / MEIO AMBIENTE

12h36, 07 de Junho de 2007
Roberto Gonçalves

Meio Ambiente

Extração de minério causa polêmica em Pão de Açúcar

Alagoas24Horas

A extração do minério de silício no município de Pão de Açúcar, distante 227 quilômetros de Maceió, pela empresa Mibasa está provocando séria polêmica entre o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (Ibama), a Prefeitura do município e a Igreja Católica.

Por ironia do destino, a exploração foi iniciada no último dia 05, Dia Mundial do Meio Ambiente, no morro do Murim, localizado na Vila Limoeiro - às margens do Rio São Francisco -, considerada uma das comunidades mais antigas do Brasil. O morro é visto como principal atração turística da vila.

Para iniciar a exploração, a empresa Mibasa, que tem sede em Arapiraca, apresentou declaração de Nº 045/07, emitida pelo Instituto do Meio Ambiente (IMA) e assinada pelo presidente do Ima, Adriano Augusto de Araújo Jorge. O documento, autoriza a Mineração Barreto S/A (Mibasa) a realizar extração mineral mecânica de minério de silício no município de Pão de Açúcar.

A operação considerada devastadora pelos moradores da vila foi coordenada pelo gerente operacional da Mibasa, José Alberto Leite, que segundo ele, contou com a autorização do monsenhor Petrucio Bezerra de Oliveira.



27

CS COMPOUND SEMICONDUCTOR

CONNECTING THE COMPOUND SEMICONDUCTOR COMMUNITY

Happy anniversary 25 years anniversary for two leading GaAs chipmakers

Marketplace Stocks rise for compound semiconductor companies

From lab to fab 140nm LEDs ready to take their place in the market place

Larger lamps Greater surface area lamps could be the key to DUV LEDs

Phase separation Electrochromic mirrors Address phase separation

Plans for green lasers Semi-conductors discovered to help production

Square lasers Benefit for PICs

Future research LEDs to provide the key to high speed mobility

SolidState TECHNOLOGY

THE INTERNATIONAL MAGAZINE FOR SEMICONDUCTOR MANUFACTURING

MARCH 2011

Ion Implant at 22nm: Think Cold

Transistor Scaling with Strain and High-k Metal Gates p. 8

Prosecond Ultrasonic Technology p. 12

Carleton | Zoom In | Zoom Out | For navigation instructions please click here | Search Issue | Next Page



Processamento “Avançado”

Miniaturização / Alto grau de integração

29

Processamento Avançado

A produção do material \Leftrightarrow confecção do dispositivo

Múltiplas camadas finas de material depositadas
/ padrões

30

Processamento tradicional

- Material de partida => várias etapas de transformação independentes

Processamento avançado

- Processamento avançado => dispositivo vai sendo produzido, associado com o crescimento do material

31

Processamento Avançado

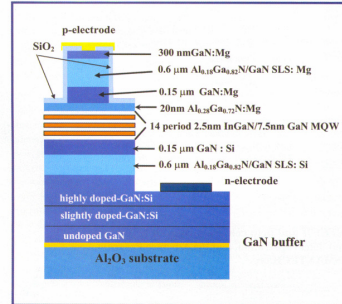
- Geralmente envolve a produção altamente controlada de várias camadas, na forma de filmes (semicondutores, metálicos ou isolantes).
- => Métodos de crescimento de Filmes Finos

32

Como produzir várias camadas sobrepostas com alto grau de controle....

... crescimento monitorado camada por camada atômica ?

Figure 1a: Sheffield Laser diagram
Courtesy: Sheffield University



MBE

Molecular Beam Epitaxy

Epitaxia por Feixe Molecular

Técnica de maior controle atual!

MBE

Características

Caracterização "in-situ":

REED (difração de elétrons)

XPS-UPS

Pressão residual < 10^{-10} torr

Alto controle de $T_{\text{substrato}}$

Excelente contr. das células de

efusão

Transferência de substr. em vácuo

Propaganda comercial de MBE =>



MBE

Principais aplicações:

microprocessadores

lasers de heteroestruturas

37

CVD

Chemical Vapor Deposition

Deposição de Vapor Químico

38

Many of Veeco's LED customers are buying its K-465i multi-wafer tool, a product that has helped the company to take market share away from its main rival, Aixtron. Dorsheimer estimates that Veeco has increased market share from 28 percent to 35 percent over the last year, primarily due to sales growth in China and Korea. However, although Aixtron might be losing ground to Veeco, it is still the dominant player in the market. It has enjoyed a tremendous hike in its orders that has spurred a tripling of its share price, a performance good enough for this company to grab third spot in the table.

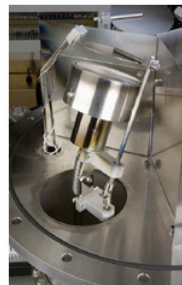
Veeco's launch of the K465i has helped the company to grab market share from its rival, Aixtron, which still dominates the MOCVD market



39

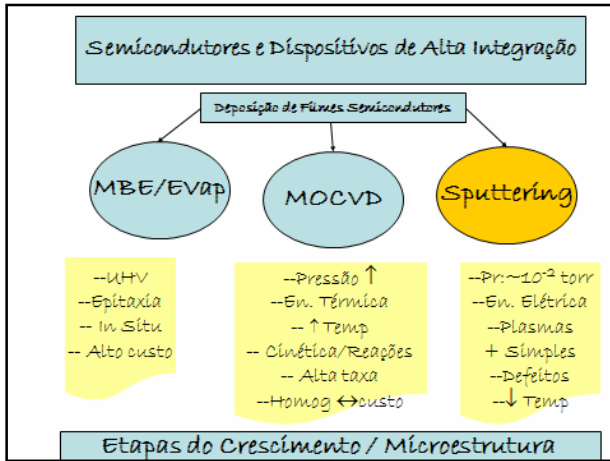
June 2010 www.compoundsemiconductor.net 21

Sistemas de Sputtering



www.dca.fr/uhf/2004/sputtering.htm

3



- O objetivo deste módulo é que você conheça alguns métodos avançados de processamento

... principalmente para que possa aprender algumas idéias básicas para usar em seus próprios projetos...

42

Bibliografia – Módulo I

- D.L. Smith. "Thin Film Deposition: Principles and Practice." McGraw Hill, Boston, 1995. 616p. (Caps. 5-9).
- M. Ohring. *The Materials Science of Thin Films*. Academic Press, San Diego, USA, 1992.
- K. Alavi. "Molecular Beam Epitaxy". In: "Handbook of Compound Semiconductors", Cap.3. P.H. Holloway, G.E. McGuire (eds), Noyes Publications, Park Ridge, E.U.A. 1995, pp. 84-157.
- S. Nakamura. "III-V Nitride Based LEDs", in: "GaN and Related Materials". Cap. 14, S.J. Pearton (ed). Gordon e Breach Sci. Publishers. Amsterdam. 1997.
- S.M. Sze. *Physics of Semiconductor Devices*. John Wiley & Sons, New York, 1981.
- P. Yu, M. Cardona. *Fundamentals of Semiconductors- Physics and Materials Properties*. Springer Verlag, Berlin, 1996.

43

Referências - CVD

Smith – Cap. 7

Ohring – Caps. 1 e 4

44

Referências - Sputtering

- D.L. Smith
Thin Film Deposition
Cap. 8 (8.1,8.2, 8.3, 8.5)
Cap. 9 (9.1,9.2, 9.3)

45

Alguns sites de interesse

- <http://www.timedomaincvd.com>
- <http://www.aixtron.com>

http://www.heraeus-targets.com/en/technology/_sputteringbasics/sputtering.aspx
(simulação visual do processo de sputtering)

46

