

**NANOFIOS COMO BLOCOS DE
CONSTRUÇÃO PARA DISPOSITIVOS
ÓPTICOS E ELETRÔNICOS
NANOESTRUTURADOS**

Sumário

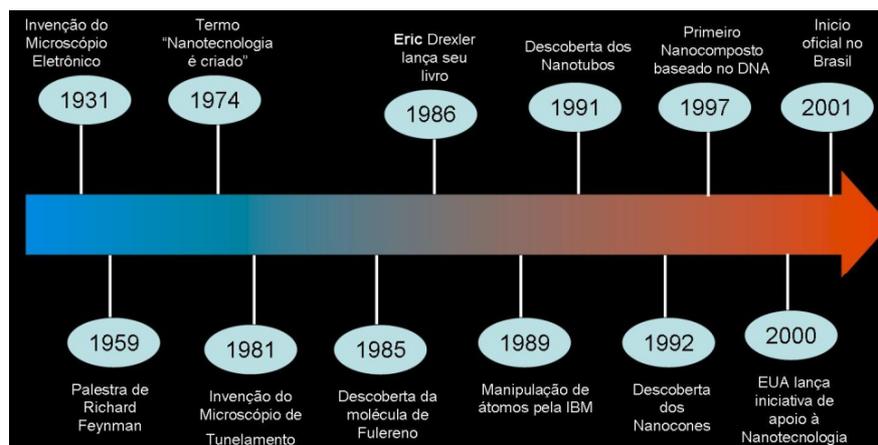
- Objetivos
- Introdução
- Síntese de Nanofios
- Transistores Bipolares
- Nanolasers
- Conclusão

Objetivos

- Discutir os artigos:
 - Nanodispositivos eletrônicos funcionais montados e usando blocos de construção de nanofios de silício
 - Laser de nanofios ultravioletas à Temperatura Ambiente;
- Comparar resultados dos trabalhos apresentados versus trabalhos atuais.

Introdução

- Feynman (1959)
- *“There is plenty of room at the bottom”*



Introdução

Nanofios semicondutores:

- Transporte de elétrons de buracos;
- Uso de auto-montagem para construção de dispositivos 1D.

Introdução



**Functional Nanoscale Electronic Devices
Assembled Using Silicon Nanowire Building Blocks**
Yi Cui, *et al.*
Science **291**, 851 (2001);
DOI: 10.1126/science.291.5505.851

Nanofios de boro e fósforo, dopados com silício foram usados como blocos de construção para montar três tipos de nanodispositivos semicondutores.

- 1) Nanofios *tipo p e n* em estrutura de diodo passivo;
- 2) Nanofios levemente dopado *n* com cruzamento de uma base de arame comum do tipo *p em transistores bipolares ativos*;
- 3) Nanofios do tipo *p-n* têm usados para montar estruturas complementares de acordo com a estrutura.

Introdução

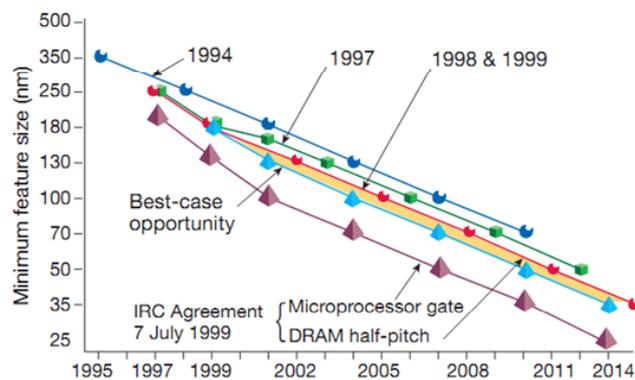


Room-Temperature Ultraviolet Nanowire Nanolasers
 Michael H. Huang, *et al.*
Science **292**, 1897 (2001);
 DOI: 10.1126/science.1060367

Os nanofios de óxido de zinco <0001> orientados crescidos em substrato de safira foram sintetizados com um simples processo de transporte de vapor e condensação. A flexibilidade química e nanofios de uma dimensão 1D pode torná-los fontes ideais de miniaturização a laser.

17/06/11

Miniaturização de dispositivos em escala Nano

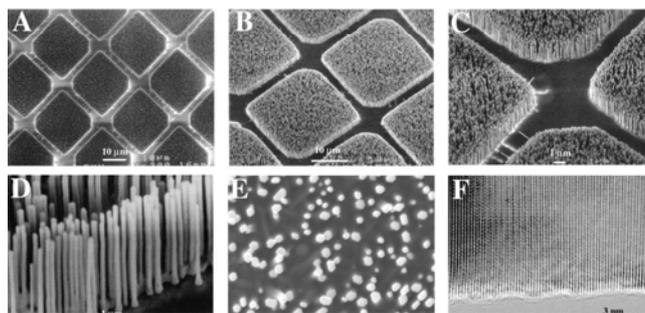


Síntese de Nanofios

- Ablação a laser;
- Deposição de vapor químico (CVD);
- Evaporação física;
- Mecanismo de crescimento Vapor-líquido-sólido (VLS);
- Mecanismo de crescimento vapor-sólido (VS);
- Mecanismo de crescimento sólido-líquido-sólido(SLS);
- Método por crescimento catalítico de laser assistido que define o tamanho e direciona o crescimento dos nanofios.

Síntese de Nanofios

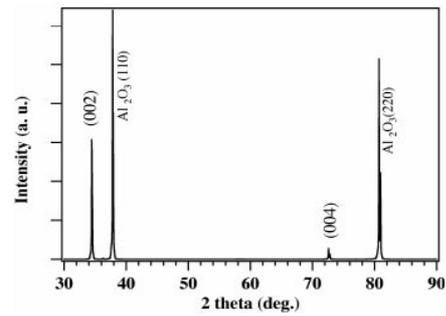
Caracterização de nanofios



(A até E) Imagem SEM de nanofio de ZnO sobre substrato de safira e (F) Imagem TEM dos nanofios individuais de ZnO.

Síntese de Nanofios

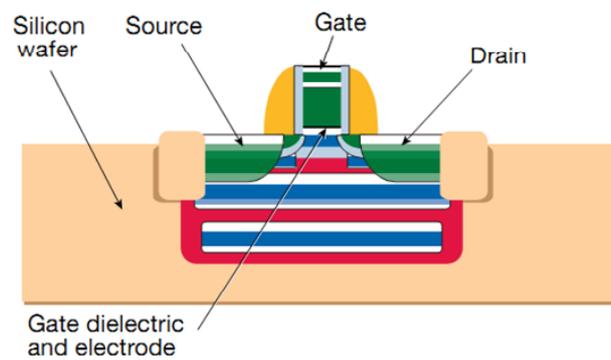
Caracterização de nanofios

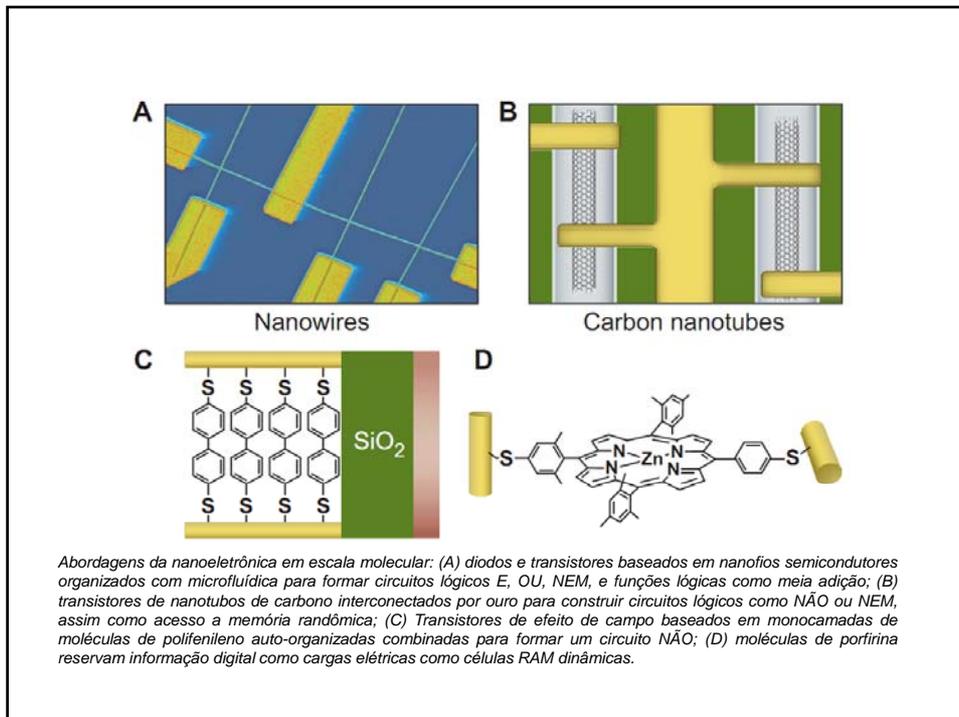


Padrão de raio-X do nanofio de ZnO sobre o substrato de safira. Os índices dos picos são indicados acima do pico.

Padrão de raio-X do nanofio de ZnO sobre o substrato de safira. Os índices dos picos são indicados acima do pico.

Transistores Planares





Transistores Bipolares

Dispositivos de três terminais usados no controle de sinais elétricos.

Três camadas de dopagens diferentes no mesmo semicondutor, formando duas junções p-n com polaridades opostas.

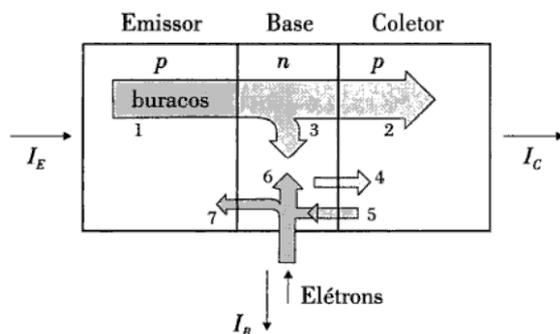


Ilustração do fluxo de elétrons e de buracos em transistor p-n-p. 1- Buracos em movimento de deriva no emissor; 2- Buracos que atingem o coletor em movimento de difusão; 3- Buracos que desaparecem na base por recombinação; 4 e 5- Buracos e elétrons gerados termicamente e que formam a corrente de saturação reversa da junção do coletor; 6- Elétrons que recombinam com os buracos da componente 3; 7- Elétrons injetados da base para o emissor, formando a corrente de elétrons do emissor (1).

Transistores Bipolares

Miniaturização: SiNWs são fortes candidatos

Nanotubos de carbono: Limitação experimental

Construção

(deposição seguida de micromanipulação)

Estrutura

Comportamento

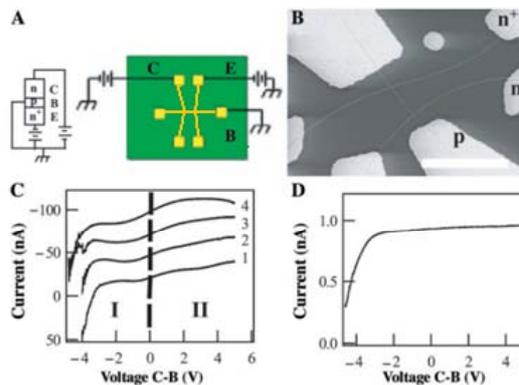
Ganhos:

Ganho básico de corrente: 0.94

Ganho básico de emissão: 16

Possíveis aplicações

Dispositivos com bases menores (~100nm) seriam mais eficientes.

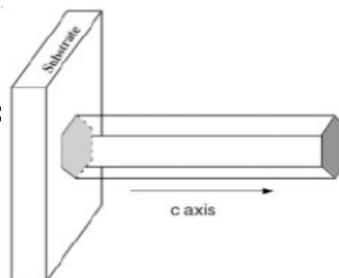


Nanolasers

Laser: emissão de fótons quando elétrons decaem de seus níveis mais energéticos de forma estimulada e monocromáticos.

Os fótons que emergem do sistema são novamente jogados sobre ele por espelhos, no caso dos nanofios a cavidade óptica ou ressonador.

A geometria dos fios quânticos favorece a ressonância óptica.



Nanolasers

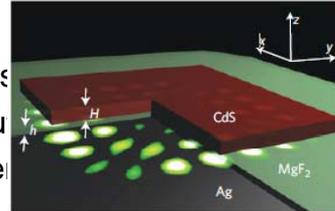
- Buscam-se lasers com:
 - altas energias;
 - funcionamento à temperatura ambiente;
 - maior tempo de vida.
- Algumas aplicações:
 - computação óptica;
 - armazenamento de informação;
 - microanálise.

Nanolasers

- Poço quântico de semicondutores de lasers de heteroestruturas indicando o potencial de fios quânticos. Portadores confinados, devido à densidade de estados discretas, o que leva ao aumento de ligação exciton e maior ganho ótico.
- Inicialmente para diminuir o comprimento de onda da luz, usou-se dos plasmons de superfície (pacotes de energia) originados por elétrons oscilantes que flutuam sobre a superfície de um metal.
- Emissão excitônica em em uma estrutura 1D quântico, a partir do exciton com baixa potência por densidade da bombeamento óptico de 600 W/cm^2 , onde poços quânticos não são estimulados [Wegscheider et al, 1993].

Nanolasers

-
- Na nanogaleria ocorre reflexão dos plásmons de superfície (nanoestrutura de sulfeto de cádmio, temp. ambiente)
- O aumento da temperatura resulta numa diminuição da band gap. Para o II-VIs e III-Vs, a emissão muda de azul para verde.
- Lasers na temperatura ambiente: biodetectores de moléculas individuais, circuitos fotônicos de alta velocidade e sistemas de comunicações ópticos.



Nanolasers

Influência do Band Gap dos Semicondutores no Laser

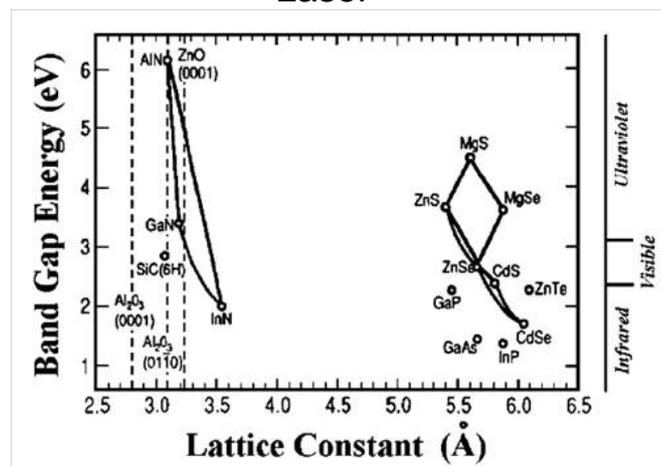


Fig 1. Comparação da energia do bandgap e da constant de rede

Nanolasers

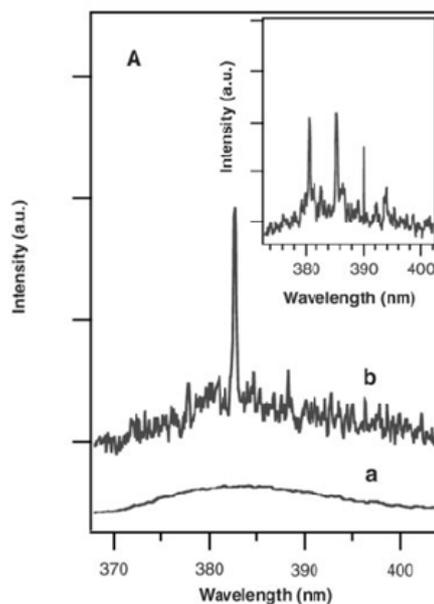
Em diodos de laser, é necessária alta concentração de dopantes, pois deve-se garantir a exata localização nos sítios eletronicamente ativos.

Em nanofios de ZnO crescidos sobre o substrato de safira ocorre emissão espontânea em 140 meV abaixo do gap (3,37 eV) e é geralmente atribuída à recombinação de excitons.

O longo tempo de vida medido para estes nanofios eram de 350 ps, em comparação com 200 ps de filmes finos de ZnO, provavelmente devido a alta cristalinidade obtida no processo de crescimento de nanofios, além da geometria.

Nanolasers

Espectros de emissão de nanofios abaixo (uma linha) e superior ao limiar do laser. As potências de bombeamento para estes espectros são 20, 100 e 150 kW/cm², respectivamente (de baixo para cima).



Conclusão

- Nanofios:
 - Opção na construção de nanodispositivos ópticos e eletrônicos;
 - Opção na construção de nanodispositivos ópticos e eletrônicos;
 - Técnica bottom-up.
- Nanofios de silício:
 - Nanodispositivos eletrônicos com desempenho razoável;
 - Possibilidade futura de construção em escala comercial.
- Nanofios de ZnO (crescidos em substrato de Safira)
 - Emissão observada a 385 nanômetros, com uma largura inferior a 0,3 nm;
 - Miniaturização: computação óptica, armazenamento de informação, e microanálise.