

Micro e Nanoestruturas em Fibra Óptica

Ricardo André

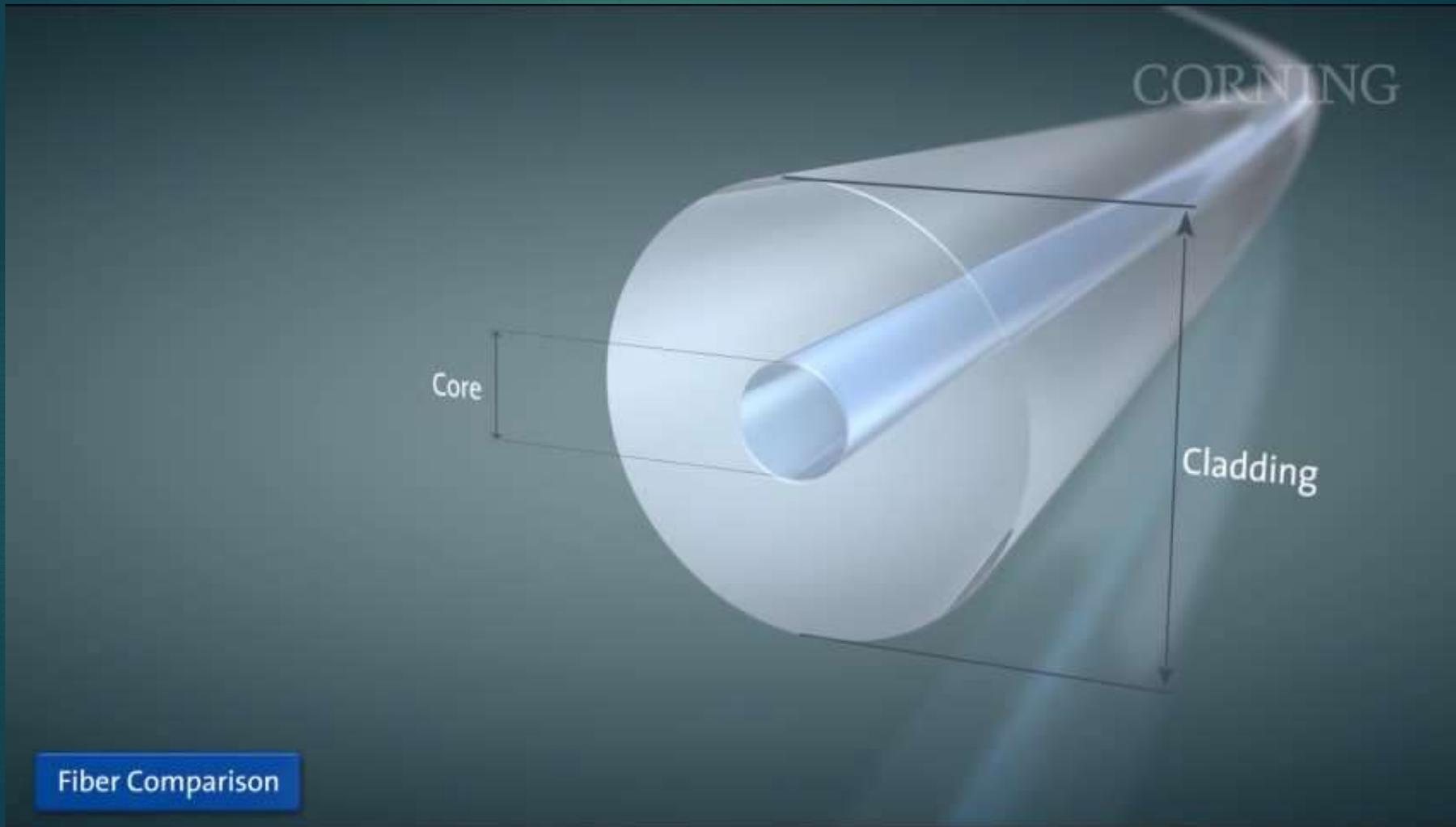
INESC TEC e Faculdade de Ciências da Universidade do
Porto

Conteúdo

- ▶ Fibra óptica;
- ▶ Sensores em fibra óptica:
 - ▶ Como funcionam;
 - ▶ O que podem medir;
 - ▶ Tipos de sensores;
 - ▶ Vantagens gerais de sensores em fibra óptica;
- ▶ Micro/nano sensores e dispositivos:
 - ▶ Qual a motivação;
 - ▶ Técnicas de pós-processamento;
 - ▶ Exemplos e aplicações.

Fibra óptica

3



https://www.youtube.com/watch?v=N_kA8EpCUQo

Sensores em fibra óptica

- Como funcionam?

- ▶ Sensores medem propriedades do ambiente que os rodeia;
- ▶ Podem medir qualquer parâmetro que affecta a modo como a luz se propaga na fibra ou que altera as propriedades da luz.

E o que podem medir?

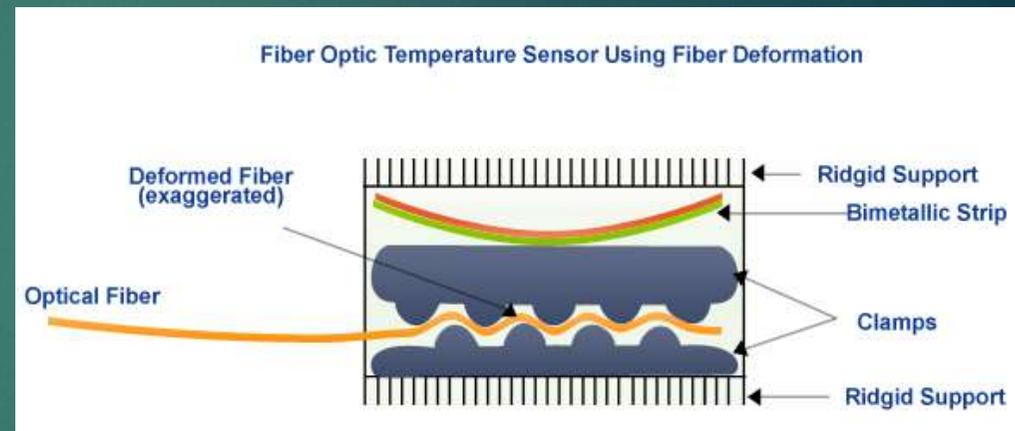
5

- ▶ Temperatura
- ▶ Pressão
- ▶ Tensão
- ▶ Deslocamento
- ▶ Aceleração
- ▶ Fluxo
- ▶ Vibração
- ▶ Concentrações químicas
- ▶ Campos eléctricos e magnéticos
- ▶ ...

Intensidade

6

- ▶ Detectam-se mudanças na intensidade da luz que estão correlacionadas com mudanças de temperatura, pressão, etc.
- ▶ São geralmente susceptíveis a ruído levando a pouca precisão mas são sistemas simples e baratos.



<http://automationwiki.com/>

Comprimento de onda

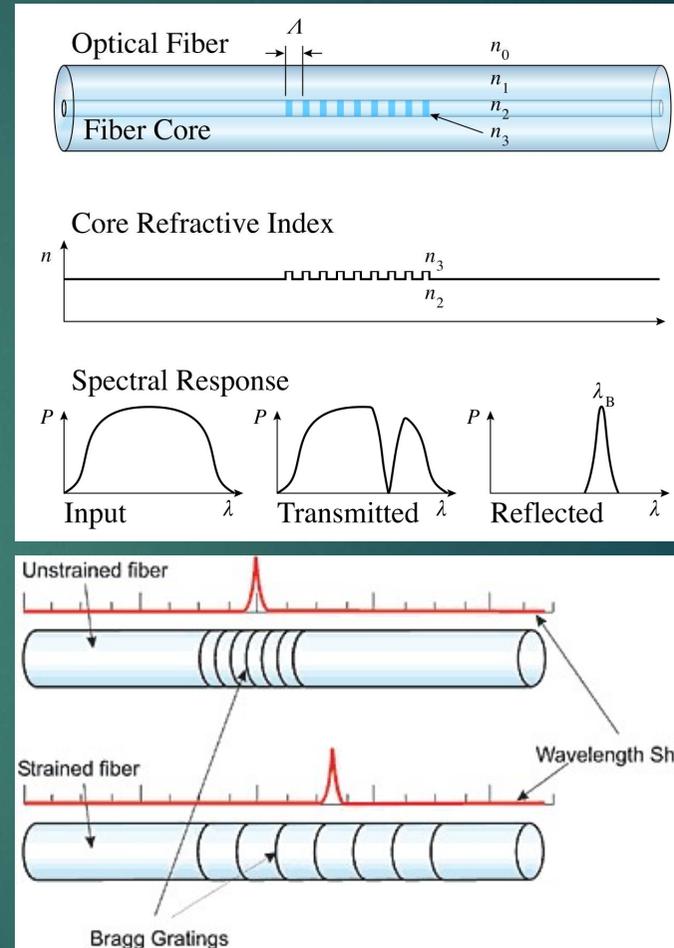
7

- ▶ Correlação entre mudanças espectrais e os parâmetros de interesse;
- ▶ Pouca alteração do sinal fora da zona de sensorização;
- ▶ Medições espectrais são muito sensíveis e pouco afectadas por perdas fora da zona de interesse e flutuações de intensidade da fonte.

Rede de Bragg

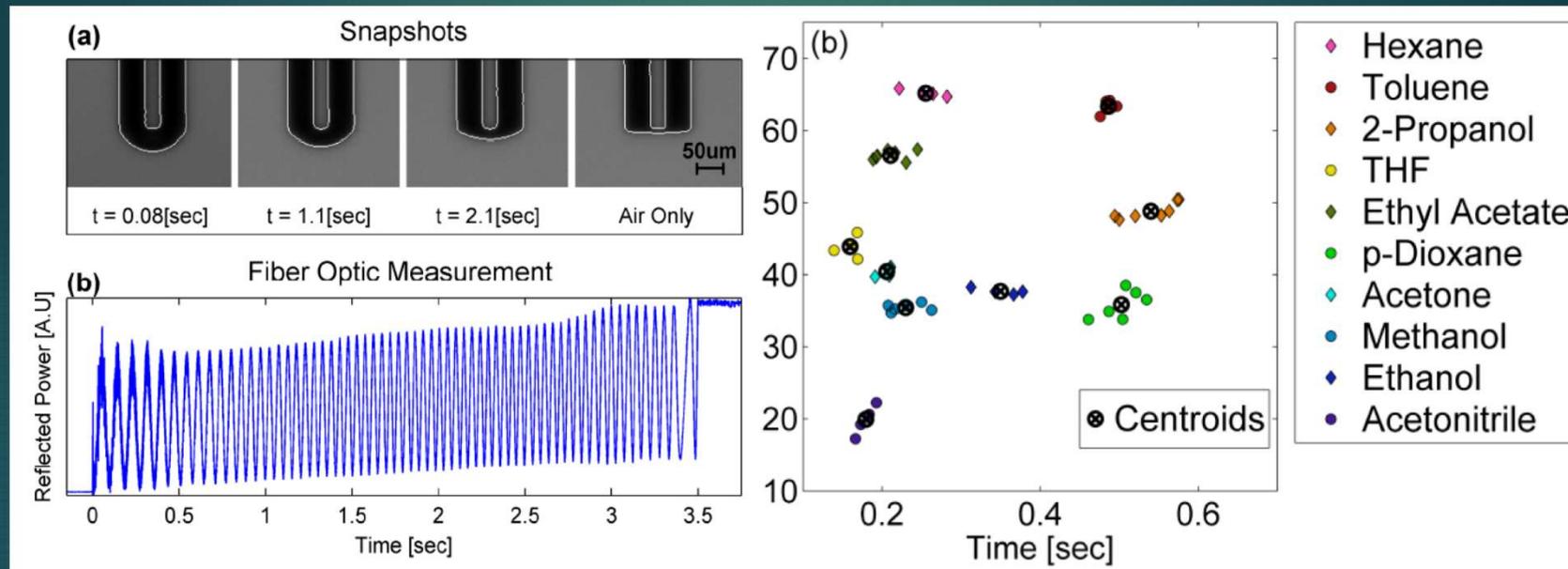
8

- ▶ Modulação periódica do índice de refração do núcleo;
- ▶ Dependência da luz reflectida na periodicidade da rede;
- ▶ Quando tensão é aplicada na rede, o espaçamento altera-se, resultando num deslocamento espectral.



Sensor interferométrico

9



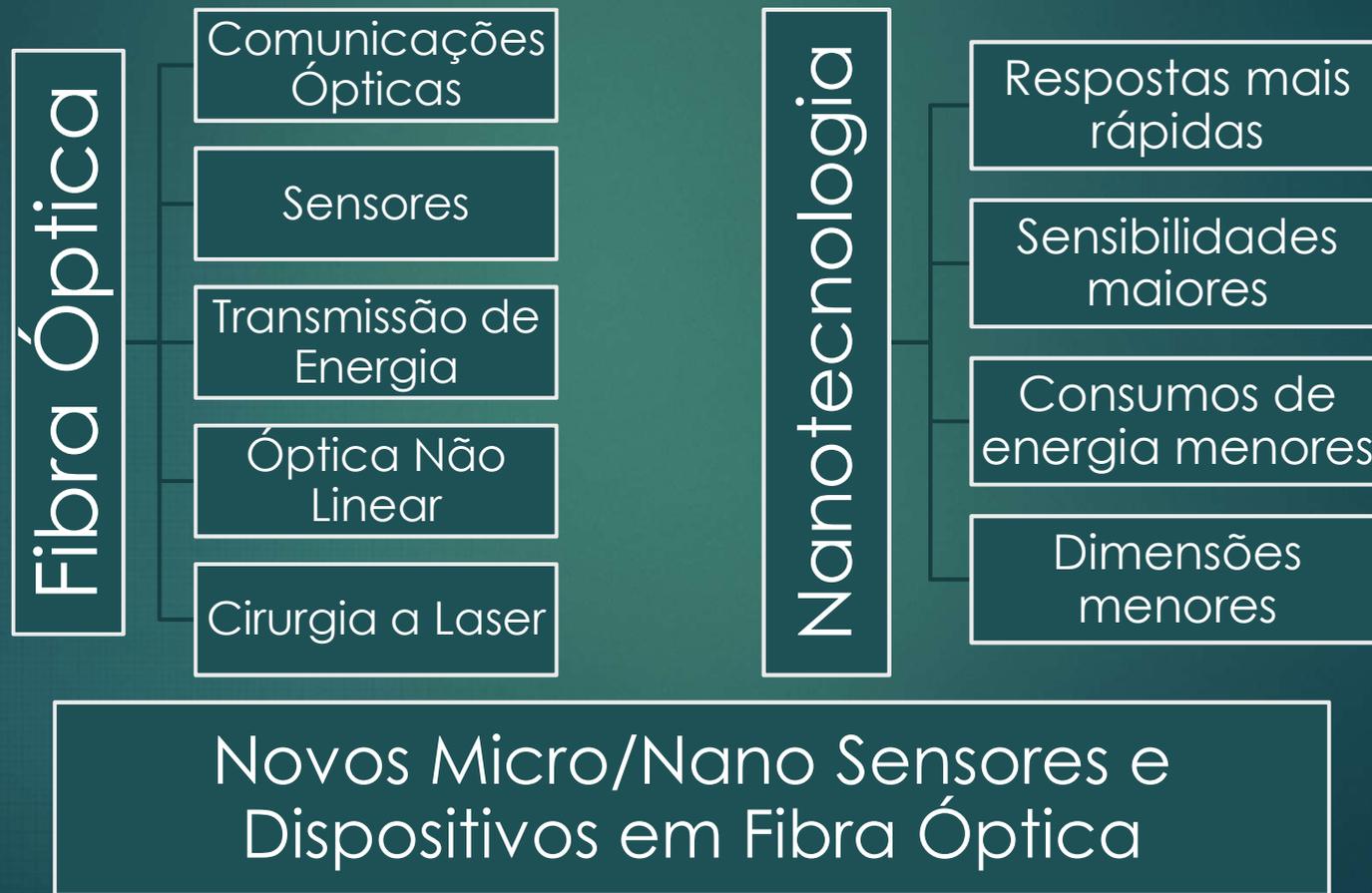
- ▶ Controlo de qualidade de água, bebidas, óleos, etc.

Vantagens gerais de sensores em fibra óptica

- ▶ Ambientes explosivos – não existe electricidade;
- ▶ Ambientes corrosivos – sílica é quimicamente resistente ao contrário de cobre;
- ▶ Altas temperaturas – muitos sensores em fibra funcionam a temperaturas acima de 400 °C;
- ▶ Sensorização remota – a detecção e processamento do sinal podem ser efectuados a quilómetros de distância da zona activa;
- ▶ Dimensões reduzidas – 125µm.

Qual a motivação para ir Micro/Nano?

11



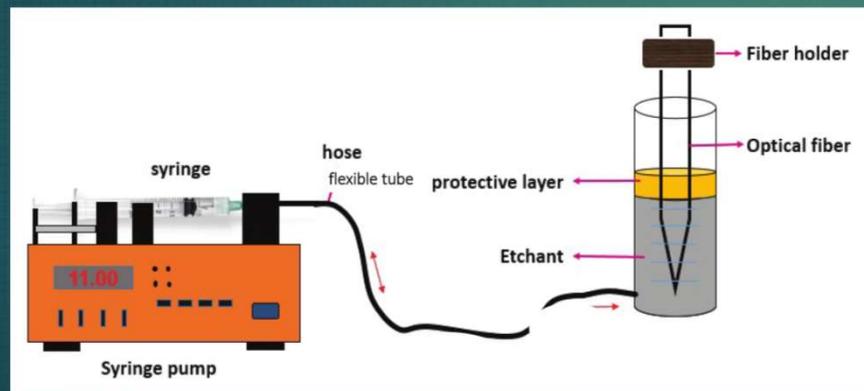
Técnicas de pós-processamento

- ▶ Existem muitas técnicas de pós-processamento que podem ser aplicadas na fabricação de micro e nano dispositivos em fibra óptica;
- ▶ Alta resolução ($\mu\text{m}/\text{nm}$)
 - ▶ Pequena extensão ou tempos de preparação demasiado longos;
 - ▶ Laser de femtosegundos;
 - ▶ Feixe de iões focado;
 - ▶ Litografias;
 - ▶ ...
- ▶ Baixa resolução ($10\text{s } \mu\text{m}$)
 - ▶ Grande extensão e tempos reduzidos;
 - ▶ Ataque químico;
 - ▶ "Tapering";
 - ▶ Deposição de filmes finos;
 - ▶ ...

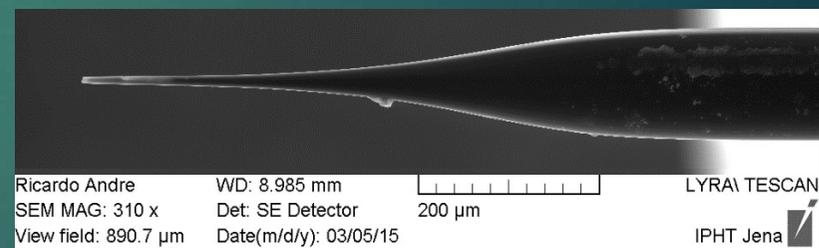
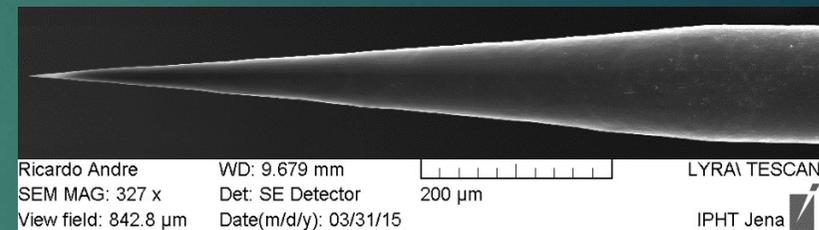
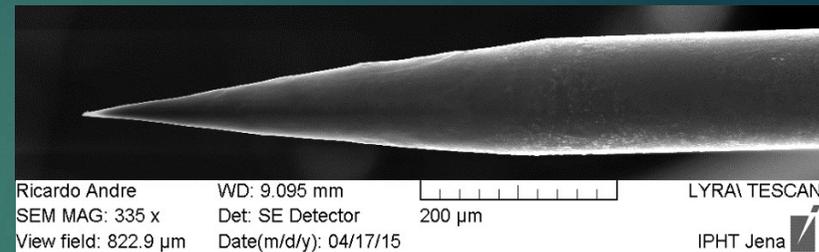
Ataque químico

13

- ▶ Ataque químico dinâmico:
 - ▶ Controlo da posição relativa do ácido e da fibra permite o controlo do comprimento da ponta, do ângulo e da forma.



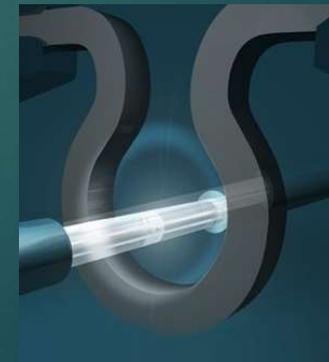
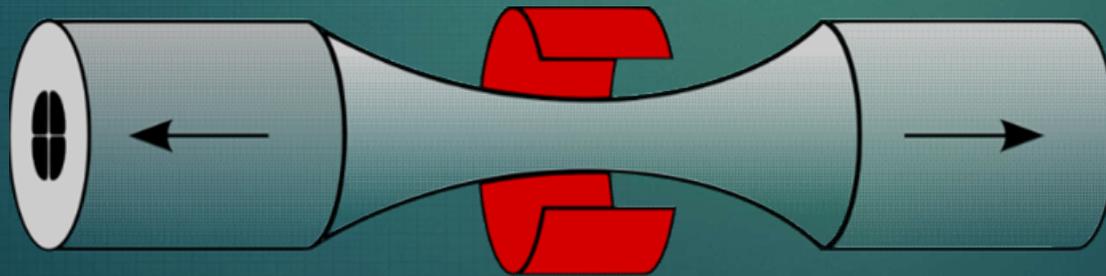
Nikbakht, H. et al., OFS2014 23rd Int. Conf. Opt. Fiber Sensors, 91574Q, (2014)



“Tapering”

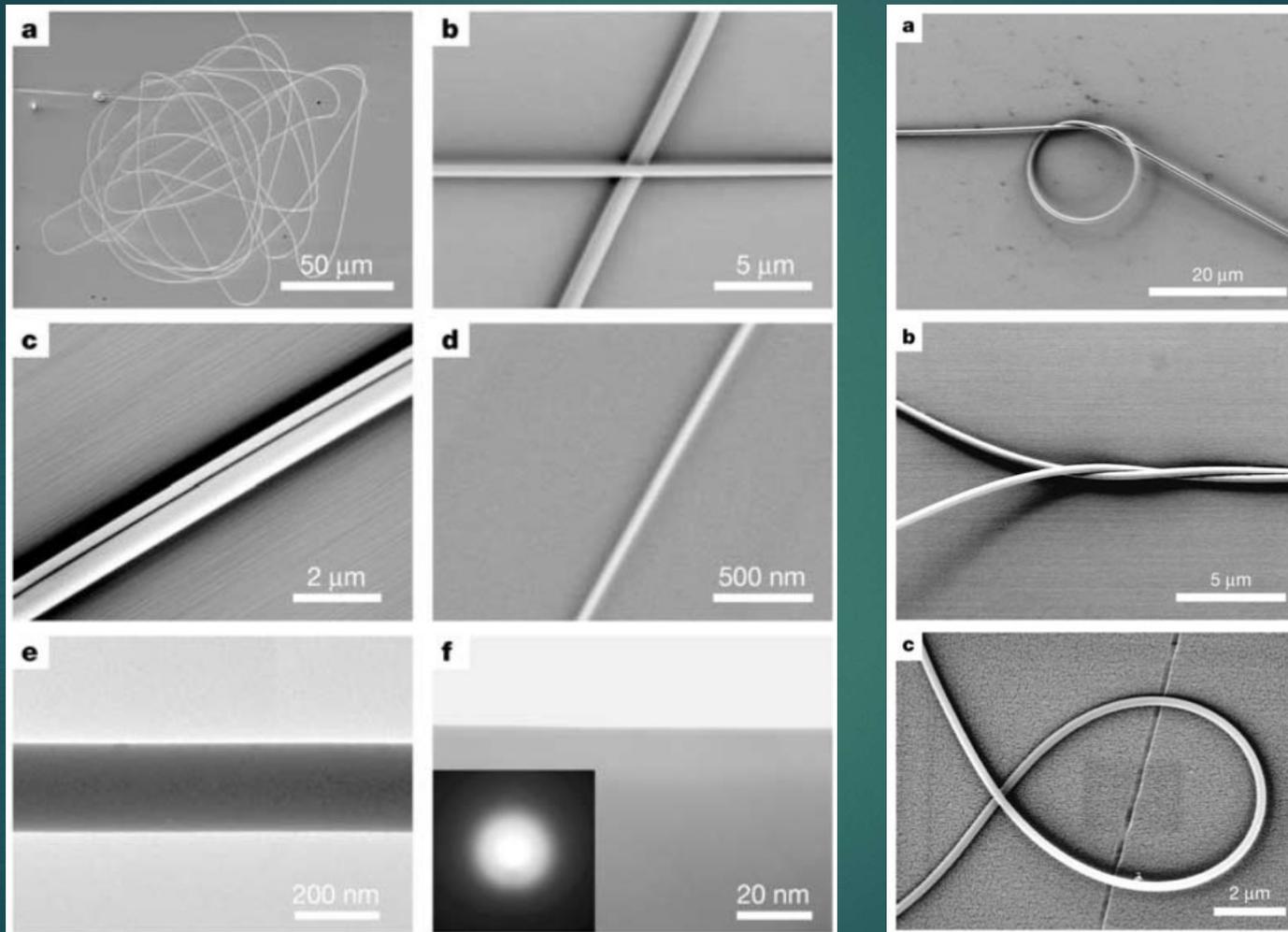
14

- ▶ Técnica para reduzir a secção recta da fibra:
 - ▶ Aquecimento → Amolecimento da fibra;
 - ▶ Estiramento → Redução da secção recta.
- ▶ Técnicas: arco eléctrico, filamento, chama, laser de CO₂.



Microfibras

15

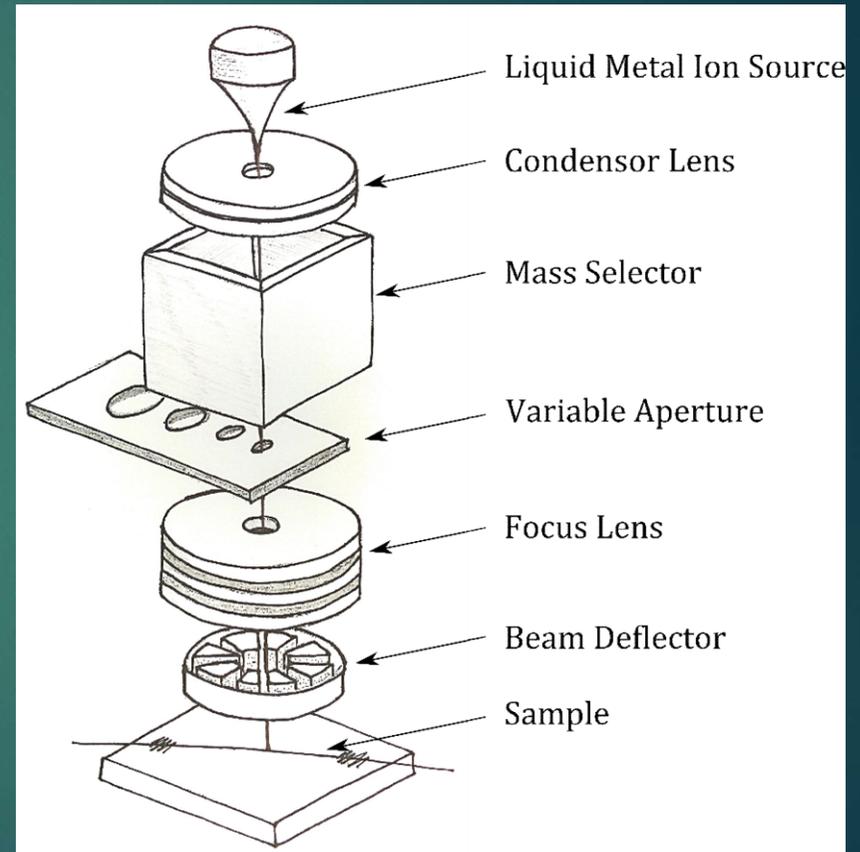


Tong, L. et al., *Nature*, 426(6968), 816–9, 2003.

Tecnologia de feixe de íons focado

16

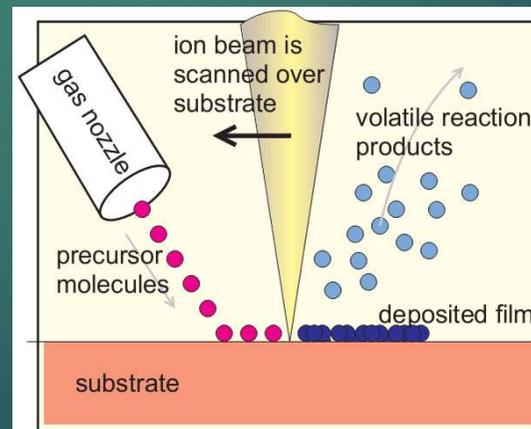
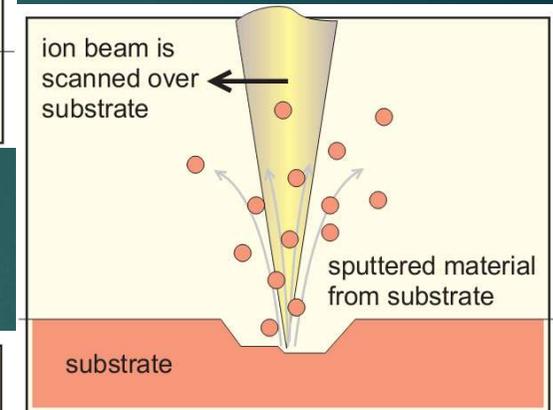
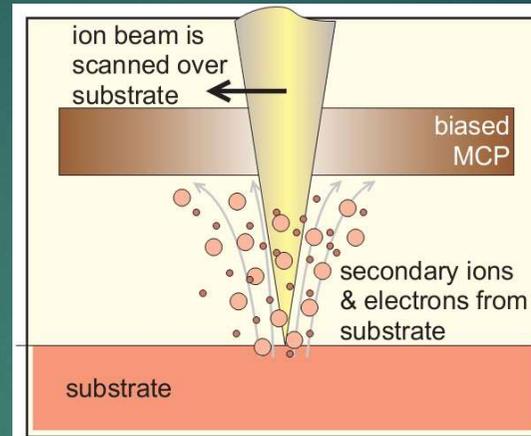
- ▶ Fonte de íons de metal líquido
 - ▶ Geração de íons;
- ▶ Lentes electrostáticas e aberturas variáveis
 - ▶ Redução do diâmetro do feixe;
- ▶ Deflector
 - ▶ Varrer o feixe na amostra.



FIB – Modos de Operação

17

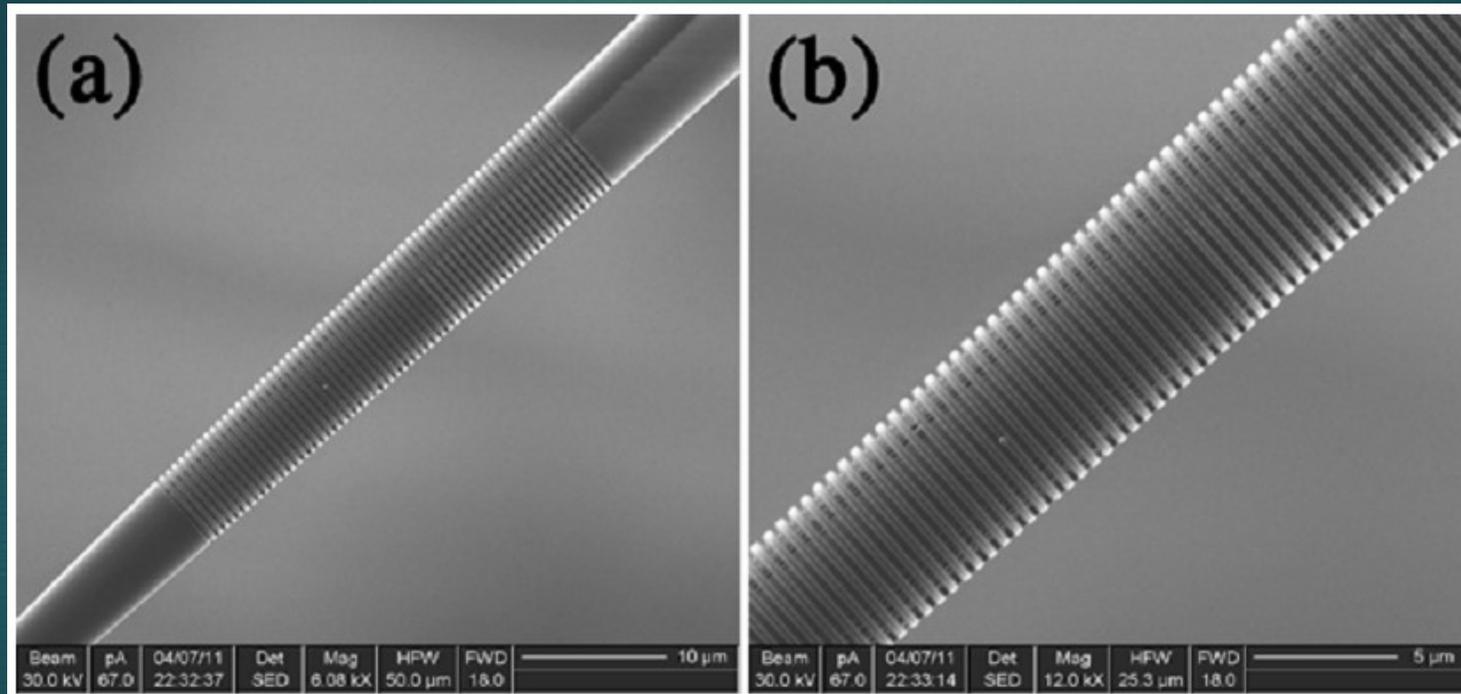
- ▶ Modo de Imagem
 - ▶ Baixa corrente;
 - ▶ Geração de partículas secundárias;
- ▶ Modo de Maquinação
 - ▶ Pulverização;
- ▶ Modo de Deposição
 - ▶ Gases precursores;
 - ▶ Decomposição dos gases.



S. Reyntjens and R. Puers, J. Micromechanics Microengineering **11**, 287–300 (2001).

Redes de Bragg em Pontas de Fibra

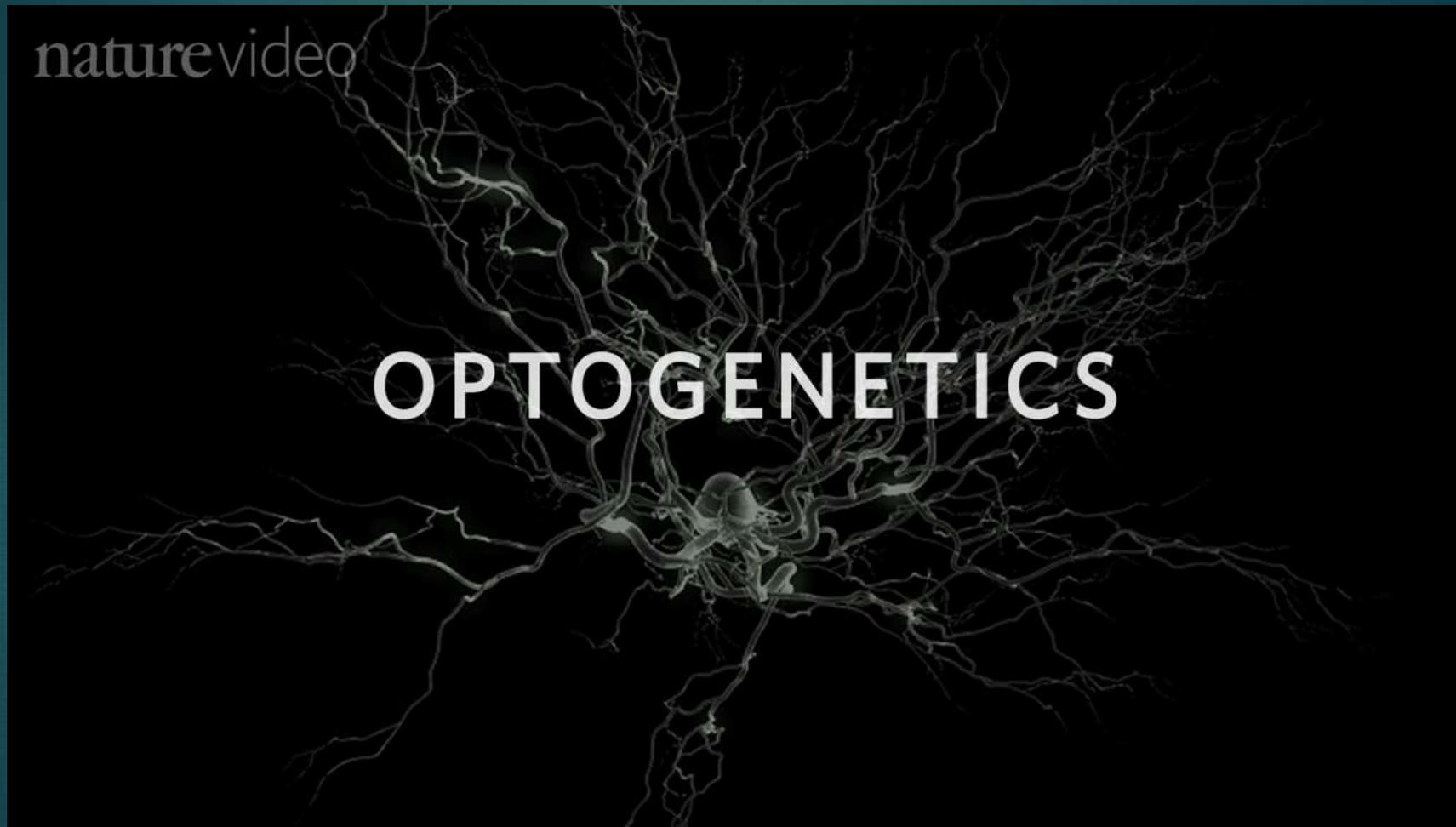
18



J. Kou et al., Optics Express,
vol. 19, no. 19, p. 18452, 2011.

Optogenética

19

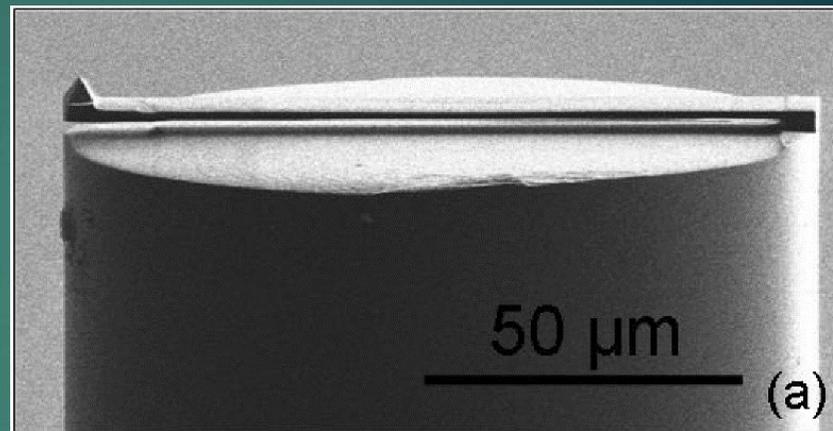
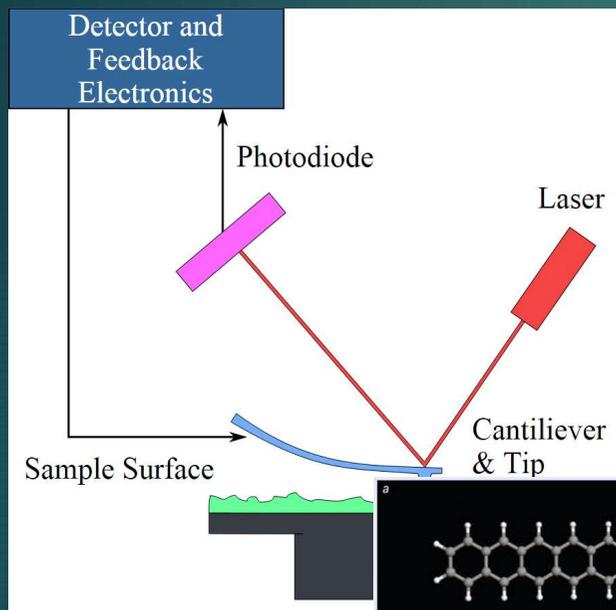


<https://www.youtube.com/watch?v=l64X7vHSHOE>

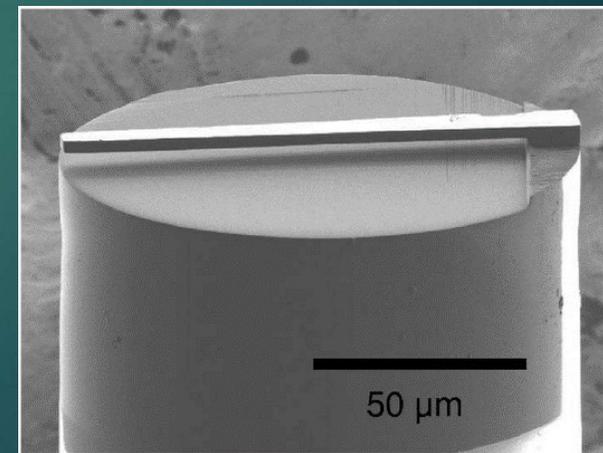
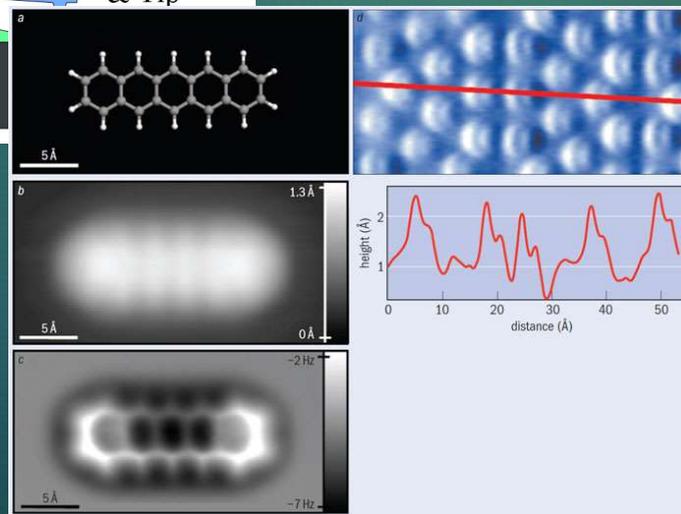
Microscópio de força atômica

20

en.wikipedia.org/



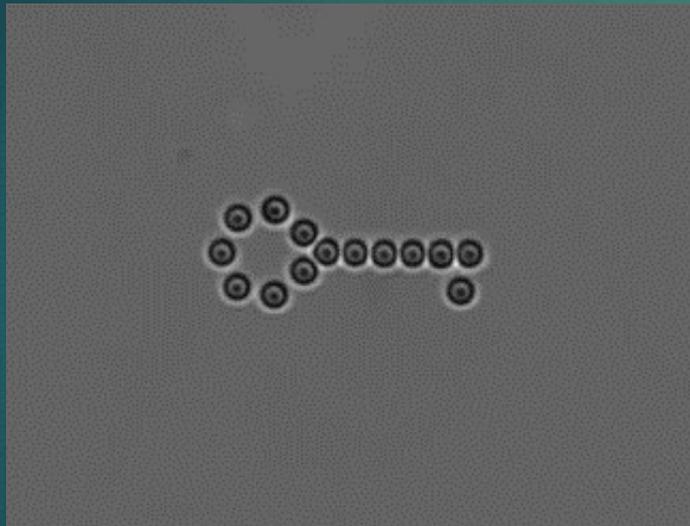
Franz J. Giessibl,
Rev. Mod. Phys. **75**,
949, 2003



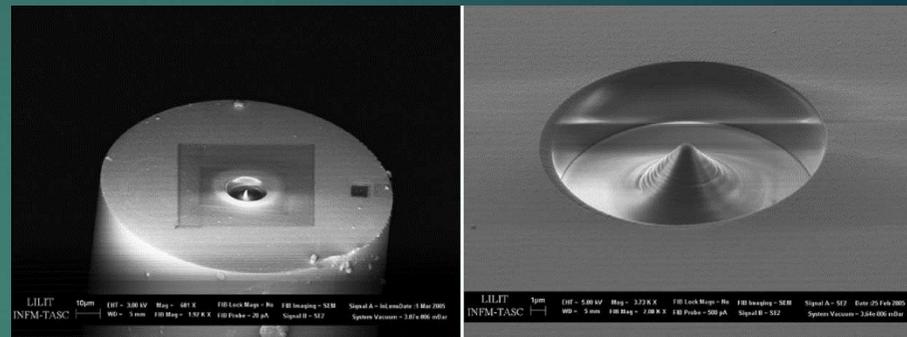
Iannuzzi, D., Measurement Science and Technology, 18(10), 3247–3252, 2007

Lentes e prismas em fibra para pinças ópticas

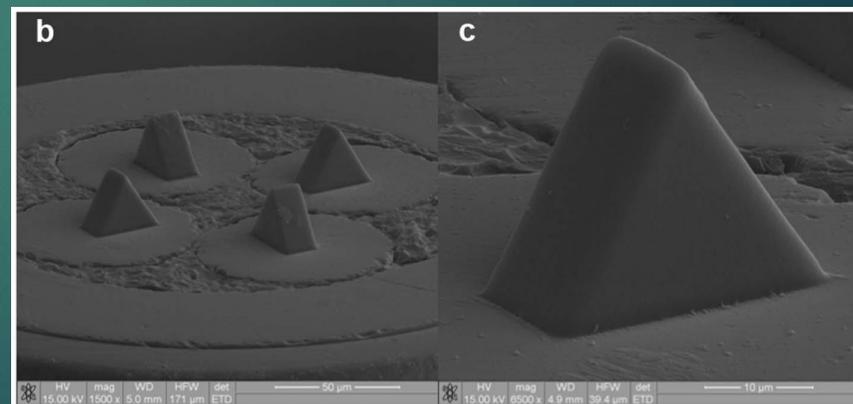
21



<http://www.elliotscientific.com/>
<https://www.youtube.com/watch?v=ju6wENPtXu8>



S. Cabrini et al., *Microelectronic Engineering*,
vol. 83, no. 4–9, pp. 804–807, 2006.



Liberale C., *Scientific Reports* 3,
Article number: 1258 (2013)

Conclusões

22

- ▶ Micro/nano sensores trazem novas vantagens em relação a sensores de fibra óptica convencionais;
- ▶ Podem ser utilizados em situações onde sensores convencionais não eram aplicáveis;
- ▶ São estruturas mais complexas de fabricar que envolvem muitas vezes mais do que uma técnica;
- ▶ A combinação das vantagens da fibra óptica com as da micro/nanotecnologia abrem um novo mundo de possibilidades e aplicações;
- ▶ A área ainda é recente e há muito ainda por explorar.

Ano Internacional da Luz

23



<https://www.youtube.com/watch?v=rcoMeWV0jZc>