

Selagem de dispositivos microfluídicos

Tipos de Selagem

- Irreversível:
a selagem não é facilmente revertida
- Reversível:
a selagem pode ser revertida facilmente
- Direta:
sem o auxílio de camada intermediária
- Indireta:
emprego de camada intermediária

1

Selagem de dispositivos microfluídicos

Características Desejáveis de uma Selagem

- hermeticidade
- alta resistência mecânica, química e térmica
- simplicidade
- baixa deformação da estrutura microfluídica
- baixa temperatura de processo

2

Selagem de dispositivos microfluídicos

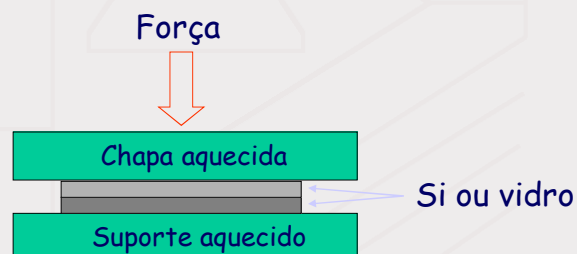
Aspectos Importantes

- limpeza do substrato e cobertura (ausência de particulados)
- tratamento químico da superfície
- rugosidade da superfície
- planaridade das superfícies (materiais rígidos)
- propriedades físicas e químicas das partes seladas
- temperatura
- pressão

3

Selagem térmica ou por fusão

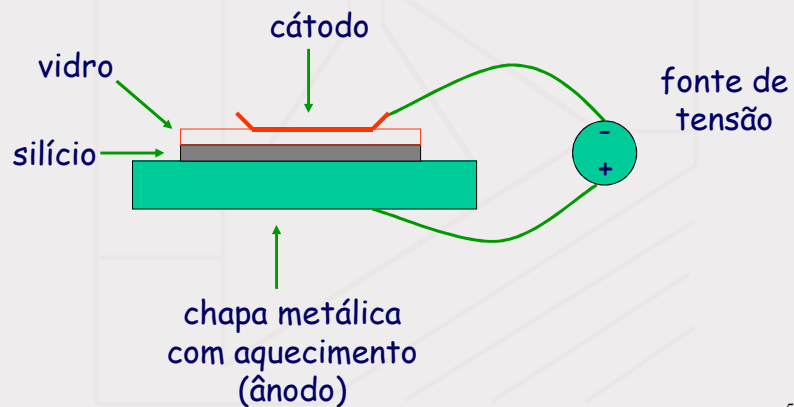
- Limpeza do substrato e da cobertura
- Ativação química da superfície (úmida ou com plasma)
- Aquecimento do substrato e da cobertura (em contato) sob pressão



4

Selagem anódica ou eletrostática

Selagem entre substratos de vidro e silício



5

Selagem de dispositivos poliméricos

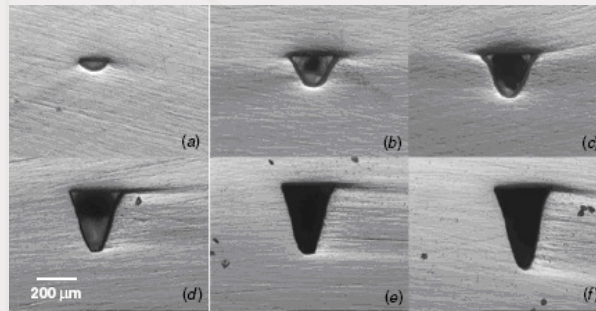
Selagem Térmica

- Aplicado em polímeros termoplásticos
- Aquecimento do substrato e da cobertura a temperaturas superiores à T_g (temperatura de transição vítrea)
- Muito utilizada em microdispositivos construídos em PMMA (T_g 105 °C)
- Pode causar deformações na estrutura microfluídica

6

Selagem de dispositivos poliméricos

Selagem Térmica



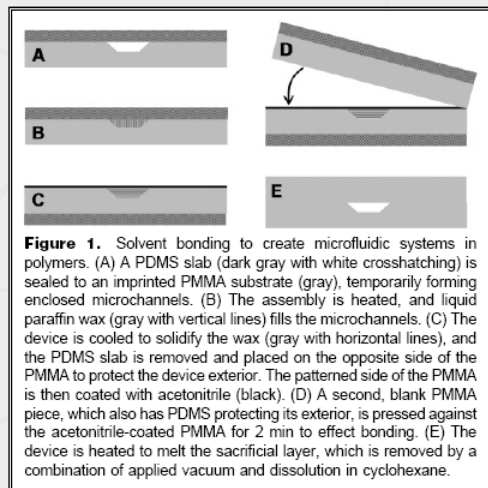
Microcanais construídos em PMMA por ablação a laser (potências diferentes) e selagem térmica a 165 °C com pressão de aproximadamente 20 kPa

J. Micromech. Microeng. 16 (2006) 1681

7

Selagem de dispositivos poliméricos

Selagem com Solvente



Adam T. Woolley et al. Anal. Chem. 77 (2005) 3536

8

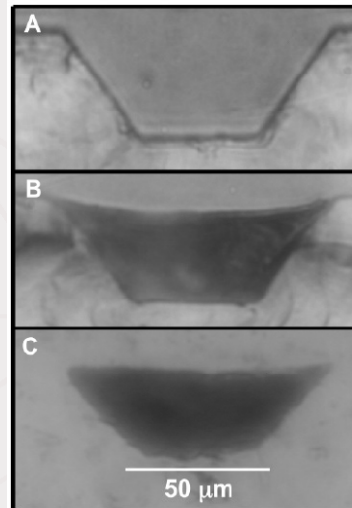
Selagem de dispositivos poliméricos

Selagem com Solvente

Canal Impresso

Canal preenchido
com parafina

Canal selado



Adam T. Woolley et al. Anal. Chem. 77 (2005) 3536

9

Selagem de dispositivos poliméricos

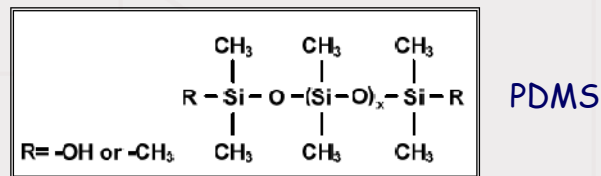
Selagem reversível - PDMS

- Selagem com cobertura de PDMS, vidro, quartzo, etc
- Forças de Van der Waals
- Processo mais simples que a selagem silício-silício, vidro-vidro, vidro-silício e polímeros termoplásticos
- Não causa deformação de canais
- A rugosidade das superfícies é menos crítica
- Resiste a pressões de até 5 psi

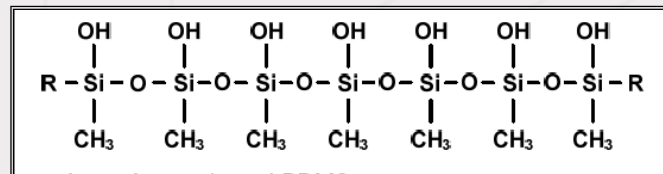
10

Selagem de dispositivos poliméricos

Selagem Irreversível - PDMS



Tratamento Plasma



G. M. Whitesides et al. Anal. Chem. 70 (1998) 4974

11

Selagem de dispositivos poliméricos

Selagem Irreversível - PDMS

Selagem irreversível também é possível entre PDMS e vidro, silício, dióxido de silício, quartzo, nitreto de silício, polietileno e carbono vítreo, após tratamento com plasma.

- Facilidade de preenchimento dos canais com soluções aquosas, devido à capilaridade
- Resiste a pressões de até 70 psi

12

Sistemas microfluídicos integrados

- bombas
- válvulas
- canais
- reatores
- aquecedores
- separadores
- detectores

13

Etapas analíticas

- preparação da amostra
- filtração
- condicionamento
- separação
- reação
- detecção

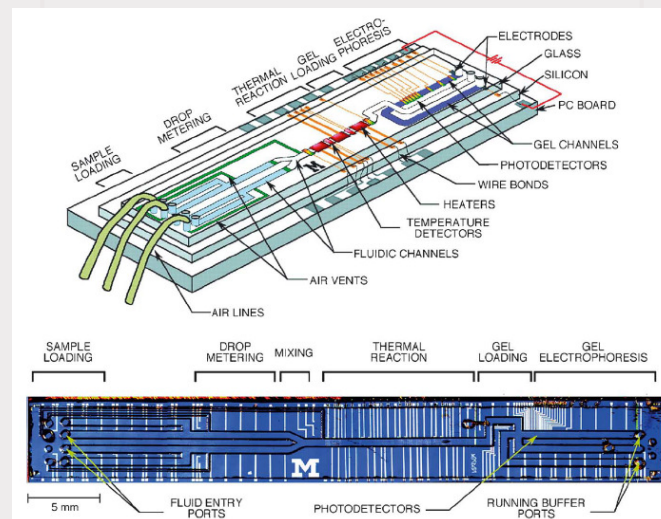
14

Sistema microfluídico integrado

Incorpora muitos componentes
e a funcionalidade de um laboratório típico
em um pequeno chip

15

Sistema microfluídico integrado



An integrated nanoliter DNA analysis device, Burns et al., Science 282 (1998) 484

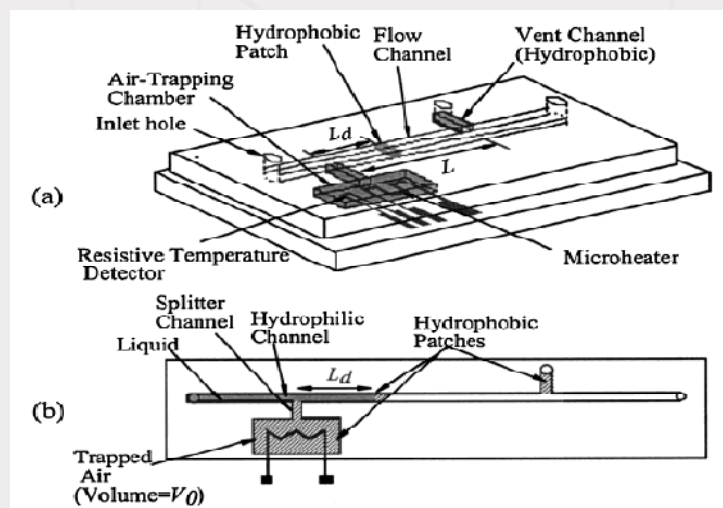
Transporte de fluidos (bombeamento)

- fluxo eletrosmótico é o mais usado
- imersão de eletrodos metálicos em reservatórios abertos posicionados ao final de cada canal
- bolhas de ar são geralmente eliminadas pois migram para a superfície do líquido no reservatório
- integração (eletrodos nos canais): bolhas podem migrar para os canais, interrompendo o contato elétrico

17

On-chip thermopneumatic pressure for discrete drop pumping

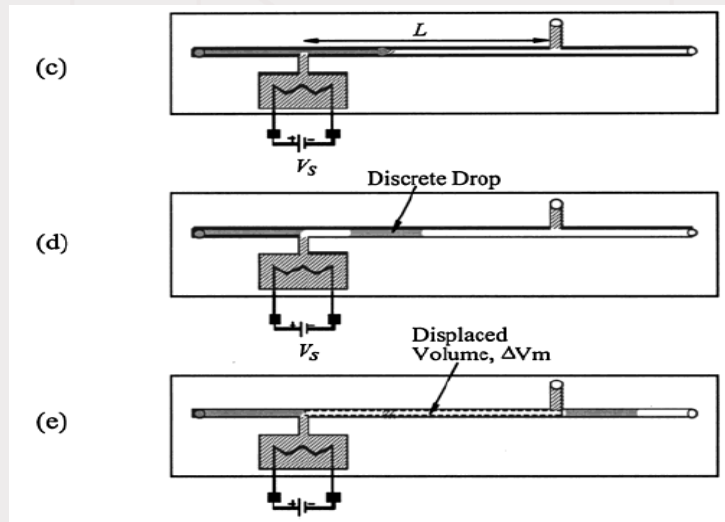
Handique et al., Anal. Chem 73 (2001) 1831



18

On-chip thermopneumatic pressure for discrete drop pumping

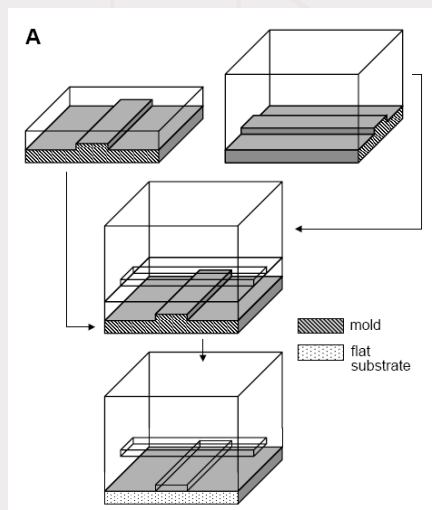
Handique et al., Anal. Chem 73 (2001) 1831



19

Monolithic microfabricated valves and pumps by multilayer soft lithography

Quake et al., Science 288 (2001) 1831

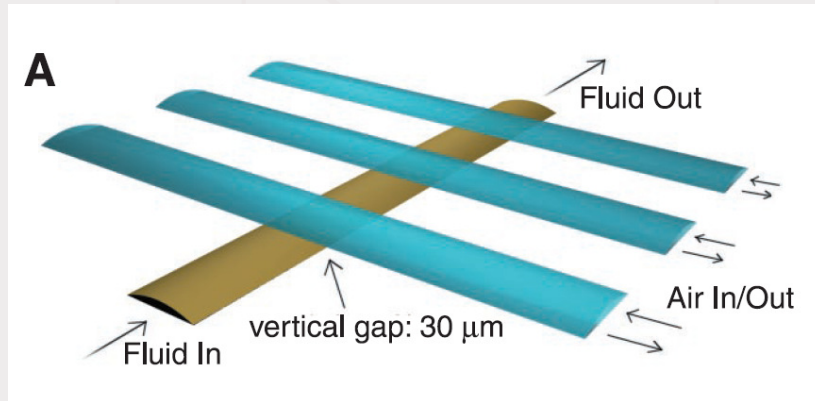


PDMS RTV 615

20

Monolithic microfabricated valves and pumps by multilayer soft lithography

Quake et al., Science 288 (2001) 1831

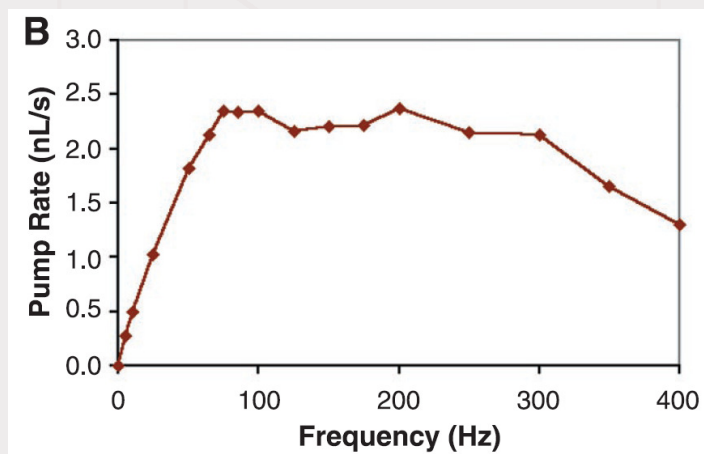


100 μm largura x 10 μm altura

21

Monolithic microfabricated valves and pumps by multilayer soft lithography

Quake et al., Science 288 (2001) 1831



bombeamento: 101; 100; 110; 010; 011; 001 (0 = aberta)

22

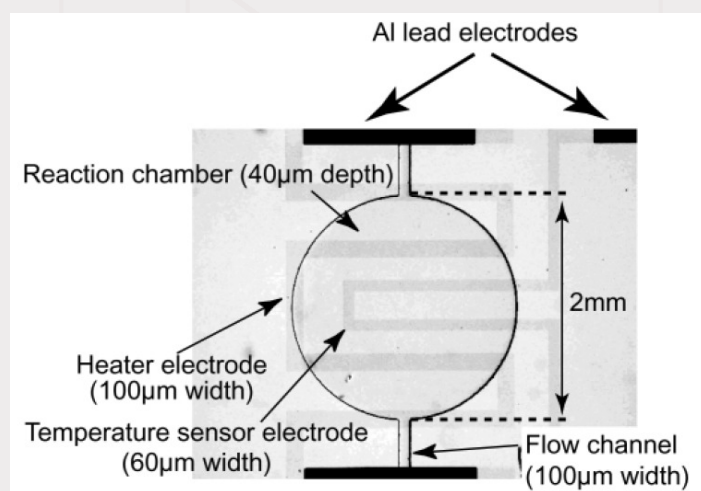
Controle de Temperatura

- feito por meio de um resistor integrado ao sistema
- passagem de corrente: aquecimento Joule
- $W = R \cdot i^2$
- simples implementação
- condições de temperatura uniforme

23

PDMS-glass hybrid microreactor array with embedded temperature control device

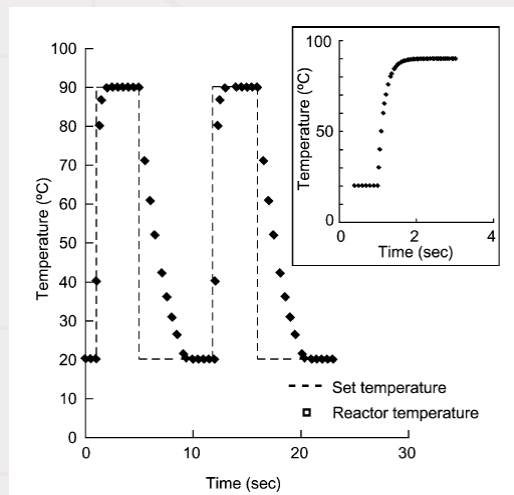
Fujii et al., Lab Chip 2 (2002) 197



24

PDMS-glass hybrid microreactor array with embedded temperature control device

Fujii et al., Lab Chip 2 (2002) 197



25

Filtração

- normalmente construídos por:
 - barreira com canal de largura reduzida
 - arranjo de postes
- filtros re-utilizáveis
- processo de fabricação demorado e alto custo
- filtro pode ser uma coluna:
 - empacotada
 - polimerização in-situ

26

Sistemas de detecção

- ópticos:
 - absorbância
 - reflectância
 - fluorescência
 - quimioluminescência
- eletroquímicos
 - potenciometria
 - amperometria
 - condutometria
- espectrometria de massas

27

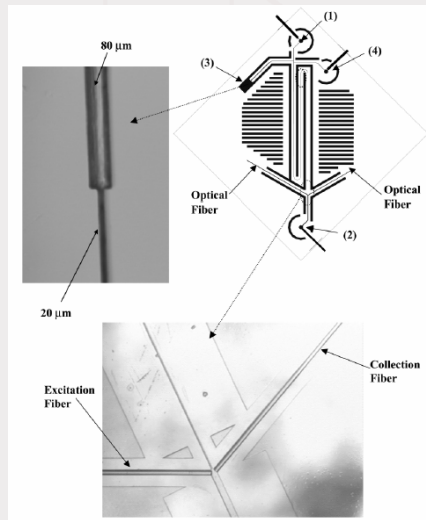
Sistemas de detecção: ópticos

- fluorescência é mais usada
 - sensibilidade
- microscopia com fluorescência
- fluorescência induzida a laser
 - detecção de uma única molécula

28

Microfluidic devices fabricated in PMMA using hot-embossing with integrated sampling capillary and fiber optics for fluorescence detection

Qi et al., Lab Chip 2 (2002) 88



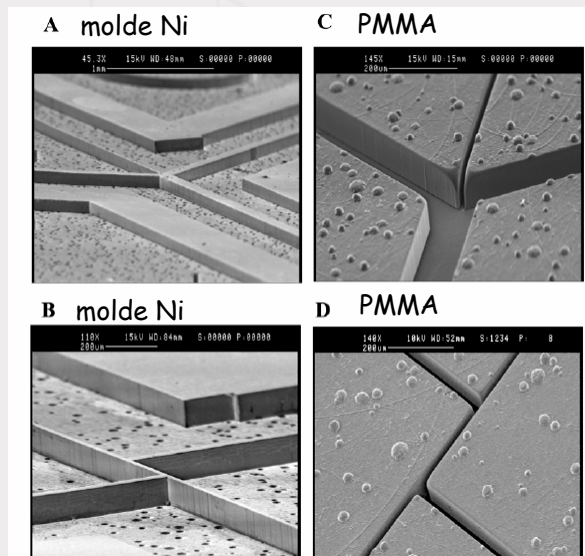
- capilar e fibras ópticas tratados com HF para ajustar diâmetro a 70-75 μm

- dispositivo selado com uma placa de PMMA de 0,5 mm, spin-coated com poli(butil-metacrilato)-co-poli(metil-metacrilato): temp. annealing de 85 °C e não de 155 °C

29

Microfluidic devices fabricated in PMMA using hot-embossing with integrated sampling capillary and fiber optics for fluorescence detection

Qi et al., Lab Chip 2 (2002) 88



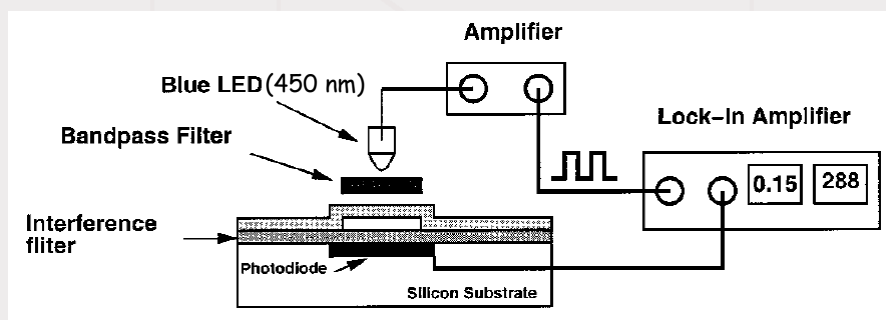
fibra óptica

"T" injeção

30

Monolithic capillary electrophoresis device with integrated fluorescence detector

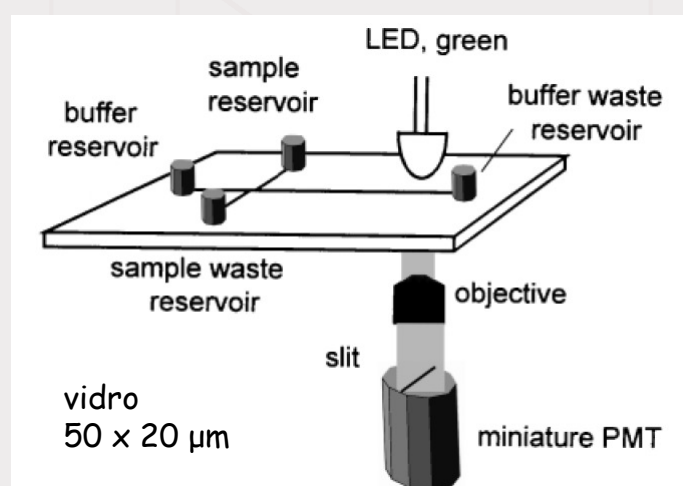
Webster et al., Anal. Chem. 71 (2001) 1622



31

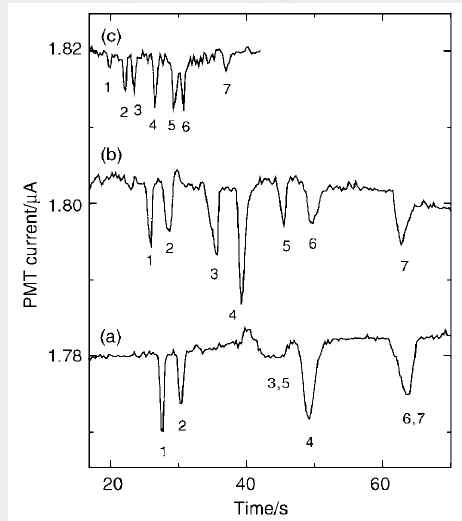
Microchip separations of transition metal ions via LED absorbance detection of their PAR complexes

Lu et al., Analyst 126 (2001) 429



32

Microchip separations of transition metal ions
via LED absorbance detection of their PAR complexes
Lu et al., Analyst 126 (2001) 429



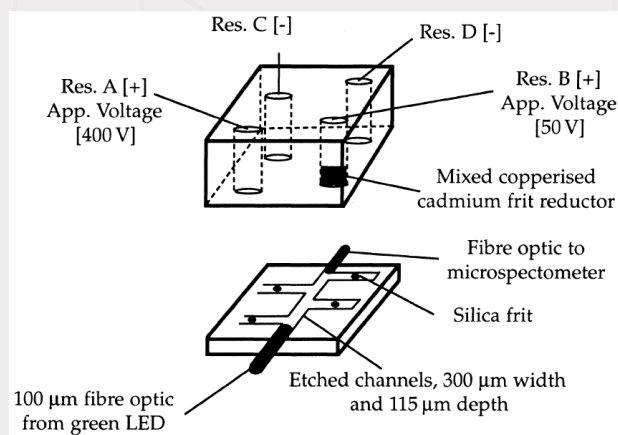
- 1 = 1,8 ppm Co(II)
- 2 = 3,0 ppm V(III)
- 3 = 1,8 ppm Ni(II)
- 4 = 3,0 ppm Cu(II)
- 5 = 3,0 ppm Fe(II)
- 6 = 3,0 ppm Mn(II)
- 7 = 1,8 ppm Cd(II)

- a: pH = 7,0
- b: pH = 7,5
- c: pH = 8,0

33

The development of an on-chip micro-flow injection
analysis of nitrate with a cadmium reductor

Petsul et al., Anal. Chim. Acta 428 (2001) 155

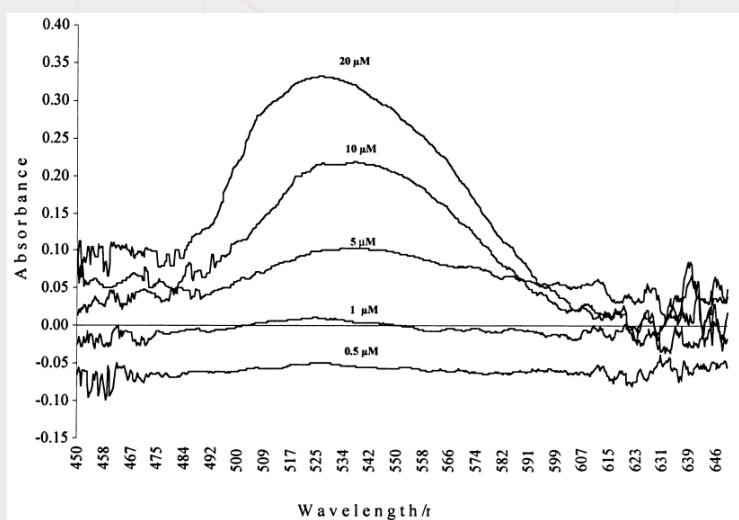


reservatório A = sulfanilamida + naftiletlenodiamina (pH 4,0)
reservatório B = nitrato; reservatórios C e D: água desionizada

34

The development of an on-chip micro-flow injection analysis of nitrate with a cadmium reductor

Petsul et al., Anal. Chim. Acta 428 (2001) 155



35

Sistemas de detecção: eletroquímicos

- potenciométrico
- amperométrico
- condutométrico

- detector facilmente integrado ao sistema
- garante a portabilidade
- perda na detectabilidade não é tão significativa

- EC: uso de alta voltagem afeta o eletrodo indicador

36

Sistemas de detecção: espectrometria de massas

- eletrospray é uma das técnicas mais empregadas para introdução de amostra (biomoléculas)
- polipeptídeos, proteínas, oligonucleotídeos
- massas moleculares de 100 mil Da (ou mais)
- facilmente adaptável à HPLC e CE

37

A dry process for production of microfluidic devices based on the lamination of laser-printed polyester films

Lago et al., Anal. Chem. 75 (2003) 3853

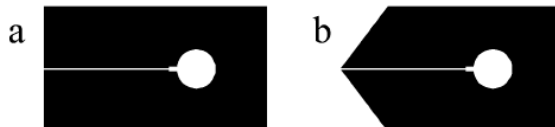


Figure 7. A device for the electrospray source. The DTL process was used to produce the structure (a). The outlet was made by cutting the border with scissors, resulting in a device (b) with a sharp end. The outlet was dipped in a silicone solution to make the tip hydrophobic. (DTL = double toner layer)

38

A dry process for production of microfluidic devices
based on the lamination of laser-printed polyester films
Lago et al., Anal. Chem. 75 (2003) 3853

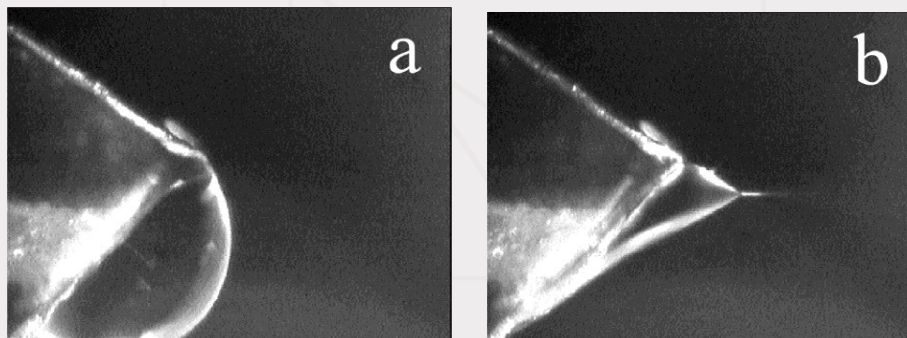


Figure 8. Electro spray tip. The drop of KCl solution at the outlet of the channel (a) is distorted by the electrostatic field, generating the Taylor's cone (b).

contra-eletrodo: folha de cobre, 3 mm de distância

39