

Microtecnologias na UM

José Higinio Correia

Introdução

A microelectrónica, estando presente numa gama extensa de produtos que vão desde as comunicações aos transportes, passando pelos sectores doméstico, industrial e militar, desempenha cada vez mais um papel fulcral na economia e no desenvolvimento. Hoje em dia é possível integrar num só circuitos funcionalidades equivalentes às de sistemas mais volumosos, o que conduz à miniaturização dos equipamentos, mais elevados níveis de fiabilidade e desempenho, e ainda à redução de custos.

Nos últimos anos deu-se em paralelo com o desenvolvimento da microelectrónica o aparecimento de microtecnologias (Ex.: micromaquinagem, microlitografia, microfabricação), direccionadas para a implementação de microdispositivos (microssensores, microactuadores) no silício. muitas vezes também integrados com electrónica no mesmo substrato de silício. Estas novas tecnologias, em especial a micromaquinagem, revelam elevado potencial para o desenvolvimento de microssistemas (designação para sensores e/ou actuadores integrados com electrónica no mesmo substrato de silício). A miniaturização, o fabrico em larga escala a baixos preços e a portabilidade destas soluções despertou o interesse da indústria de que são exemplo: as telecomunicações, a indústria automóvel e as aplicações biomédicas.

O Departamento de Electrónica Industrial da Escola de Engenharia da Universidade do Minho apostou num projecto de ensino e investigação e em desenvolvimento nesta área a que deu o nome de Microelectrónica e Instrumentação e que actualmente é um dos perfis da Licenciatura em Engenharia Electrónica Industrial. I & D e formação por parte dos docentes interessados nesta área foi iniciada em Setembro de 1999 dando-se inicio a 3 projectos de desenvolvimento com maior incidência na área dos micro-sensores aplicados à biomédica. Mas, começemos por um projecto concluído e que consiste num microespectrómetro em silício para a luz visível.

Microespectrómetro em silício para a luz visível

Equipamento para análise espectral de luz é utilizado tanto na indústria como em laboratórios de análise e investigação. Microssistemas ópticos como os microespectrómetros integrados com microelectrónica prometem novas aplicações.

Dois tipos diferentes de microespectrómetros (sintonizáveis e de matriz) em silício para a luz visível do espectro electromagnético (entre aproximadamente 390 nm até 760 nm de comprimento de onda) foram fabricados. No final, um microssistema óptico (dimensões 4.2 mm por 3.9 mm), baseado num espectrómetro de matriz de dezasseis canais, com electrónica incluída (electrónica de leitura dos fotodíodos, conversão luz-frequência e um *Bus* para interface externo) foi também fabricado.

A cavidade de ressonância Fabry-Perot é usada como filtro óptico para seleccionar diferentes comprimentos de ondas, actuando como um interferómetro. Um interferómetro

Fabry-Perot consiste em dois espelhos paralelos e semi-reflectivos separados de uma certa distância. A transmissão óptica através da cavidade resulta numa série de picos de largura estreita quando a distância entre os espelhos é um múltiplo de metade do comprimento de onda da luz incidente. A intensidade da luz filtrada é medida num fotodíodo, também integrado juntamente com a cavidade.

Os dois espectrómetros foram fabricados usando os processos convencionais para fabrico de circuitos integrados e técnicas de micromaquinagem para o espectrómetro sintonizável. O espectrómetro de matriz depois do *standard* fabrico da microelectrónica (bipolar ou CMOS) precisa de um módulo para fabrico da cavidade Fabry-Perot (neste caso a cavidade é um filme fino). Espelhos metálicos foram usados devido à sua alta reflectividade na parte visível do espectro electromagnético. Também a deposição de uma única camada metálica para espelho é preferível à deposição de uma multi-camada de materiais dieléctricos. Espelhos de prata com superfícies anti-rugosas e planares foram realizados.

O fabrico do microinterferómetro Fabry-Perot em silício permite a integração conjunta com a microelectrónica bem como dos fotodíodos. Os espectrómetros realizados em silício podem ser aplicados na análise espectral da luz visível com resolução razoável.

Microdetectores de raios-X em silício para imagiologia médica: a radiografia digital

A detecção de raios-X tem como aplicação fulcral a radiografia médica (importante teste no diagnóstico clínico). O objectivo é obter imagens nítidas e com elevada precisão de defeitos presentes no corpo humano. Estas imagens são produzidas como consequência da variação da intensidade da radiação depois de passar através do alvo a estudar. As diferenças correspondem à transparência ou opaquicidade do corpo analisado à radiação X. Geralmente, as imagens são gravadas numa película fotográfica em termos de zonas com diferentes tonalidades (de claro passando pelo cinzento até ao escuro).

Na maior parte das aplicações com raios-X (e.g. diagnóstico médico), resoluções espaciais inferiores a um milímetro são necessárias bem como a dose de radiação emitida pela fonte deve estar no mínimo suportado pelo corpo humano (em média 0.1 R/por semana). Com estes requisitos pretende-se o desenvolvimento de um novo tipo de microcâmara em silício para a detecção de radiação X. Pensando em termos da formação de uma imagem, uma matriz $n \times n$ destas microcâmeras seria suficiente, cumprindo os requisitos de resolução espacial inferior a um milímetro e permitindo a redução da dose de radiação aplicada ao paciente (um dos factores críticos). Se integramos com estas microcâmeras a electrónica de leitura do sinal adquirido e conversão analógico-digital, ter-se-ia como saída um sinal digital que poderia ser visualizado num display e gravado digitalmente em memória. Permitindo mais tarde uma série de manipulações usando técnicas de processamento de imagem convencionais para um exame mais detalhado da radiografia o que agora com a radiografia analógica não é possível.

Microssistema laboratorial em silício para análise de fluidos biológicos: um microlaboratório num chip

A micromaquinagem permite o fabrico de sistemas de microfluidos, de reduzidas dimensões (milímetros e até micrómetros) com elevada precisão com microcanais e microreservatórios (desde picolitro até nanolitro), com interesse nas áreas da análise química, toxicologia (autópsias) e diagnóstico médico local. As vantagens são: análise diversificada para diferentes elementos bioquímicos usando o mesmo chip ou não, a quantidade física da amostra recolhida é ínfima bem como os reagentes a utilizar são na mesma proporção (reduzindo custos), evitar numa primeira fase a análise laboratorial (geralmente demorada) permitindo à partida um primeiro diagnóstico e antecipação na prescrição de medicamentos por parte dos profissionais de saúde.

O objectivo deste projecto é implementar um microlaboratório para análise de fluidos biológicos (urina, sangue, saliva e suor). O microssistema é composto por electrónica de leitura do detector óptico integrado (tecnologia CMOS), dois microcanais para amostra, reagente e respectivo misturador (técnicas de micromaquinagem e *wafer-bonding*). Electroforese capilar (EC), uma técnica de separação clássica baseada na diferente velocidade de migração de iões e moléculas com carga (e.g. biomoléculas) numa solução quando é aplicado um forte campo eléctrico, é usada para separação de iões na amostra e decorre em capilares (microcanais) longos (entre 100-200 μm) nos quais se encontram electrodos nas extremidades. A análise da amostra é feita em pleno movimento do fluído (amostra+reagente e após EC) com o recurso ao método de absorção óptica. Fotodíodos integrados por debaixo do capilar medem a intensidade da luz filtrada que passou pelo fluído. A microelectrónica de aquisição do sinal vindo dos fotodíodos coloca o resultado final num display ou computador pessoal. Calibração do processo de análise, limpeza de desperdícios e reutilização do microssistema são algumas das facilidades contempladas.