

Sensores de fibras ópticas

A. M. P. P. LEITE

Centro de Física da Universidade do Porto
Faculdade de Ciências, Praça Gomes Teixeira, 4000 PORTO

1. Introdução

Como é sabido, a invenção do *laser* veio despoletar um enorme interesse pela sua aplicação às telecomunicações. A enorme largura de banda disponível, pela utilização de frequências portadoras da ordem de 10^{14} Hz, colocou o *laser* no foco das atenções dos especialistas desta área. Mas cedo se compreendeu que a propagação atmosférica de feixes *laser* não era, em geral, um processo conveniente, devido a múltiplos problemas (como atenuação, possibilidade de obstrução, etc.).

Culminando um processo relativamente rápido, as fibras ópticas surgiram como uma solução eficaz para resolver este problema [1].

A associação de emissores ópticos (em particular *lasers*) e fotodetectores de materiais semicondutores às fibras ópticas permitiu uma rápida evolução destes sistemas de telecomunicação [2].

A utilização de *lasers* e fibras ópticas em telecomunicações é hoje uma realidade em número crescente de países. Ultrapassada a fase de desenvolvimento laboratorial, estão hoje em funcionamento numerosas ligações por fibra óptica nas mais diversas situações (distância, capacidade de transmissão, implantação, etc.).

Um outro domínio de aplicação dos *lasers* e fibras ópticas tem vindo a despertar grande interesse nos anos mais recentes: o dos sensores e instrumentação empregando fibras ópticas [3].

Numa descrição razoavelmente geral destes sistemas, as fibras ópticas são utilizadas simultaneamente como *transdutores* (para medição de variadas grandezas físicas: pressão, velocidade de rotação, deslocamento mecânico, temperatura, intensidade de corrente eléctrica, etc.) e como *meio de transmissão* do sinal detectado até ao sistema de aquisição e processamento.

Para lá de possíveis ou demonstradas vantagens específicas sobre outros tipos de transdutores e sistemas, a utilização de fibras ópticas conduz, em geral, a dispositivos compactos, seguros em ambientes hostis ou perigosos (risco de explosão, descarga eléctrica, etc.) e imunes a interferência electromagnética. Além disso, o uso natural da fibra óptica para a transmissão dos sinais (fazendo interface com o sensor de fibra) apresenta também vantagens óbvias em muitas circunstâncias.

Os sensores referidos podem ser classificados de acordo com a grandeza física cuja medição efectuam. Uma outra possibilidade de classificação será através do seu modo de funcionamento; assim, a maioria dos sensores de fibra óptica é classificável segundo o tipo de modulação do sinal óptico (amplitude/intensidade, fase; em certos casos, frequência, comprimento de onda ou polarização).

2. Sensores de modulação de intensidade

Neste tipo de sensores, a intensidade luminosa transmitida pela fibra óptica é variada por um mecanismo apropriado; a Fig. 1 indica alguns tipos gerais [3-6].

Na Fig. 1.a), a introdução de microcurvaturas na fibra provoca radiação para o exterior da fibra de uma fracção da potência luminosa guiada; na Fig. 1.b), a variação da posição do reflector provoca uma variação da potência luminosa captada pela fibra receptora; na Fig. 1.c), o movimento relativo das máscaras faz variar a potência na fibra receptora.

Estes sensores empregam, em geral, fibras multimodo e fontes não coerentes (LEDs, por exemplo). São económicos e simples, mas sujeitos a erros devidos a flutuações de intensidade causadas pelo emissor óptico ou por

perturbações ao longo das fibras. A utilização de um caminho de referência melhora substancialmente o resultado [6].

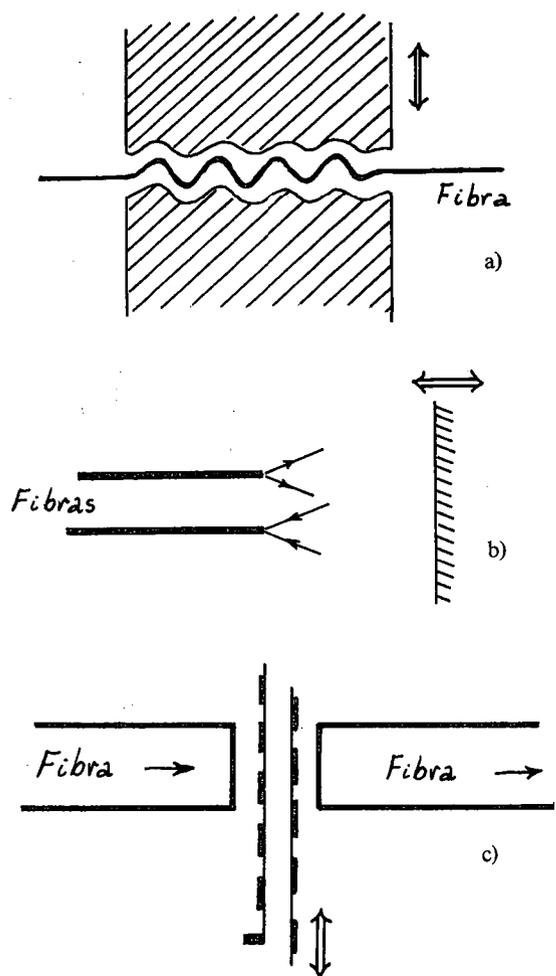


Fig. 1 — Esquemas básicos utilizados em sensores de modulação de intensidade.

- a) modulação por microcurvatura da fibra óptica;
 b) modulação por reflexão num espelho móvel;
 c) modulação por transmissão através de uma máscara móvel.

3. Sensores de modulação de fase

Nestes sensores, a grandeza física que se pretende medir actua sobre a fibra óptica modulando a fase da radiação por ela transmitida. Numa configuração típica, Fig. 2, a radiação de uma fonte coerente excita simultaneamente a fibra sensora e uma fibra de

referência; os dois sinais são recombinados e detectados numa configuração que não é mais que um interferómetro de fibras ópticas [3-6].

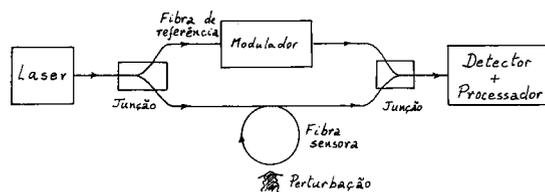


Fig. 2 — Esquema genérico de um sensor de modulação de fase (interferómetro de Mach-Zehnder).

Estes sensores, pela sua natureza, empregam *lasers* (de preferência semicondutores) e fibras ópticas monomodo (por vezes do tipo que mantém a polarização da luz transmitida [7]). É obviamente necessária uma fonte óptica coerente para a obtenção de interferência, daí o uso de *lasers*. Numa fibra multimodo, a profundidade de modulação de fase varia de modo para modo e, além disso, as fases relativas desses modos guiados são aleatórias; daí a necessidade de utilização de fibra monomodo (em que o modo guiado tem uma propagação axial do tipo onda plana, mas com um perfil de amplitude aproximadamente gaussiano).

A modulação de fase pode ser directa ou indirecta; neste caso, a grandeza física em causa afecta um elemento conversor, que por sua vez actua directamente sobre a fibra.

Vejamos quais os mecanismos que produzem a modulação de fase da radiação guiada [3]. O atraso de fase total da onda guiada num determinado percurso de fibra óptica monomodo depende essencialmente de três parâmetros da fibra: comprimento, índice de refração e diâmetro. Cada um deles pode ser actuado do exterior. Por exemplo:

- comprimento: tensão longitudinal, expansão térmica;
- índice de refração: temperatura, pressão, tensão longitudinal;
- diâmetro: pressão radial, expansão térmica.

O interferómetro de Mach-Zehnder [8] pode ser utilizado para a construção de hidrofones extremamente sensíveis, acelerómetros e magnetómetros (usando materiais magnetoestrictivos depositados na fibra, por exemplo).

Um outro tipo de interferómetro de fibras ópticas é utilizado num sensor de rotação (giroscópio): o interferómetro de Sagnac [8], Fig. 3.

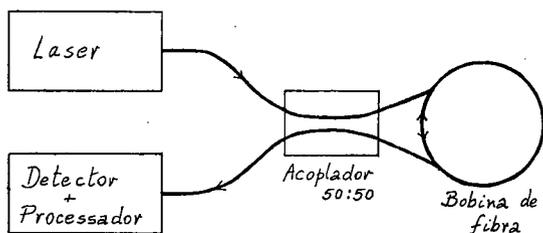


Fig. 3 — Esquema básico do giroscópio de fibra óptica (interferómetro de Sagnac).

O seu princípio de funcionamento assenta no facto de, estando a bobina de fibra óptica a rodar com uma certa velocidade angular, a radiação injectada simultaneamente nos dois extremos da fibra e percorrendo a bobina em sentidos opostos, emergir em instantes de tempo diferentes; a diferença de fase obtida é proporcional ao comprimento da fibra, ao diâmetro da bobina e à velocidade angular. Este sistema atinge ou excede a qualidade de funcionamento dos melhores giroscópios mecânicos, com evidentes vantagens.

4. Outros tipos de sensores de fibra óptica

Seria fastidioso descrever pormenorizadamente a grande multiplicidade de sensores de fibra óptica que utiliza outros tipos de codificação da informação. Valerá a pena, contudo, chamar a atenção para alguns exemplos importantes.

As fibras ópticas podem ser utilizadas em anemometria *laser* Doppler, nomeadamente em aplicações na área médica [3].

Vários tipos de termómetros utilizando fibras ópticas têm vindo a ser demonstra-

dos [3, 6, 9], tirando partido, por exemplo, da dependência na temperatura da fotoluminescência de semicondutores.

O efeito de rotação de Faraday (rotação do plano de polarização devida a um campo magnético) pode ser utilizado num sensor de intensidade de corrente eléctrica, aplicável com vantagem em linhas de alta tensão. A Fig. 4 mostra um esquema do dispositivo. Radiação polarizada de um *laser* é lançada numa fibra óptica monomodo com baixa birrefringência [7]. O campo magnético criado pela

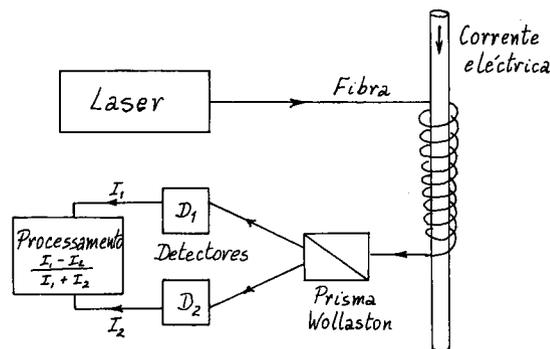


Fig. 4 — Sensor de intensidade de corrente eléctrica utilizando o efeito de rotação de Faraday.

corrente eléctrica provoca uma rotação do plano de polarização da luz guiada pela fibra, que pode ser analisada à saída da fibra [3].

5. Conclusão

As fibras ópticas permitem construir sensores e sistemas de sensores de numerosas grandezas físicas. Estes sensores apresentam frequentemente vantagens importantes sobre as respectivas alternativas clássicas. Nomeadamente, sensores utilizando fibras monomodo e *lasers* permitem atingir sensibilidades muito elevadas. Alguns dispositivos passaram já da fase de investigação para a de produção. Espera-se que, num futuro próximo, muitos outros sistemas venham a surgir. A associação de *lasers* (particularmente lasers semiconduto-

res) a fibras ópticas monomodo e circuitos ópticos integrados conduzirá a sistemas muito interessantes.

REFERÊNCIAS

- [1] KAO, C. K., HOCKHAM, G. A. — «Dielectric fibre surface waveguides for optical frequencies», Proc. IEE, **113**, 1151 (1966).
- [2] KEISER, G. — «Optical fiber communications», McGraw-Hill (1983). Ver ainda de BARROS, M. A. R. P. — «Lasers em comunicação», neste número da Gazeta de Física.
- [3] CULSHAW, B. — «Optical fiber sensing and signal processing», Peter Peregrinus Ltd., 1984.
- [4] GIALLORENZI, T. G., et. al. — «Optical fiber sensor technology», IEEE MTT-30, p. 472, 1982.
- [5] SIGEL, Jr. G. H. — «Fiber-optic sensors» OFC'85, (1985).
- [6] ULRICH, R. — «Fiber-optic sensors», Journées d'électronique, Lausanne, 1982.
- [7] JEUNHOMME, L. B. — «Single-mode fiber optics», Marcel Dekker Inc (1983).
- [8] HECHT, E., ZAJAC, A. — «Optics», Addison Wesley (1973).
- [9] JACKSON, D. A. — «Optical fibre sensors», OFS'85, San Diego (1985).



Adere à

SOCIEDADE EUROPEIA DE FÍSICA

fundada em 1968

Divisões:

Astronomia e Astrofísica
Física Atômica e Molecular
Física Matéria Condensada
Física Altas Energias e Partículas
Física Nuclear
Óptica
Física Plasmas
Electrónica Quântica

Quota anual 44 Fr. suíços



precioptic

OPTOMECÂNICA DE PRECISÃO, SARL

Rua do Carrçal, 38 — Senhora da Hora
4450 MATOSINHOS — PORTUGAL
Telef.: (02) 952504 • Telex 25445 INDU P

PLANOS DE GRANITO DE ALTA PRECISÃO

- AFERIÇÃO E RECTIFICAÇÃO DE PLANOS NO DOMICÍLIO
- INTERFERÓMETROS DE DESLOCAMENTO