

Comunicações Laser

MANUEL A. R. P. DE BARROS

Centro de Física da Universidade do Porto e INESC

A utilização da luz para transmissão de informação é muito mais antiga que a da electricidade. No fim do séc. VI A.C. Ésquilo menciona que a notícia da queda de Tróia foi transmitida para Argos por sinais de fogo enviados ao longo de uma extensa cadeia de estações intermédias.

No séc. II A.C. Políbio descreve um sistema pelo qual todo o alfabeto grego podia ser transmitido por sinais de fogo usando um código de dois dígitos e cinco níveis. Tanto quanto se sabe este foi o primeiro «link» de comunicação que permitia a transmissão de mensagens não combinadas previamente.

No fim do séc. XVIII Claude Chappe por intermédio do seu telégrafo óptico transmitia mensagens de Paris para Estrasburgo (423 km) em 6 minutos. Este telégrafo utilizava elementos móveis observados por telescópios nas estações intermédias. Se nos lembrarmos que para melhorar um sistema de transmissão de informação se procura aumentar a taxa de transmissão, aumentar a distância entre estações intermédias e melhorar a fidelidade da transmissão, não é de estranhar que, naquela época, as transmissões ópticas não tenham ido mais longe que os exemplos indicados.

É curioso, no entanto, notar que, embora sem interesse prático na época, as comunicações ópticas continuaram a desenvolver-se. Em 1880 Alexander Graham Bell apresentava o seu fofone: um feixe de luz solar era focado sobre um espelho fino (espelho diafragma), o qual se movia sob a acção de ondas sonoras. A quantidade de luz transmitida pelo espelho a um detector de selénio (colocado no foco de um espelho parabólico, e inserido num circuito com uma bateria e um telefone) era pois variável e a correspondente variação da resistência deste permitia reconstituir as ondas sonoras iniciais. Com este dispositivo Bell conseguiu transmitir sinais de voz a 700 pés de distância. Além de outros processos de

modular um feixe de luz, Bell tinha já proposto moduladores usando o efeito de Kerr e o efeito de Faraday.

Mas foi o aparecimento do laser em 1960 (Maiman, laser de rubi; Javan, laser de He-Ne em 1961; laser de semiconductor em 1962) que veio alterar por completo o panorama das telecomunicações, iniciando assim verdadeiramente a era das comunicações ópticas.

Cedo se reconheceu porém que o uso do laser em sistemas de propagação livre não era muito prático devido à possibilidade de intrusão de obstáculos no percurso do feixe.

Havia portanto necessidade de guiar o feixe o que, após algumas propostas e mesmo tentativas, mal sucedidas, se faz habitualmente usando fibras ópticas. Antes de ver alguma coisa sobre os lasers usados em comunicações falemos um pouco sobre fibras ópticas.

Era conhecido desde 1910, com os trabalhos de Hondros e Debye, que uma onda electromagnética pode ser guiada por uma vara cilíndrica de um material dieléctrico. No entanto os primeiros trabalhos no sentido de usar fibras ópticas para transmitir informação foram desencorajadores: perdas da ordem de 1000 dB/km foram medidas nas melhores fibras disponíveis (a potência à chegada é 0.(99 zeros)¹ de potência à entrada (*).

O grande salto qualitativo deu-se em 1966 quando Kao e Hockham avançaram a hipótese de que as elevadas perdas das fibras ópticas eram devidas a impurezas no vidro e que portanto um melhor controle de qualidade da matéria-prima usada no fabrico reduziria essas perdas para valores aceitáveis. 20dB/km era, nessa altura, o «número mágico» para aquém do qual comunicações por fibra óptica não faziam economicamente sentido. Ao mesmo

(*) Usando, por exemplo, vidro de janela a distância de transmissão máxima seria da ordem de 30 cm.

tempo Kao e Hockham propuseram que as fibras a utilizar tivessem uma estrutura composta: um núcleo central revestido por uma bainha de menor índice de refração.

Quatro anos mais tarde, a Corning Glass Works anunciou ter atingido os 20dB/km. A partir de então o progresso tem sido espectacular:

	Perdas
— Em 1972 4dB/km, também na Corning Glass Works	[\approx 60 %]
— Em 1976 0.47dB/km; 1.3 μ m (Horuguchi e Osanai, Japão)	[\approx 8.8 %]
— Em 1979 0.2dB/km; 1.55 μ m (Mivashita et al., Japão)	[\approx 4.5 %]

Presentemente estão em curso trabalhos de investigação sobre materiais novos para fabricar fibras em relação aos quais as previsões teóricas apontam para atenuações de 0.01dB/km (perdas 0.2 %) na região dos 3 a 5 μ m de comprimento de onda.

Hoje o uso de fibras ópticas em comunicações é muito frequente; isso deve-se entre outras razões às seguintes qualidades das fibras:

- *Baixas perdas* numa gama apreciável de comprimentos de onda; menor que 1dB/km como já vimos;
- *Elevada largura de banda* (1 e 100GHz em 1 km, respectivamente para fibra multimodo e monomodo);
- *Flexibilidade*, donde possibilidade de atingir pequenos raios de curvatura;
- *Pequenas dimensões*: diâmetro exterior de de uma fibra com bainha \approx 1 a 2 mm;
- *Baixo peso* — enorme vantagem, conjuntamente com a anterior no caso, por exemplo, dos aviões;
- *Incombustíveis*, e dum modo geral altamente resistentes a ataques químicos e a variações de temperatura;
- *Isoladoras*, e como tal imunes a problemas de terras e a curto-circuitos;
- *Imunes a interferência electromagnética*. Cita-se como caso particular a imunidade ao impulso electromagnético (EMP) que acompanha as explosões nucleares, o que torna as fibras particularmente interessantes do ponto de vista militar;

- *Ausência de fugas*, portanto elevada segurança das comunicações;
- *Material não estratégico*, ao contrário do cobre, e relativamente abundante;
- *Possibilidade de crescimento*. Ao contrário do que acontece com os cabos eléctricos as perdas não variam com a taxa de transmissão. Isto significa que em qualquer altura se pode resolver alterar o equipamento terminal sem preocupações quanto à atenuação da linha de transmissão.

As formas que mais frequentemente a fibra óptica costuma apresentar estão representadas na Fig. 1:

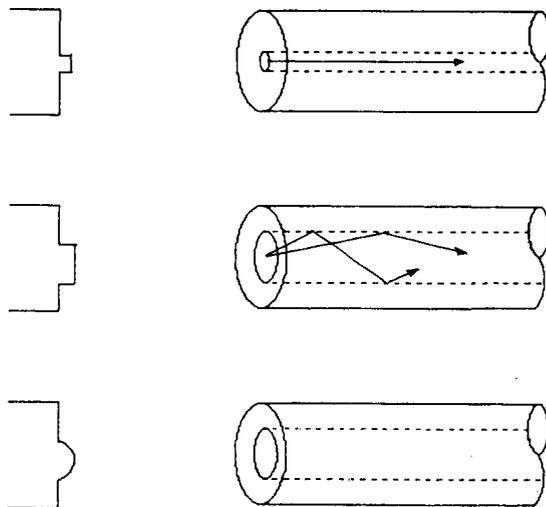


Fig. 1

A bainha tem três funções muito importantes:

- protecção mecânica da superfície do núcleo; evita «riscos» que seriam fontes de perdas por «scattering»;
- aumenta a resistência mecânica do conjunto;
- impede o núcleo de entrar em contacto com substâncias contaminantes, as quais poderiam ser absorvidas.

Um revestimento exterior, usualmente de plástico, aumenta a resistência mecânica da fibra e isola-a de asperezas do «terreno» onde está colocada, e portanto de perdas.

A atenuação de uma fibra óptica depende do comprimento de onda conforme mostra a Fig. 2: evolução no tempo dos valores da atenuação e da forma da própria curva.

A escolha de um laser para usar em comunicações por fibra óptica está condicionada por diversos factores. Por um lado as reduzidas dimensões da fibra apontam para o uso de lasers de semiconductor; por outro a existência

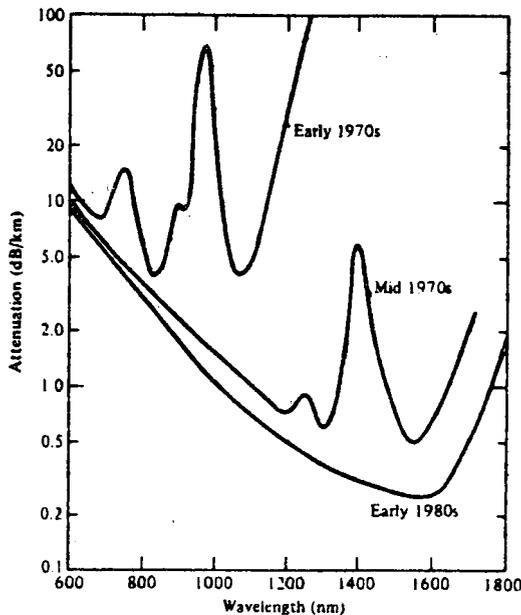


Fig. 2 — (Keiser 1983)

de mínimos na curva da atenuação aconselhava a procura de substâncias com emissão nos comprimentos de onda correspondentes. Inicialmente, começo dos anos 70, foi exclusivamente usada a região dos 800 a 900 nm, a chamada primeira janela. Com o melhorar da tecnologia correspondente (redução da concentração dos iões hiroxilo e dos iões de impurezas metálicas no material de que é feita a fibra) conseguiu-se fabricar fibras com baixa atenuação na região dos 1100 aos 1600 nm. O comprimento de onda de 1300 nm foi preferido para fibras de sílica por ser aquele para o qual a dispersão é mínima.

Além do laser pode ser utilizado um díodo emisor de luz, LED. Ao contrário do laser a luz emitida por esta, não é coerente.

Para que o nível de emissão óptica seja satisfatório é necessário que o material tenha uma separação de bandas do tipo directo (direct band gap); neste caso electrões e vazios podem recombinar-se directamente sem neces-

sidade de recorrer a uma terceira partícula para conservar a quantidade de movimento.

Embora nenhum dos elementos semicondutores habituais seja deste tipo, muitos compostos binários são. Destes os mais importantes são os chamados do tipo III-V, isto é, materiais formados por um elemento do grupo III (e.g. Al, Ga, In) e por um elemento do grupo V (e.g. P, As, Sb). Muitas combinações ternárias e quaternárias destes compostos binários são também materiais com separação de bandas do tipo directo e portanto utilizáveis como fontes luminosas para este efeito.

Para operação na zona dos 800 a 900 nm o material mais utilizado é a liga ternária $Ga_{1-x}Al_xAs$. A razão, x , de arsenieto de alumínio para arsenieto de gálio determina a separação das bandas e portanto o comprimento de onda da radiação emitida.

Para comprimentos de onda maiores, a liga quaternária $In_{1-x}Ga_xAs_yP_{1-y}$ é muito utilizada. Variando x e y na região activa varia-se o valor do comprimento de onda da radiação emitida. LEDs emitindo uma potência máxima de 1.0 e 1.7 μm podem ser construídos por este processo. Quando não é necessário conhecer os valores de x e y , usa-se a notação simplificada $GaAlAs$ e $GaAlAsP$.

BIBLIOGRAFIA

- M. J. HOWES, D. Y. MORGAN, editors — «Optical Fibre Communications. Devices, Circuits and Systems». John Wiley and Sons, (1980) [R. Russer, chapter 1: «Introduction to Optical Communications»].
- Y. SUEMATSU, K.-I. IGA — «Introduction to Optical Fiber Communications». John Wiley, 1982.
- G. KEISER — «Optical Fiber Communications». McGraw-Hill Book Company, New York, 1983.
- A. H. CHERIN — «An Introduction to Optical Fibers». McGraw-Hill International Book Company, 1983.
- C. K. KAO — «Optical Fiber Systems: Technology, Design and Applications». McGraw-Hill Book Company, New York, 1982.
- C. P. SANDBANK, editor — «Optical Fibre Communication Systems». John Wiley and Sons, (1980).
- J. E. MIDWINTER — «Optical Fibers for Transmission». John Wiley and Sons, New York, 1979.
- M. A. R. P. DE BARROS — «O Uso do Laser em Telecomunicações—Moduladores Electroópticos». *Gazeta de Física*, V, 220-229 (1972).