

Por que fibras multimodo otimizadas para laser?

Merrion Edwards e
Jean-Marie Fromenteau

O desenvolvimento de redes industriais modernas e redes locais (LANs) gerou a exigência de melhores mecanismos para transmissão de elevadas taxas de dados. Para conseguir atender a essa demanda, os emissores LED foram substituídos por laser. O autor detalha neste artigo as diferenças entre fibras multimodo convencionais e aquelas otimizadas para diodos laser, como por exemplo o processo de fabricação e o desempenho.

Quando a luz é inserida numa fibra multimodo, ela tem à disposição vários caminhos ao longo do núcleo da fibra. Cada um desses caminhos é denominado modo e, conseqüentemente, a fibra leva o nome “fibra multimodo”. A luz emitida por um LED (diodo emissor de luz) diferencia-se do feixe de luz bem estreito de um laser pelo seu grande ângulo de abertura (figura 1). Quando introduzido numa fibra multimodo, o feixe fortemente divergente do LED preenche totalmente o núcleo da fibra, excitando assim muitos modos. Sob condições semelhantes, um laser excita apenas alguns poucos modos numa fibra multimodo, em princípio apenas aqueles que atravessam a área central do núcleo da fibra.

Fibras multimodo otimizadas para laser

O eixo central de uma fibra óptica, que possui um índice de refração acima (densidade maior) ao da casca (densidade

menor), representa o caminho óptico no qual a luz pode viajar por reflexão interna total. Nas fibras multimodo, o índice de refração se reduz lentamente com a distância crescente ao centro da fibra, para gerar um gradiente do perfil de índice (figura 2). Os feixes de luz acoplados aos modos que percorrem caminhos menores viajam por regiões com índice de refração maior. Assim, o gradiente do perfil de índice cuida para que toda a luz chegue simultaneamente na extremidade do sistema de fibra, independentemente do caminho de transmissão de modo utilizado, pois feixes com percursos menores

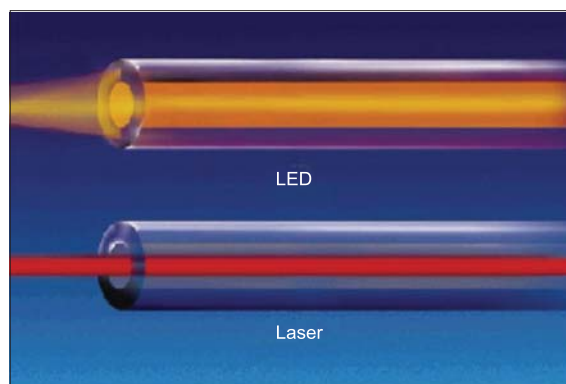


Fig. 1 – A luz fortemente divergente de um LED excita muitos modos em uma fibra multimodo, o que faz com que a intensidade da luz seja distribuída sobre uma área larga do núcleo da fibra. Um laser produz feixe de luz bem mais concentrado, que está coeso na região central do núcleo da fibra e lá excita poucos modos

viajam a velocidades menores. Desvios no tempo de chegada dos feixes acoplados a diferentes modos são designados pelos especialistas como dispersão modal. A capacidade de desempenho de uma fibra multimodo é avaliada com base na largura de banda (ou na maior taxa de dados) e alcance, indicada na unidade MHz.km. A largura de banda é inversamente proporcional à dispersão modal.

Quando um feixe laser é introduzido numa fibra multimodo, a luz distribui-se por uma área muito estreita, normalmente a parte central do núcleo. O desempenho da fibra como meio de transmissão do laser depende bastante da uniformidade do gradiente do perfil de índice de refração do seu núcleo. O perfil do índice de refração do núcleo de uma fibra multimodo convencional apresenta uma queda no eixo central, como pode ser visto na figura 2. É evidente que tal anomalia no meio do perfil do índice de refração tem efeito intensificado sobre o raio mais estreito e concentrado de um laser do

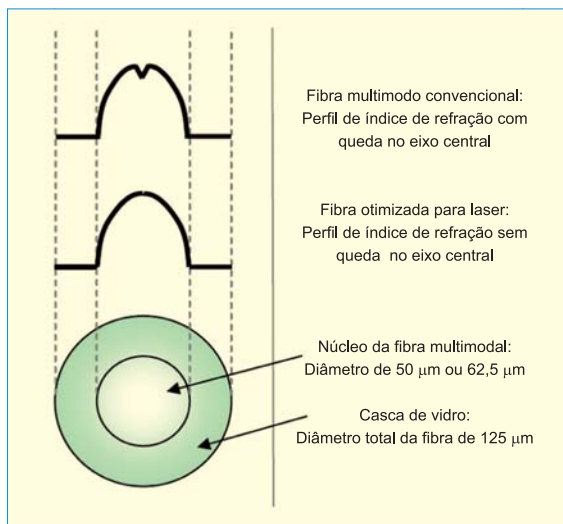


Fig. 2 – Fibras multimodo têm um gradiente do perfil de índice de refração. Uma fibra multimodo convencional apresenta uma queda no perfil do índice de refração no eixo central, o que leva a distorções do sinal em sistemas de transmissão por laser. O perfil de índice de uma fibra otimizada para laser deve ser suave e não pode apresentar queda no eixo central

que sobre a luz fortemente divergente de um LED. Para suportar sistemas de transmissão modernos com elevadas taxas de dados, devem ser aplicados laser em vez de LEDs. Porém, anomalias do índice de refração ao longo do eixo central se manifestam nos sinais laser sob forma de distorções do sinal transmitido, bem como por taxas de

erro de bit elevadas. Com isso, fica estabelecido um limite superior para a taxa de dados, motivo pelo qual, paradoxalmente, a combinação entre um transceptor baseado em laser e uma fibra multimodo convencional é inadequada para sistemas de transmissão com uma taxa de dados de 10 Gbit/s.

Para eliminar esse problema, é necessário otimizar o perfil do índice de refração no centro da fibra multimodo para transmissões laser. É verdade que isso ainda é relativamente complexo, mas mesmo assim vale eliminar todas as anomalias do perfil do índice de refração. Em 1998, a Corning foi o primeiro fabricante de fibras ópticas a introduzir uma nova geração de fibras multimodo otimizadas para a transmissão de laser. O perfil de índice de refração ideal de uma fibra multimodo otimizada para laser está representado na figura 2. Pode-se ver que todas as anomalias ao longo do eixo central foram eliminadas, excluindo limitações sistêmicas devidas às distorções do sinal em consequência de quedas no eixo central.

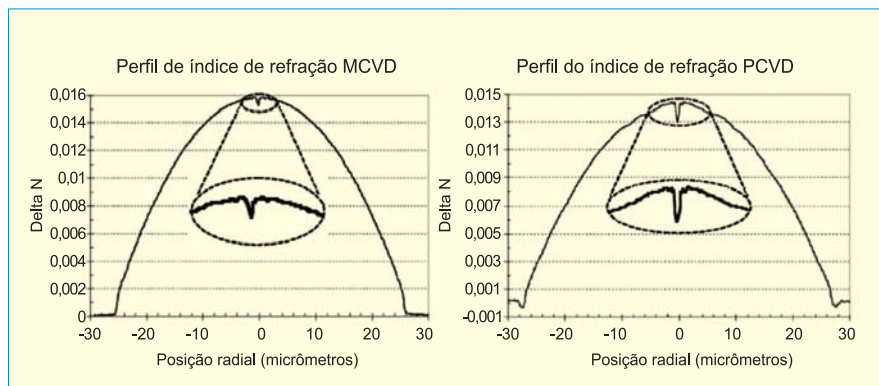


Fig. 3a – Perfis de índices de refração de fibras multimodo otimizadas para laser, fabricadas pelo processo MCVD ou PCVD. A queda do índice de refração no eixo central pode ser visualizada

Otimização para laser e processos de fabricação

Estudos realizados concluíram que o processo para fabricação de fibras multimodo leva a diferentes qualidades quanto à homogeneidade do perfil do índice de refração. Em testes amostrais de algumas fibras otimizadas para laser dos principais fornecedores, as quais foram fabricadas com o processo MCVD – Modified Chemical Vapour Deposition e com o processo PCVD – Plasma Chemical Vapour Deposition e indicadas para 10 Gbit/s com comprimentos de trecho de 150, 300 e 500 metros, revelou-se que aproximadamente 50% das fibras testadas tinham uma queda do índice de refração no eixo central (figura 3). Ao contrário, conforme consideraram especialistas, com o processo de fabricação de fibras OVD – Outside Vapour Deposition pode-se atingir uma homogeneidade ótima do perfil de índice de refração, de modo que fibras multimodo fabricadas pelo processo OVD praticamente não apresentam queda no eixo central (figura 3b).

Um outro problema importante, que surge somente nos processos MCVD e PCVD, é de garantir uma largura de banda uniforme ao longo de toda a fibra. Esse problema pode se manifestar de modo que determinados trechos da fibra apresentem uma largura de banda diferente do levantado para o comprimento total da fibra. Tendo em vista o forte grau de oscilação na otimização para laser

de fibras multimodo, é muito importante submeter todas as fibras multimodo previstas para a aplicação em sistemas de transmissão de laser de alto valor a severos processos de teste e classificação.

Classificação do desempenho de LED e laser

A elevada taxa de dados de uma determinada fibra, medida em termos de largura de banda e alcance, é definida pelo atraso relativo do tempo de percurso entre os modos excitados e pela distribuição de energia entre os modos. Por essa razão, o desempenho de fibras multimodo convencionais (para a aplicação de LEDs) deve ser classificado com base na medição de largura de banda OFL - Overfilled Launch (excitação completa de todos os modos), na qual são imitadas as condições da introdução de um LED. As condições de introdução de um laser são completamente diferentes. Por isso, para a nova geração de fibras multimodo são necessários processos de classificação de desempenho que consideram as condições especiais de introdução de um laser.

Existem diferentes métodos de classificação: DMD, RML e minEMBc. A largura de banda RML (Restricted Mode Launch – largura de banda com excitação de modos seletiva) foi o primeiro número característico homologado conforme norma TIA/455-204 para fibras otimizadas para laser. Ele se adequa para larguras

de banda até 1 Gbit/s. Para sistemas de transmissão com taxas de dados mais elevadas, de até 10 Gbit/s, é necessário o método mais novo e mais preciso para levantamento do desempenho de transmissão de fibras multimodo com elevada largura de banda, que é a largura de banda minEMBc (minimum calculated Effective Modal Bandwidth – largura de banda modal efetiva mínima calculada). A minEMBc é suportada pelas normas TIA/EIA 455-220 e IEC 60793-1-49 e é a única medição de referência para elevadas larguras de banda com base em DMD - Differential Mode Delay e inerentemente escalável para diferentes taxas de bits e comprimentos. Em comparação, outras medições abrangem apenas uma avaliação aprovado/não aprovado de 10 Gbit/s para 300 metros.

Em uma fibra multimodo otimizada para laser 10 Gbit/s, que não está classificada de acordo com os mais novos e mais precisos métodos de medição de largura de banda, não se pode dar uma garantia de desempenho completa. Especialmente em fibras multimodo

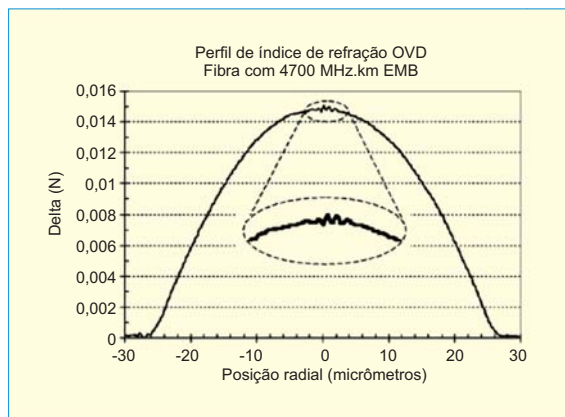


Fig. 3b – Perfil de índice de refração de uma fibra multimodo utilizando o processo OVD. Não se vê mais uma queda do número de refração no eixo central

fabricadas pelos processos MCVD ou PCVD, os dados indicados pelo fabricante podem estar sujeitos a determinadas oscilações, por causa da largura de banda longitudinal irregular ou da queda do índice de refração não completamente eliminada no eixo central.

Sumário

As atuais redes de acesso e LANs modernas devem possibilitar a transmissão de taxas de dados de no mínimo 1 Gbit/s para poderem

suportar os protocolos GbE, 10 GbE e Fibre Channel. Como consequência, em tais redes os LEDs, cuja taxa de dados está limitada em 622 Mbit/s, estão sendo substituídos por laser, especialmente VCSELs com 850 nm, como fonte de luz. Além disso, as fibras multimodo otimizadas para laser substituíram fibras multimodo convencionais, para sistemas de transmissão a laser de baixo custo e elevada capacidade. Porém, existem diferenças entre as fibras otimizadas para laser

conforme o processo de fabricação. Fibras que tenham sido fabricadas pelo processo OVD não apresentam quedas no índice de refração no eixo central e dispõem de uma boa uniformidade axial. Nas fibras que tenham sido fabricadas pelos processos MCVD ou PCVD isso não vale sem reservas. Para poder dar uma garantia de desempenho para uma grande variedade de VCSELs padronizados, o desempenho de fibra otimizada para transmissões 10 Gbit/s deve ser caracterizado através do número característico minEMBc.

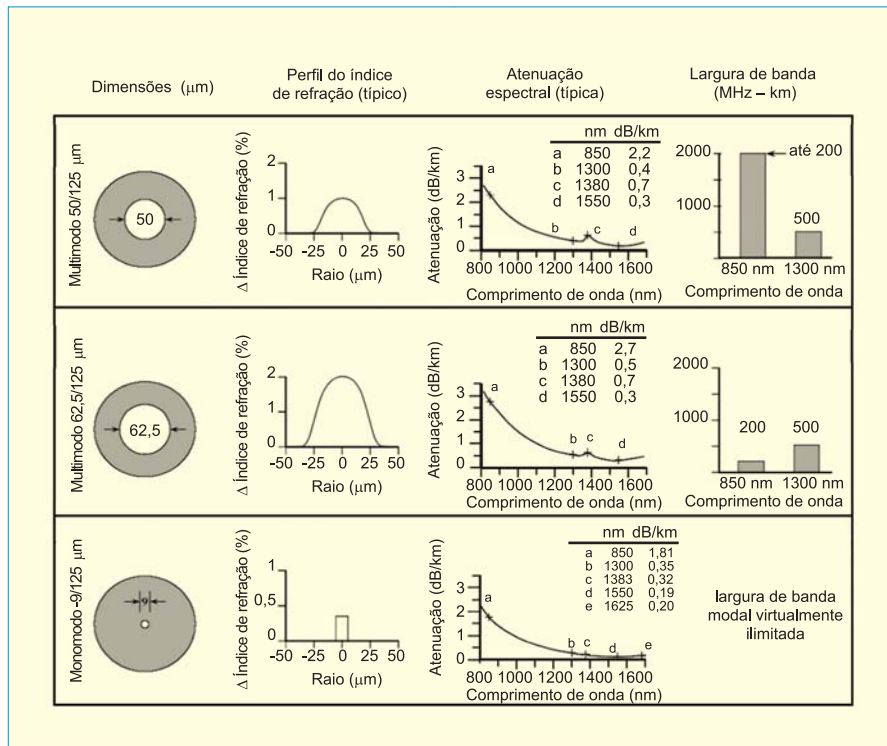


Fig. 4 – Características fundamentais de fibras ópticas: a largura de banda modal não está limitada no monomodo

A Corning fabrica as fibras multimodo pelo processo OVD e utiliza número característico minEMBc para a classificação de seus produtos 10 Gbit/s.

Testes amostrais são insuficientes

Por isso, o fornecedor de fibras ópticas mede a largura de banda de cada metro de todos os rolos de fibras e desta forma, de acordo com informações próprias, não confia apenas em testes amostrais. Isso deve garantir que todas as fibras atendam 100% às especificações. O controle de qualidade tem um valor especialmente elevado neste ambiente.

Artigo publicado originalmente na revista Lanline. Direitos cedidos por Konradin IT - Verlag, Alemanha.