

Fibras ópticas poliméricas

Olaf Ziemann, do Centro de Aplicação de Fibra Óptica Polimérica de Nuremberg (Alemanha), e Whitney R. White, do Chromis Fiberoptics (EUA)

Já é possível encontrar instalações Ethernet feitas com fibra óptica de plástico, mas o potencial da tecnologia é ainda maior, principalmente em redes residenciais e em soluções de interconexão. Este artigo mostra o que está disponível no mercado e suas aplicações e vantagens em relação às fibras de vidro e cabos de cobre.

Sistemas Fast Ethernet feitos com fibra óptica (POF) estão em via da produção em massa. Conjuntos completos para instalação são encontrados no mercado e isso é só o começo do que essa tecnologia pode oferecer. Taxas de dados de 10 Gbits/s podem ser obtidas com as fibras (versões de 30 Gbit/s já foram demonstradas). Redes de automóvel são os maiores usuários da POF atualmente. Há diferentes aplicações para esse tipo de fibra, em geral divididas pela faixa típica de taxas de bit. Em cada aplicação, os requisitos para componentes ativos e fibras são diferentes [1] e [2].

Até 10 Mbit/s

Uma das primeiras aplicações comerciais da POF foi na automação. As taxas dos sistemas de barramento de campo situavam-se entre 500 kbit/s e 12 Mbit/s. Todos esses sistemas usavam LED de 660 nm e fotodiodo de silício sem quaisquer requisitos especiais. A largura de

banda da POF padrão ($\varnothing$: 1 mm, abertura numérica: 0,50) é mais do que suficiente para essa taxa de bits.

A primeira e segunda gerações de redes de automóvel (D2B, Byteflight e MOST) operam na mesma faixa (5,6, 10 e 25 Mbit/s) e os requisitos de LED, fotodiodo e POF são mais ou menos os mesmos. Muitos componentes e conectores de baixo custo têm sido desenvolvidos para essas aplicações (exemplos na figura 1).

100 Mbit/s

No mundo das aplicações POF, vemos agora uma mudança para aplicações de 100 Mbit/s. A Fast Ethernet e o IEEE1394b são os padrões dominantes para redes residenciais e LANs. Muitas aplicações em automação estão



Fig. 1 - Componentes POF para automação e redes de automóvel



Fig. 2 - Conversor POF Fast Ethernet

trabalhando também com Ethernet. Para uma distância de transmissão de 100 m, é preciso uma largura de banda de cerca de 70 MHz. Isso é um pouco mais do que o oferecido pela POF padrão. Existem algumas soluções possíveis para Fast Ethernet com POF padrão de 100 m:

- lançamento de pequena abertura numérica, por exemplo com LED de cavidade ressonante;
- filtro passa-alta no receptor; e
- uso da POF de índice degrau duplo.

LED e fotodiodo especialmente desenvolvidos serão usados nesses sistemas. Vários produtos comerciais já estão disponíveis. Um exemplo é o conversor de mídia Fast Ethernet bidirecional DieMount, mostrado na figura 2.

1 Gbit/s

A próxima geração de sistemas POF trabalhará na faixa dos Gbit/s. Possíveis aplicações são a transmissão de dados de vídeo não-comprimidos em automóveis, backbones de rede em edifícios e redes privadas de computador. Existem soluções completamente diferentes para essa velocidade em POF:

- a POF padrão pode ser usada para 1 Gbit/s em cerca de 25 m, com codificação NRZ – não-retorno a zero simples;

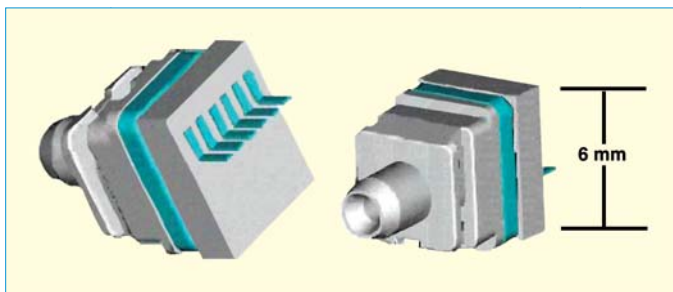


Fig. 3 - Componentes para 10 Gbit/s para GI-POF [6]

- a transmissão de 1 Gbit/s na POF padrão de 100 m com modulação multiportadora foi demonstrada pela Siemens no ano passado [3]; e
- o uso de fibra óptica de índice



Fig. 4 - PF-GI-POF de 120 e 50 µm (Chromis Fiberoptics)

gradual perfluorado (PF-GI-POF) permite a transmissão de Gigabit Ethernet em distâncias de até 1 km [4].

Acreditou-se por muito tempo que o uso de fibras de pequeno diâmetro ($\leq 200 \mu\text{m}$) fosse inevitável para Gbit/s, devido à capacidade do fotodiodo. Mas agora, diversos sistemas têm aparecido com taxas de até 2,5 Gbit/s usando fibras de 1 mm.

Hoje em dia, diodos laser serão usados para comunicação Gbit/s em todos os casos. A 650 nm, somente lasers com emissão na borda estão disponíveis (o VCSEL vermelho possui uma faixa limitada de temperatura). O uso de PF-GI-POF oferece a vantagem de aplicação

do baixo custo e de VCSEL de 850 nm confiável.

Um desenvolvimento possível para o futuro é o uso de LED rápido azul ou verde para comunicação de dados Gbit/s de curto alcance (25 m) sobre POF.

10 Gbit/s

A transmissão de 10 Gbit/s é o domínio da PF-GI-POF. As vantagens dessa fibra, comparada com as fibras de vidro convencionais, são o maior diâmetro da fibra, a resistência do cabo e a instalação muito simples do conector. Com a codificação NRZ, é possível a transmissão de 100 m, conforme demonstrado, por exemplo, em [5-8].

Técnicas de detecção melhoradas proporcionam distâncias acima de 200 m [9]. Alguns componentes simples (VCSEL de 850 nm e detector de fotodiodo de silício) para 10 Gbit/s podem ser vistos na figura 3.

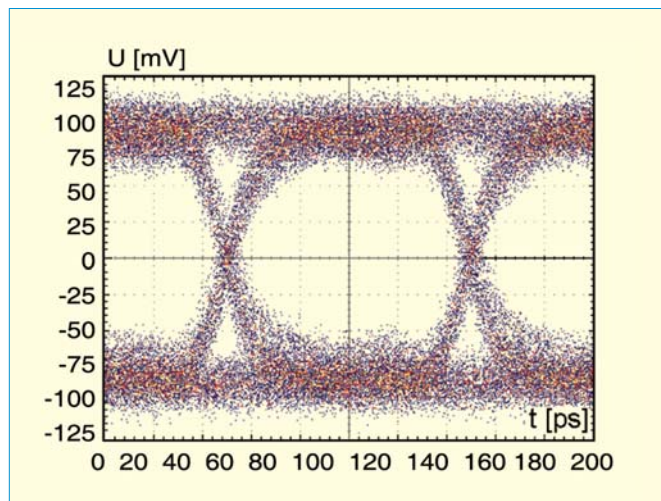


Fig. 5 - 10 Gbit/s sobre POF, [10]

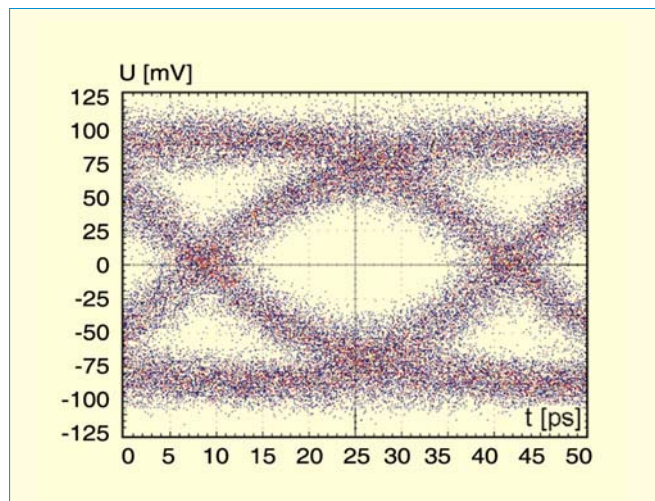


Fig. 6 - 30 Gbit/s sobre POF, [10]

Sistemas POF de 10 Gbit/s podem ser usados na LAN, se houver necessidade de uma fácil instalação e se o cabo tiver de ser, obrigatoriamente, robusto e flexível (por exemplo, para instalações temporárias). Outra aplicação é o uso em backbone de rede de residências grandes. Finalmente, a GI-POF pode também ser usada para sinais de TV analógica de banda larga.

Acima de 10 Gbit/s

Recentemente, demonstrou-se que a PF-GI-POF pode ser usada para taxas de até 40 Gbit/s [10] e [11]. Uma POF de 50 μm da Chromis Fiberoptics foi combinada a laser de 1550 nm e um receptor convencional. A perda da fibra é inferior a 5 dB/100 m no comprimento de onda de 850 nm (15 dB/100 m em 1550 nm). As seções transversais de um PF-GI-POF de 50 e de 120 μm podem ser vistas na figura 4 e os diagramas de olho para 10 e 30 Gbit/s, nas figuras 4 a 6.

POFs com taxas maiores que 10 Gbit/s podem ser aplicadas na conexão entre dispositivos de telecomunicação e em interconexão.

O núcleo da rede usará mais e mais links de longa distância de 100 Gbit/s.

Comutações locais, supercomputadores e grandes áreas de armazenamento precisarão de muitas interconexões de curta distância com 100 Gbit/s. Num futuro próximo, a transmissão de até 100 Gbit/s sobre uma única PF-GI-POF parece possível, com codificação multinível, WDM ou multiplexação portadora.

Uma opção adicional é o uso de cabos *ribbon* de fibra plástica. Por terem grande diâmetro, os equipamentos ativos são de fácil colocação, se comparados com os de fibra de vidro, o que reduz os custos dos conectores e transceptores. Por isso, a transmissão paralela pode ser mais econômica.



Fig. 7 – Ribbon POF com 8 x 500 μm POF

Uma das aplicações mais interessantes para sistemas POF com velocidade muito elevada e/ou multiparalelos é a conexão entre componentes de computador. Isso

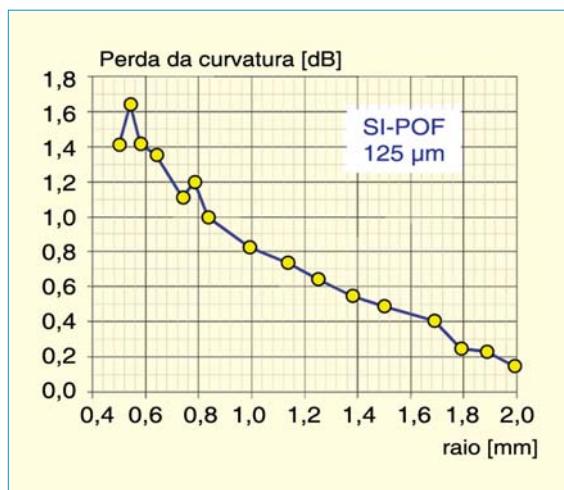


Fig. 8 - Perda por curvatura de uma POF de 125 μm , [12]

porque o cabo de POF é muito flexível, o que permite raios de curvatura de 1 mm ou menos (figura 8). Para distâncias muito pequenas, fibras de índice degrau podem ser uma alternativa.

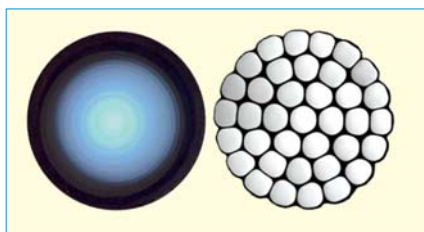


Fig. 9 - Fibras PMMA de grande largura de banda
À esquerda: GI-POF da Optimedia
À direita: POF multinúcleo da Asahi Chemical

Propriedades do POF

Há diferenças marcantes nas propriedades da POF, em comparação com fibras de vidro. Fibras baseadas em PMMA – polimetacrilato de metila têm uma atenuação muito mais elevada, na ordem de 100 dB/km, limitando a aplicação a distâncias inferiores a 200 m. A fibra principalmente usada é uma POF de índice degrau com abertura numérica de 0,5. Para taxas mais elevadas, fibras com vários núcleos e fibras PMMA de índice gradual permitem 1,2 Gbit/s em uma distância de 100 m (figura 9).

Para distâncias mais longas e/ou taxas mais elevadas, a GI-POF feita a partir de materiais perfluorados é a melhor solução. O melhor valor relatado para a perda é <10 dB/km. Por muito tempo, a PF-GI-POF tem sido feita a partir de preformas, mas há cerca de dois anos, a produção contínua já é possível. As figuras 10 e 11 mostram espectros típicos de perda para as duas fibras.

Poderíamos esperar que a largura de banda da GI-POF fosse similar à largura de banda de fibras de vidro de índice gradual. Como foi demonstrado em [11], o potencial da POF para comunicação de alta

velocidade é muito mais elevado, por conta de seu melhor acoplamento. A troca contínua de energia entre os modos reduz a amplificação do pulso e torna a largura de banda da fibra independente das condições de lançamento (para distância acima de 10 m).

A dispersão cromática do material perfluorado é de cerca de zero sobre 1,3 μm e menor do que o valor para fibras de vidro a 850 nm. O resultado é uma maior faixa de comprimento de onda ótimo, para largura de banda elevada. A CDWM pode oferecer capacidade muito elevada usando PF-POF.

Outra grande vantagem da POF é a resistência quase indestrutível da fibra

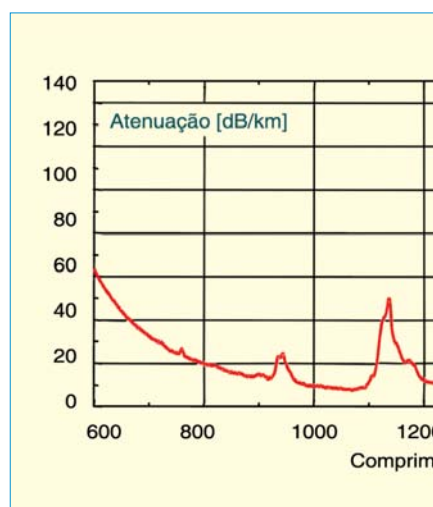


Fig. 10 - Perda espectral de uma PF-POF (Asahi Glass)

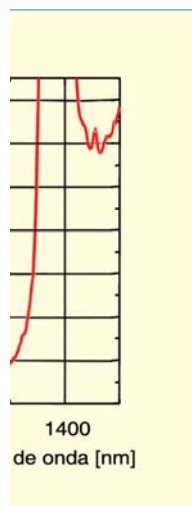


Fig. 11 - Perda espectral de uma PF-GI-POF (Chromis Fiberoptics, produzida continuamente)

quando curvada ou sob estresse mecânico, como fica claro na figura 12. Por isso, ela é muito atraente para uso em ambientes residenciais, onde não existe garantia para raio de curvatura e outros parâmetros de instalação.

Conclusão

Fibras de plástico são de grande interesse para um número crescente de aplicações, devido à instalação simples, resistência do cabo e uso de

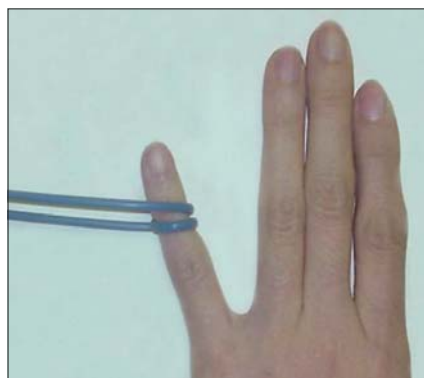


Fig. 12 - Raio de curvatura pequeno para PF-GI-POF

componentes ativos de baixo custo. Por outro lado, a capacidade da POF é menor do que a de fibras de vidro monomodo.

Neste artigo, demonstramos que a POF não se limita às aplicações de baixas taxas de bit. Fibras plásticas PMMA de índices degrau e gradual com, tipicamente, 1 mm de diâmetro, podem ser usadas para aplicações de até alguns Gbit/s, permitindo instalação de baixo custo em futuras redes privadas.

A GI-POF perfluorada oferece capacidades de 1 Gbit/s em, pelo

REFERÊNCIAS

- [1] W. Daum, J. Krauser, P. E. Zamzow, O. Ziemann: *POF - Optische Polymerfasern für die Datenkommunikation*, Springer, Berlin, 2001.
- [2] O. Ziemann, J. Krauser, P. E. Zamzow, W. Daum: *POF - Polymer Optical Fibers, Handbook for Short Distance Optical Transmission Systems*, Springer, 2007.
- [3] S. Randel, J. Lee, B. Spinnler, F. Breyer, H. Rohde, J. Walewski, A. M. J. Koonen, A. Kirstädter: *1 Gbit/s Transmission with 6,3 bit/Hz Spectral Efficiency in a 100 m Standard 1 mm Step-Index Plastic Optical Fiber Link Using Adaptive Multiple Sub-Carrier Modulation*. ECOC, 2006.
- [4] G. D. Khoe, T. Koonen, I. Tafur, H. v. d. Boom, P. v. Bennekorn, A. Ng'oma: *High Capacity Polymer Optical Fibre Systems*. POF'2002, pp. 3-8, Tóquio, Set./02.
- [5] G. Giarretta, W. White, M. Wegmueller, R. V. Yelamarty, T. Onishi: *11 Gb/sec Data Transmission Through 100 m of Perfluorinated Graded-Index Polymer Optical Fiber*. OFC'1999, PD14-1, 1999.
- [6] G. Widawski, P. E. Zamzow: *Entwicklung der POF bei Nexans*, 14. ITG-Fachgruppentreffen 5.4.1, Alemanha, Dez./02.
- [7] T. Ishigure, H. Endo, K. Takahashi, Y. Koike: *Total dispersion compenzation design of POF*. POF'2004, pp. 179-186, Alemanha, Set./04.
- [8] T. Ishigure, Y. Koike: *High-Bandwidth Graded-Index and W-shaped Plastic Optical Fiber for Data Rate of 10 Gbps and Beyond*. POF'2005, pp. 9-13, Hong Kong, Set./05.
- [9] S. C. J. Lee, F. Breyer, S. Randel, B. Spinnler, I. L. Lobato Polo, D. v. d. Borne, J. Zeng, E. de Man, H. P. A. v. d. Boom, A. M. J. Koonen: *10,7 Gbit/s Transmission over 220 m Polymer Optical Fiber using Maximum Likelihood Sequence Estimation*. OFC, EUA, Mar./07.
- [10] S. E. Ralph, A. Polley, K. D. Pedrotti, R. P. Dahlgren, J. A. Wysocki: *New Methods for Investigating Mode Coupling in Multimode Fiber: Impact on High-Speed Links and Channel Equalization*. SOFM, pp. 133-138, EUA, Set./06.
- [11] S. E. Ralph: *40 Gbps Links using Plastic Optical Fiber*. POF-Day OFC, Anaheim, Mar./07.
- [12] B. Wittmann: *Optische Kurzstreckenverbindungen auf der Basis polymeroptischer Komponenten*. Alemanha, Mar./04.

menos, um quilômetro ou de 10 Gbit/s em 100 m ou acima.

O uso de POF menor, *ribbons* de POF e WDM oferece uma capacidade de várias vezes 10 Gbit/s.

Futuros nós de comunicação, backbones de grandes edifícios, supercomputadores e dispositivos de armazenamento de massa demandarão tais capacidades.

A interconexão multiparalela de curta distância pode ser outro grande campo de aplicação no futuro próximo.

