

# A influência da variação da impedância de carga no desempenho do monitor de potência óptica para fibra óptica polimérica

Rafaella D. de Oliveira, Viviane H. da Silva, Taiane A. M. G. de Freitas, Ricardo M. Ribeiro, Andrés P. L. Barbero e Vinicius N. H. Silva

**Resumo**—Neste trabalho, descrevemos um monitor de potência óptica OPMo de construção simples, compacto e incluindo o uso de um modelo de foto-detector amplamente disponível no mercado. Com o presente protótipo, pode-se notar uma não-saturação para valores de potência > -5 dBm e um aumento de até 10 dB na sensibilidade com um simples aumento da impedância de carga do foto-detector.

**Palavras-Chave**—Fibra Óptica Polimérica, Monitor de Potência Óptica, Dispositivo Ativo, Espalhamento, Opto-eletrônica.

**Abstract**—In this paper, we describe a simple and compact optical power monitor (OPMo) that uses of an off-the-shelf photo-detector. As a result, an optimised prototype was achieved where saturation was not observed for > -5 dBm optical power and up to 10 dB increase of sensitivity was observed by merely increasing the load impedance of the photo-detector.

**Keywords**—Polymer Optical Fibre, Optical Power Monitor, Active Device, Scattering, Optoelectronics.

## I. INTRODUÇÃO

Enlaces e redes de curtas distâncias (< 500m) utilizando POFs e tecnologia correlata, apresentam diversas vantagens quando se compara com outras tecnologias [1]. Diversas aplicações tem surgido nos últimos anos como: redes de comunicações em aviões, embarcações, residências, edifícios, carros, e outras [1].

Para os referidos enlaces e redes de curtas distâncias, ou mesmo para os de longa distância usando outros tipos de fibra óptica, torna-se frequentemente necessário saber se existe e qual o nível de potência óptica trafegante. Um OPMo (Optical Power Monitor) é de uma classe relativamente menos comum de medidores de potência óptica (OPMs) [2]. Estes últimos, consistem em dispositivos muito utilizados para medir o nível de potência óptica que trafega em um enlace à fibra, normalmente disponíveis para serem conectados ao final do referido enlace. Mede então na saída, o nível de potência que se propaga. Isso requer a interrupção do fluxo de dados para a conexão do OPM. Os OPMs são dispositivos ativos muito úteis destinados a medir e exibir o nível de potência óptica ao longo de uma rede à fibra óptica no ponto em que for instalado [3], sem a interrupção dos serviços de Datacom ou de Telecomunicações.

Um OPMo, normalmente disponível para monitorar por vez um único canal em comprimento de onda para o qual foi previamente calibrado, pode ser inserido “em linha” temporariamente ou permanentemente num enlace à fibra óptica. Neste último, a interrupção do sinal óptico só é necessário na instalação [3]. OPMs também são muito úteis na investigação de laboratório, ou seja, para o desenvolvimento de qualquer tipo de circuito a fibra óptica onde existam pontos

do circuito que devem ser monitorados simultaneamente e confortavelmente sem a interrupção do sinal óptico. Este monitoramento permite, por exemplo, uma rápida identificação de possíveis trechos onde há falhas no circuito.

A tecnologia mais utilizada para fabricar OPMs consiste em usar um acoplador (*tap*) a fibra para derivar uma amostra da potência de luz, usualmente de 1%, e então inferir sobre a potência óptica que trafega na fibra. Esta tecnologia implica numa perturbação e consequentemente induz uma atenuação óptica. O único OPMo comercial para POFs (PMMA) encontrado, foi o modelo para 1 canal de comprimento de onda, modelo FPM v1.2, sem interface de comunicações, da empresa alemã *Velickov Engineering*, a um custo de € 990 [4].

O nosso grupo demonstrou [3] um OPMo para POFs padrão de PMMA, com índice degrau, não-invasivo, pois é baseado na coleta lateral do espalhamento luminoso espontâneo [1,3,5]. Mostrou-se altamente imune à distribuição modal, faixa dinâmica de 45 dB e sensibilidade de -50 dBm.

Neste trabalho, descrevemos um OPMo baseado no mesmo princípio, mas de construção ainda mais simples e mais compacto, ao ser comparado com o protótipo descrito em um trabalho anterior [3]. Adicionalmente, o presente protótipo inclui a troca do foto-detector anterior [3] por um modelo amplamente disponível no mercado. Com o protótipo aperfeiçoado e com baixo fator-de-forma, pode-se notar uma não-saturação para valores de potência utilizados nos testes e um aumento na sensibilidade com um simples aumento da impedância de carga conectada ao foto-detector.

## II. MONTAGEM EXPERIMENTAL

O 1º protótipo do OPMo foi construído na forma de uma caixa de espuma preta, rígida, de dimensões 11,2 x 9,0 x 8,4cm (volume ≈847cm<sup>3</sup>). Era vedado contra a entrada de luz externa. Continha internamente um trecho de POF onde em 1,1cm de comprimento, a cobertura de poliestireno preto foi retirada. Próximo a este trecho exposto de POF, foi aproximado e fixado um Photo-Darlington (PD), modelo IFD93 de encapsulamento plástico da *Industrial Fiber Optics* (EUA). O IFD93 contém uma micro-lente integrada para coletar luz para o *chip* OP560 da Optek, atualmente obsoleto. Sua responsividade efetiva é de 200 A/W para 632nm. O processo de exposição do *chip*+micro-lente foi trabalhoso e delicado. A potência luminosa que emerge pela lateral descoberta da POF, era coletada pela micro-lente e detectada pelo PD [3]. Este último, era conectado em série com uma impedância de carga de 68 kΩ. Nos terminais desta última, era medida a voltagem correspondente.

O 2º protótipo do OPMo, é aqui descrito aqui conforme esquematizado na Figura 1. Mantém o mesmo princípio de

funcionamento do 1º protótipo [3]. Continua então a ser um dispositivo simples, de baixo custo, ainda mais compacto, bidirecional, que não causa qualquer perturbação intrínseca na luz propagada. Indica se o enlace de transmissão de POF está no estado “ativo” ou “inativo”. Mede o nível de potência óptica média do sinal quando o enlace estiver “ativo”.

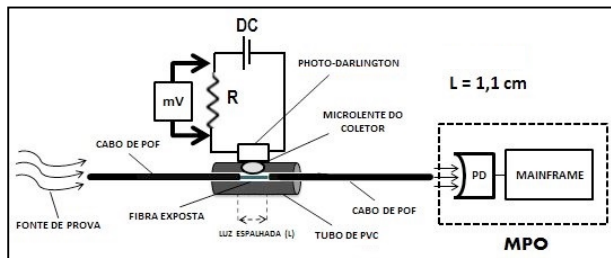


Fig. 1. Modelo esquemático do 2º protótipo do OPMo, que utiliza o PD 3410-001 da Honeywell como foto-detector.

O atual OPMo foi construído a partir de um tubo maciço de PVC contendo um orifício longitudinal. Por este último passa um trecho total de 20cm de POF (2,2mm de diâmetro). Nota-se um pequeno furo transversal vedado da entrada de luz externa onde fica inserido o PD. Para este último, foi escolhido o modelo SD3410-001 da *Honeywell*, disponível comercialmente, com responsividade efetiva absoluta não revelada pelo fabricante. Mais uma vez, o foto-detector funciona simultaneamente como detector de luz e amplificador, em princípio sem a necessidade de implementar um circuito eletrônico adicional de amplificação. O volume do OPMo obtido foi de  $\approx 8,8\text{cm}^3$ , ou seja, um fator-de-forma  $\approx 96$  vezes *menor* que o do 1º protótipo. Novamente, cerca de 1,1 cm de POF teve a cobertura de poliestireno retirada, e então posicionada no centro do tubo. Uma impedância de carga resistiva  $R_L$  é conectada em série com o PD.

### III. RESULTADOS E CONCLUSÕES

No 2º protótipo, ao variarmos o valor da impedância de carga  $R_L$  do menor ( $6,8\text{k}\Omega$ ) para o maior valor ( $1\text{M}\Omega$ ), observamos um aumento de 10 dB em sua sensibilidade, como pode ser visto na Figura 2. O tempo de resposta do PD (IFD93) do 1º protótipo é de  $\tau_r = 5\text{ms}$  considerando  $R_L = 1\text{k}\Omega$ . Isso resulta em uma capacitância de  $5\mu\text{F}$ . O tempo de resposta do PD (SD3410-001) do 2º protótipo é de  $\tau_r = 75\mu\text{s}$  considerando  $R_L = 100\Omega$ . Isso resulta em uma capacitância de  $0,75\mu\text{F}$ . Embora comercialmente obsoleto, de manipulação trabalhosa e delicada para a extração do *chip* OP560, a maior capacitância do IFD93 indica que é intrinsecamente mais sensível que o PD SD3410-001 da Honeywell. Outro fator que contribui para a perda de sensibilidade do SD3410-001, é o fato do *chip* estar encapsulado em um invólucro TO-46 e ficar forçosamente a cerca de 4mm de distância da superfície da POF desencapada.

Leva-se em conta que  $\tau_r = R_L C$ , Banda  $\propto (1/\tau_r)$  e assume-se que Ganho  $\times$  Banda = constante. Realizando um cálculo simples, obtém-se um ganho de *potência óptica* de 10,8dB, o que explica o ganho de 10dB medido e mostrado na Figura 2.

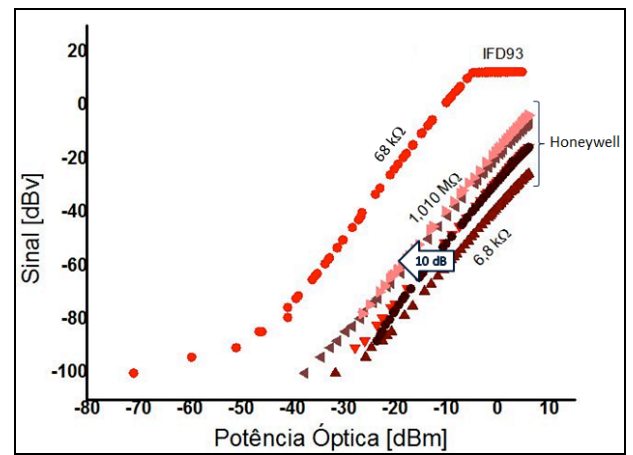


Fig. 2. Desempenho comparativo do 1º e do 2º protótipo do OPMo considerando uma variação da impedância de carga resistiva  $R_L$ . Houve um ganho de 10 dB na sensibilidade 2º protótipo ao se variar  $R_L$  e não se observou saturação na faixa de potência óptica testada.

Como o atual OPMo ainda não está automatizado, as medidas foram realizadas manualmente e as leituras visualmente. Com até  $R_L = 1\text{M}\Omega$  a leitura do mili-voltímetro era relativamente estável. Com  $R_L > 1\text{M}\Omega$ , verificou-se ser possível obter uma sensibilidade (e faixa dinâmica) ainda maior, porém a aquisição de dados deveria ser por amostragem e promediação. Portanto, um aumento de sensibilidade ainda maior que 10 dB é possível com um aumento de  $R_L (> 1\text{M}\Omega)$ , mas requer processamento de dados.

A Figura 2 mostra também que o novo PD utilizado não levou o atual OPMo a ter sua leitura saturada para potências ópticas acima de  $-5\text{dBm}$ , conforme foi observado para o 1º protótipo. Com um esforço adicional no que tange a um aumento da sensibilidade do 2º protótipo, a questão da não-saturação permitirá aumentar a faixa dinâmica do OPMo para além dos 45 dB.

Foi então possível construir um OPMo onde nenhum componente novo foi adicionado ao circuito. Diversas características do original foram mantidas [3]. O presente protótipo ficou significativamente mais compacto. Utilizou como componente optoeletrônico-chave (foto-Darlington), um modelo disponível comercialmente. Este último, pode ser utilizado em seu próprio encapsulamento TO-46 ou o *chip* pode ser extraído facilmente com o uso de ferramenta apropriada disponível comercialmente [6]. Entretanto, houve uma diminuição da sensibilidade efetiva quando se compara os dois PDs para uma mesma carga de  $68\text{k}\Omega$ , o que pode ser parcialmente compensado.

### Referências

- [1] O. Ziemann, J. Krauser, P. E. Zamzow and W. Daum, *POF Handbook: Optical Short Range Transmission Systems*, 2<sup>nd</sup> ed. (Berlin: Springer), 2008.
- [2] D. Derickson (ed), *Fiber Optic Test and Measurement* (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall) pp 55–86, 1998.
- [3] Ricardo M. Ribeiro, Taiane A. M. G. Freitas, Andrés P. L. Barbero and Vinicius N. H. Silva, “Non-Disturbing Optical Power Monitor for Links in the Visible Spectrum Using Polymer Optical Fibre”, *Measurement Science and Technology*, 26, 085201 (7pp), 2015.
- [4] Velickov Engineering, [www.velickov.eu/pof\\_en.html#pof\\_fpm](http://www.velickov.eu/pof_en.html#pof_fpm).
- [5] C.A. Bunge, R. Kruglov and H. Poisel, “Rayleigh and Mie scattering in polymer optical fibers”, *Journal of Lightwave Technology*, 24, 8, pp. 3137-3146, 2006.
- [6] Thorlabs Inc., [www.thorlabs.com](http://www.thorlabs.com).