

# Eclética Química

*Print version* ISSN 0100-4670 *On-line version* ISSN 1678-4618

Eclet. Quím. vol.22 São Paulo 1997

<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-46701997000100009>

## Medidor de energia para *laser* pulsado

João Sinézio de Carvalho CAMPOS\*

Gerson Antonio SANTARINE\*

**RESUMO:** Neste trabalho descreve-se a tecnologia envolvida na fabricação de um detector piroelétrico para aplicações na determinação da energia de feixe de *lasers* pulsados ou CW (onda contínua) modulados, utilizando-se do polímero Polifluoreto de Vinilideno PVDF. Os dados experimentais revelam que o detector tem resposta linear com a energia aplicada para o intervalo compreendido entre 0,4 a 6,8 mili-Joule/pulse para pulsos com largura temporal de 8,3 milissegundos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Detector, piroeletricidade; polímero; PVDF.

## Introdução

Nas últimas décadas, dentre as inúmeras descobertas notáveis nas mais diferentes áreas do conhecimento, o *laser* tem ocupado posição de destaque. Devido às suas características, a quantidade de aplicações tem crescido de forma vertiginosa, abrangendo desde simples aplicações para alinhamento de sistemas ópticos, ao campo das complexas cirurgias vasculares, por exemplo. Aplicações das diversas técnicas com esta poderosa ferramenta só podem ser coroadas de êxito se dois parâmetros principais puderem ser bem caracterizados: o comprimento de onda do fóton e a energia do feixe. É evidente que outros parâmetros como qualidade do perfil gaussiano, divergência de feixe, estado de polarização, etc., são importantes, mas somente para uma reduzida quantidade de aplicações. O comprimento de onda pode ser facilmente determinado com a utilização de um monocromador convencional. Com relação às medidas de energia de feixe, vários pesquisadores<sup>2,3,4,9</sup> têm desenvolvido procedimentos, os quais utilizam-se do efeito calorimétrico ou de propriedades intrínsecas de certos materiais. No primeiro caso, a energia da radiação a ser mensurada, é feita incidir sobre uma superfície absorvedora, a qual convertendo-se em calor será

monitorada por um sensor termoelétrico. Uma outra possibilidade de determinação deste parâmetro, refere-se à utilização de sensores que tem por base densitometria fotométrica ou fenômenos tais como fotocondução, piezo e piroeletricidade, entre outros. O trabalho aqui apresentado, relacionado a esta última propriedade, tem por finalidade descrever a tecnologia envolvida na construção de um medidor de energia para *laser* pulsado ou CW modulado, utilizando-se das propriedades piroelétricas do polímero polifluoreto de vinilideno (PVDF). Este material apresenta estrutura semi-cristalina sob várias conformações, sendo que a mais interessante dentre elas é conhecida como fase b . Esta fase desperta grande interesse, pois ao ser submetida a um adequado processo de polarização<sup>7</sup> torna-se altamente ferroelétrica com propriedades piezo e piroelétricas, ideal para diversas aplicações em transdutores.<sup>6</sup>

Uma característica específica para esta aplicação reside no fato de ser predominante o efeito piroelétrico (o material tem sua polarização elétrica alterada pela variação da temperatura provocada pela absorção da energia do feixe, produzindo-se, desta forma, uma corrente elétrica proporcional em função da energia aplicada), em detrimento ao piezoelétrico também presente mas, para esta aplicação, em fração apreciavelmente menor.

## **Materiais e métodos**

### **Polímero de pvdf como elemento sensor**

É fato bem conhecido<sup>1,7</sup> que medidores piroelétricos são mais sensíveis que os termoelétricos. O coeficiente piroelétrico determina a amplitude do sinal elétrico gerado em função da taxa de variação da temperatura a que estão submetidos, estando a aplicação destes sensores limitada pela temperatura Curie do material. Grande coeficiente piroelétrico ( $p$ ), alta resistividade volumétrica ( $R$ ), baixa constante dielétrica ( $k$ ), baixa perda dielétrica, baixo calor específico ( $C_v$ ), baixa densidade ( $d$ ) e faixa de trabalho em largo intervalo de temperatura são as principais características a serem consideradas para os materiais candidatos aos sensores piroelétricos.

Para efeito de comparação, a [Tabela 1](#) apresenta valores médios de algumas das principais propriedades de materiais convencionais utilizados na construção de detectores piroelétricos, em comparação ao polímero polifluoreto de vinilideno PVDF.

Tabela 1 - Comparação entre propriedades de alguns materiais piroelétricos com o PVDF.

	$p$ (nC/K·cm <sup>3</sup> )	$\rho$ ( $\Omega \cdot m$ )	$k$	$cV$ (J/K·cm <sup>3</sup> )	$t$ (°C)	$d$ (g/cm <sup>3</sup> )
TGS	30	10 <sup>8</sup>	30	2,5	40	1,7
PLZT	170	1,6 x 10 <sup>5</sup>	3700	2,6	100	7,5
PVDF	3	2 x 10 <sup>3</sup>	13	2,4	80-120	1,8

( $p$ ) = coeficiente piroelétrico.

( $\rho$ ) = resistividade de volume.

( $k$ ) = constante dielétrica.

( $cV$ ) = calor específico.

( $T$ ) = temperatura Curie.

Como se pode observar, apesar do coeficiente piroelétrico do PVDF ser pelo menos uma ordem de grandeza menor que a dos materiais comparados, algumas desvantagens relativas a estes devem ser levadas em consideração.<sup>5</sup> No caso do PLZT (PZT modificado com lantânio), alta difusividade térmica e grande tendência para se despolarizar devido à sua alta constante dielétrica, limitam consideravelmente sua aplicação como transdutor. Já o TGS (sulfato de triglicina) apresenta baixa temperatura Curie, é frágil e altamente higroscópico. A opção pelo PVDF apresenta as vantagens de possuir alta temperatura Curie, baixa condutividade térmica, ser pouco higroscópico, resistente a choques mecânicos, flexível e de fácil moldagem. Além destas características, é quase quimicamente inerte, com reduzido custo de produção.

## Construção, calibração e resultados experimentais

### Discussões

A [Figura 1](#) ilustra a montagem do sensor confeccionado com o polímero PVDF. Amostras de filme de PVDF-b com espessura de 25 microns, já previamente polarizadas,<sup>8</sup> foram recortadas em formato circular com  $f = 10.00\text{mm}$  de diâmetro. Eletrodos de alumínio de 0,5 microns de espessura foram depositados por evaporação em ambas as superfícies do polímero sensor. Com auxílio de caixilhos de metal (bastidores), os quais serviram de suporte mecânico (um deles serviu de contacto elétrico), o filme de PVDF foi esticado. Esta montagem foi isolada eletricamente e lacrada em recipiente metálico, montada de tal forma que sua janela transparente de vidro fino (0,5mm de espessura), possibilitou o acesso direto do feixe de *laser* sobre a membrana sensora enegrecida. A [fotografia 1](#) ilustra o detector construído. Uma vez a montagem concluída, a calibração do detector pode ser realizada utilizando-se de um feixe de *laser* de Argônio CW (Carl Zeiss Jena ILA 120) para linha de  $\lambda = 5.145\text{Å}$ , cuja potência óptica variável foi monitorada por um medidor comercial (Power Meter, Carl Zeiss, Jena IMZ). A seguir, o feixe de *laser* mecanicamente modulado por um *chopper* com frequência de 2Hz, largura temporal para exposição do feixe sobre o detector construído de  $t = 8,3\text{ms}$ , foi feito incidir diretamente sobre o polímero sensor. A correlação da potência óptica aplicada previamente determinada, à largura temporal do pulso *laser* emergente do *chopper* permitiu a obtenção da curva de calibração do sensor em termos de energia do feixe. O

sinal elétrico gerado pelo PVDF foi monitorado por um osciloscópio Tektronix 7A18/7A18N. A [Figura 2](#) ilustra os resultados experimentais relativos aos sinais gerados pelo sensor de PVDF em função da Energia do feixe de *laser* incidente para a linha  $\lambda = 5 \times 145 \text{ \AA}$ .

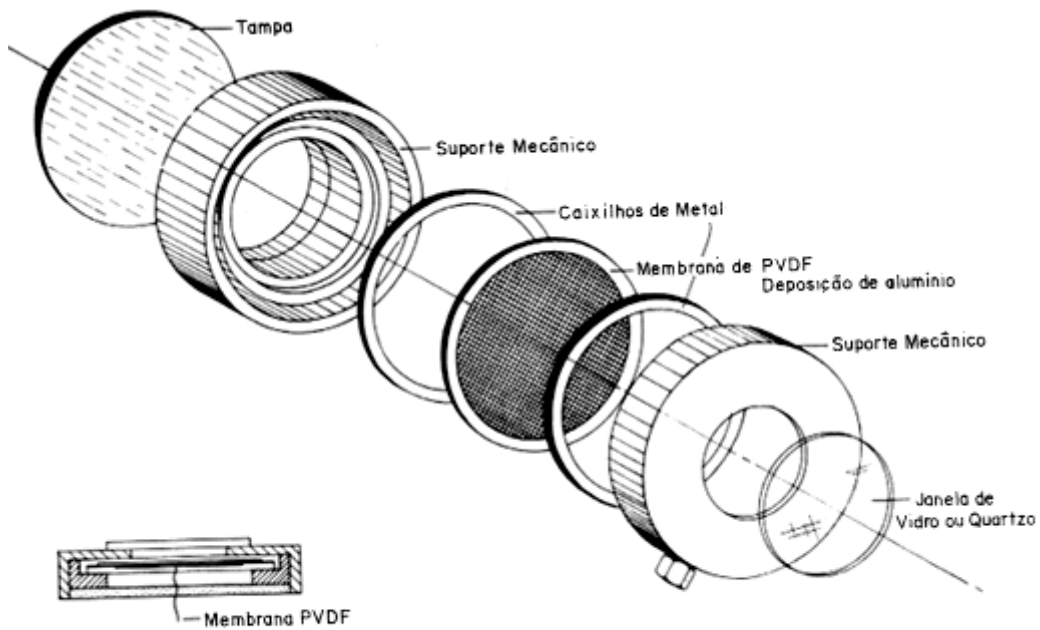


FIGURA 1 - Sensor piroelétrico de PVDF detalhado.

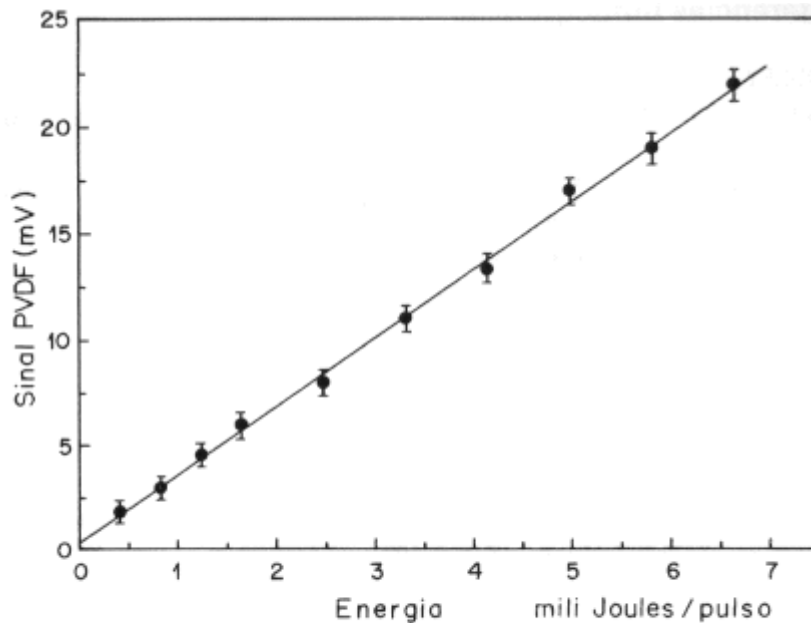
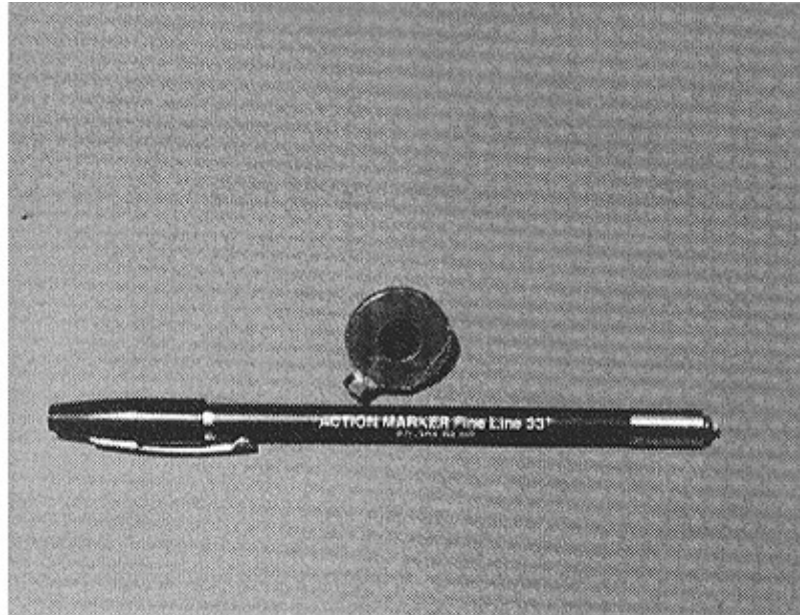


FIGURA 2 - Resposta elétrica do sensor PVDF construído em função da energia dos pulsos de radiação *laser* para largura temporal de  $\tau = 8,3$  milissegundos.



Fotografia do detector desenvolvido e construído visando a determinação de energia para pulsos de *lasers*.

## Conclusões

Este trabalho relaciona-se à tecnologia de fabricação de medidor de energia para *lasers* pulsados ou CW modulados, utilizando-se da propriedade piezoelétrica do polímero polifluoreto de vinilideno (PVDF). Apesar de não ter sido possível a determinação precisa do tempo de resposta do detector construído (limitação instrumental), os resultados experimentais evidenciam que este é bastante rápido (MHz), possuindo resposta linear com a energia pulsada aplicada para comprimentos de ondas na região visível do espectro. Com relação à determinação de energias acima dos valores reportados neste trabalho, conjectura-se que seja necessário a colocação de dissipadores de calor, a fim de se evitar perturbações irreversíveis na distribuição de polarização do material sensor. Um fato de significativa relevância refere-se à ausência de qualquer processamento eletrônico do sinal de saída do detector, uma vez que a amplitude da tensão gerada (mV) é tal que permite acoplamento direto a um osciloscópio ou registrador. Excelente linearidade ( $\sim 5\%$ ) entre o sinal elétrico gerado na saída do detector em função da energia aplicada, bem como reprodutibilidade das medidas, além da facilidade de construção, baixo custo e simplicidade de manuseio, complementam algumas das vantagens desse medidor.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, bem como ao CNPq pelos auxílios financeiros, os quais permitiram a realização desse trabalho.

CAMPOS, J. S. de C., SANTARINE, G. A. Laser pulse energy detector. *Ecl. Quím. (São Paulo)*. v.22, p.93-100, 1997.

**ABSTRACT:** This work describes the construction of a pyroelectric detector for measurements of laser pulse energy, using the polymer Polyvinylidene Fluorid (PVDF). The experimental data measured by detector showed a linear response for energy between 0,4 to 6,8 mJ/pulse for 8,3 milisecond duration pulse.

**KEYWORDS:** Detector; piroelectricity; polymer; PVDF.

### Referências bibliográficas

- 1 DULEY, W. W., FINNINGAN, P. F. *Am. J. Phys.*, v. 41, p.6571, 1973. [ [Links](#) ]
- 2 GALLANTREE, H. R., QUILIAM, R. M. *Marconi Review*, 4<sup>th</sup> Qtr., p.189, 1976. [ [Links](#) ]
- 3 KORN, U., RAV-NOY, Z., SHTRIKMAN, S. *Appl. Op.*, v. 20, p. 1980, 1981. [ [Links](#) ]
- 4 LOVINGER, A. J. Polyvinylidene fluoride: developments in crystalline polymers-1. *Appl. Sci.*, p. 195-273, 1982. [ [Links](#) ]
- 5 PORTER, S. G. A Brief to pyroelectric detectors. *Ferroelectrics*, v. 33, p. 193-206, 1981. [ [Links](#) ]
- 6 SESSELER, G. M. *J. Accoust. Soc. Am.*, v. 70 n. 6, p. 1596-1608, 1991. [ [Links](#) ]
- 7 SHIMIDT, V. H. *Am. J. Phys.*, v. 37, p. 351, 1969. [ [Links](#) ]
- 8 SINÉZIO, J. C. C. Novo triodo corona e sua aplicação no estudo das propriedades elétricas do polímero PVDF. São Carlos, 1990. Tese (Doutorado) - Instituto de Física e Química de São Carlos, Universidade de São Paulo. [ [Links](#) ]
- 9 ZILLIO, S. C., ESCOBEDO, E. J. F. Medidores de potência para *lasers*. *Rev. Bras. Fís. Apl. Instrum.* v. 6, p. 4, 1991. [ [Links](#) ]

Recebido em 3.3.1997

Aceito em 7.4.1997

\* Departamento de Física - Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP - 13500-230 - Rio Claro - SP - Brasil.