

Introdução

Plasmons de Superfície (SP) são ondas que se propagam ao longo da superfície de um condutor, geralmente um metal. Estas ondas são essencialmente ondas de luz presas à superfície do metal devido a sua interação com os elétrons livres do condutor. Nessa interação, os elétrons oscilam coletivamente em ressonância com a onda de luz incidente. A interação ressonante entre a oscilação das cargas superficiais e o campo eletromagnético da luz constitui o SP e dá origem a suas propriedades únicas.^{1,2}

A luz é absorvida na camada ativa da heterojunção, gerando pares elétron-buraco que se dissociam em elétrons e buracos. Esta dissociação ocorre por separação de cargas entre o doador e o receptor de elétrons. Baseando-se nas propriedades do plasmon de superfície, tem sido proposto que aumentando-se o campo eletromagnético localizado através da inclusão de materiais plasmônicos, haverá um aumento da fotogeração de pares elétron-buraco.

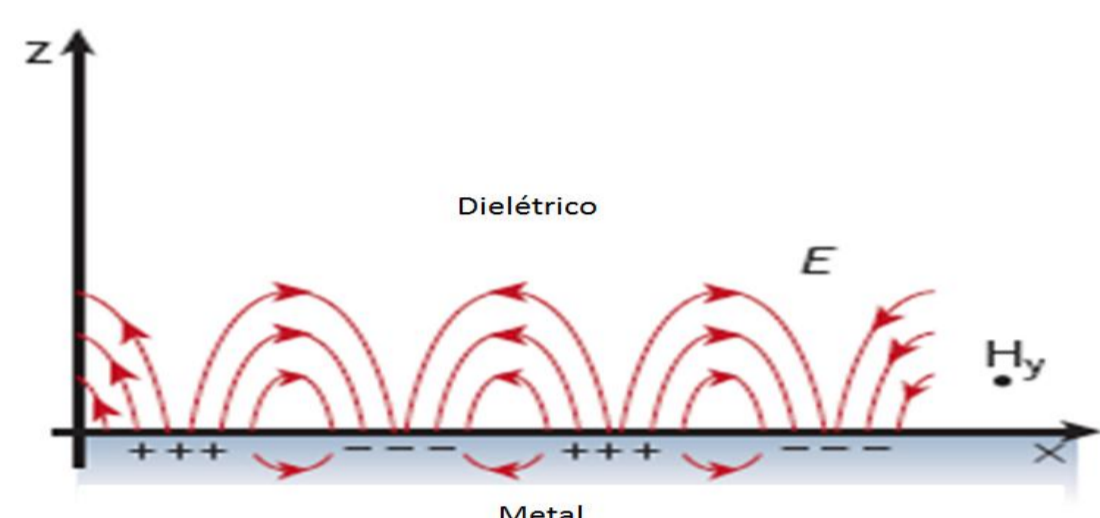


Fig. 14: Esquema mostrando os plasmons de superfície na interface metal/material dielétrico.

SP obtidos a partir de nanopartículas de Ouro

Plasmons de superfície isolados em nanopartículas metálicas aumentam a capacidade de uma molécula orgânica absorver luz. Além de aumentar a absorção da espécie fotoativa em células fotovoltaicas, o plasmon de superfície pode contribuir significativamente para a dissociação do par elétron-buraco na heterojunção.

Objetivos

O objetivo deste trabalho é estudar o efeito de plasmons de superfície gerados em nanopartículas de ouro sobre a eficiência de dissociação do par elétron-buraco na heterojunção entre P3HT (Poli(3-hexiltiofeno))/PCBM ([6,6]-fenil-C61-ácido butírico-metil éster). Ainda, estudar a influência das nanopartículas na estabilidade do filme de P3HT.

Parte Experimental

Estabilidade:

Nanopartículas de ouro com diâmetro entre 16 - 23 nm foram preparadas a partir da redução de cloreto de Ouro (III) por citrato de sódio. A solução concentrada de nanopartículas de ouro foi depositada sobre um filme de teflon. Uma solução de P3HT diluída em clorofórmio foi depositada sobre as nanopartículas por *spin-coater*, formando um filme. O sistema foi então exposto a luz policromática com irradiação de 100mW/cm². A estabilidade do filme foi monitorado através de espectroscopia de infravermelho.

O Dispositivo:

A solução concentrada de nanopartículas de ouro foi depositada sobre o ITO. Posteriormente uma solução (1:1) de P3HT/PCBM foi diluída em diclorobenzeno e depositada sobre o filme de nanopartículas de ouro com o auxílio de um *spin-coater*, obtendo-se um filme de aproximadamente 200 nm de espessura. O sistema foi aquecido a 100°C por 1 hora. Finalmente, um filme de ca. de 100 nm de alumínio (ânodo) foi depositado por *sputtering* sobre a camada de P3HT/PCBM.

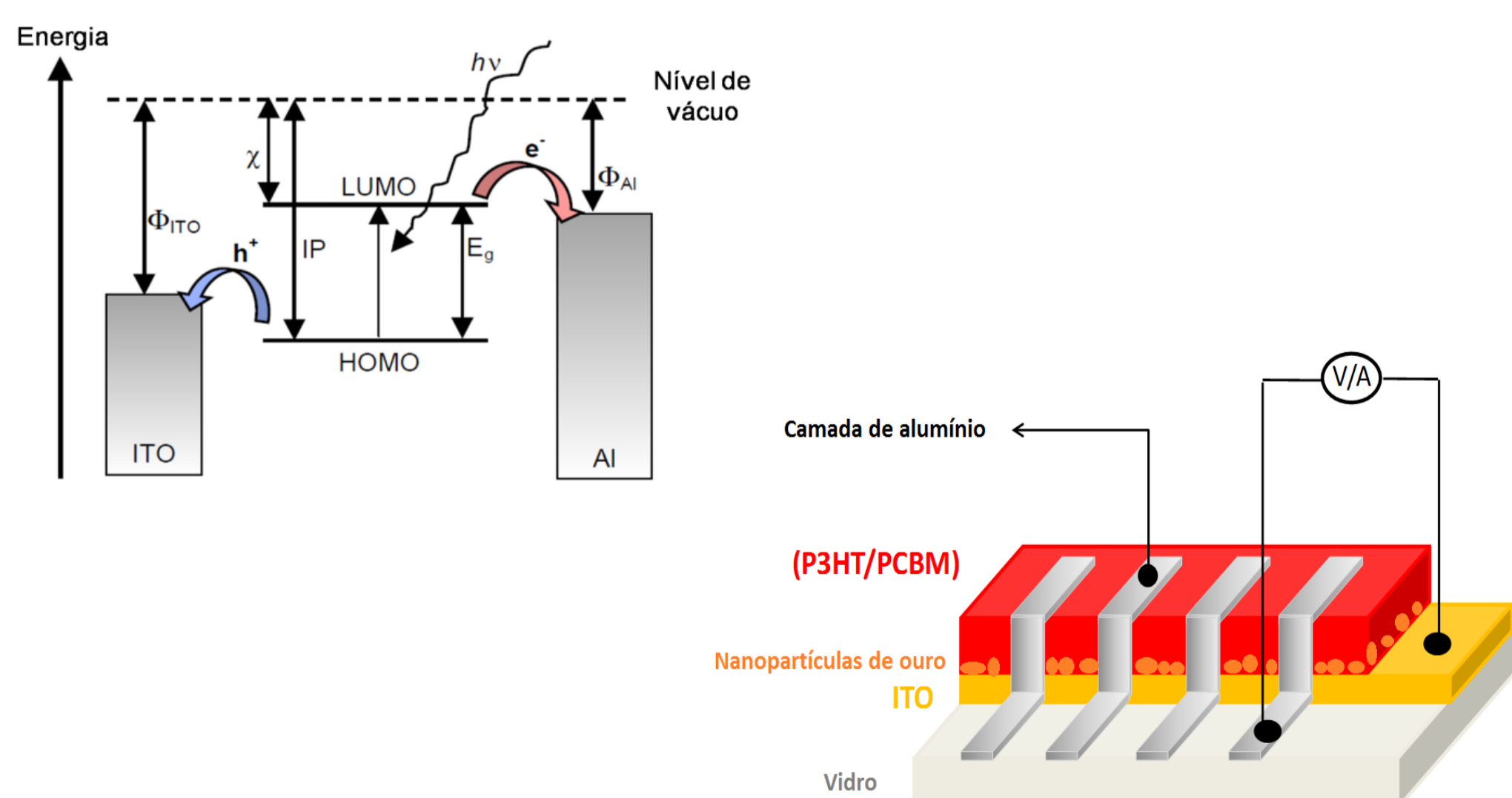


Fig. 2: (esquerda) Níveis de Energia e absorção da luz. O fóton incidente com energia maior que E_g excita um elétron do HOMO para o LUMO, deixando um buraco no LUMO, que forma o éxciton, em seguida, o éxciton (par elétron-buraco) se dissocia e as cargas são coletadas em seus respectivos contatos. Φ : função trabalho, χ : afinidade eletrônica, IP: potencial de ionização e E_g : gap óptico. (direita) Esquema mostrando um dispositivo fotovoltaico orgânico contendo nanopartículas de Ouro.

Resultados

A Figura 3 (esquerda) mostra a dependência entre a intensidade de absorção do P3HT/PCBM com a concentração de nanopartículas de ouro no filme. Este aumento é gerado pela intensificação do campo eletromagnético localizado, levando a uma maior intensidade de absorção de moléculas orgânicas próximas a superfície. A Figura 3 (direita) mostra que as nanopartículas de ouro sintetizadas neste trabalho, geram modos plasmônicos com energia na região do visível.

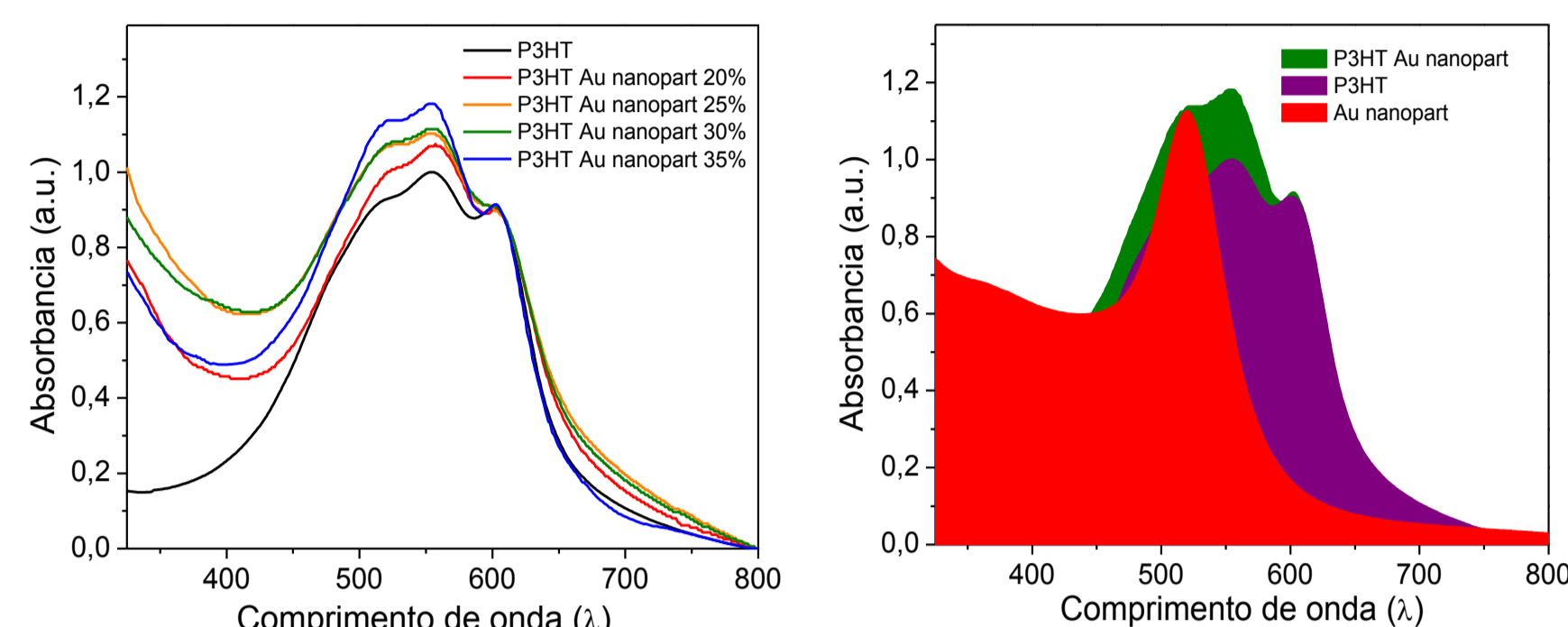


Fig. 3 : (esquerda) Espectros de absorção do P3HT e P3HT com diferentes concentrações de nanopartículas de ouro. (direita) Espectros de absorção dos filmes de P3HT, P3HT/nanopartículas de ouro e das nanopartículas de ouro em solução.

Os resultados da Figura 4 sugerem que a presença das nanopartículas melhora a estabilidade do dispositivo. Este efeito pode ser devido ao acúmulo de energia sobre as nanopartículas, evitando assim a degradação do filme orgânico.

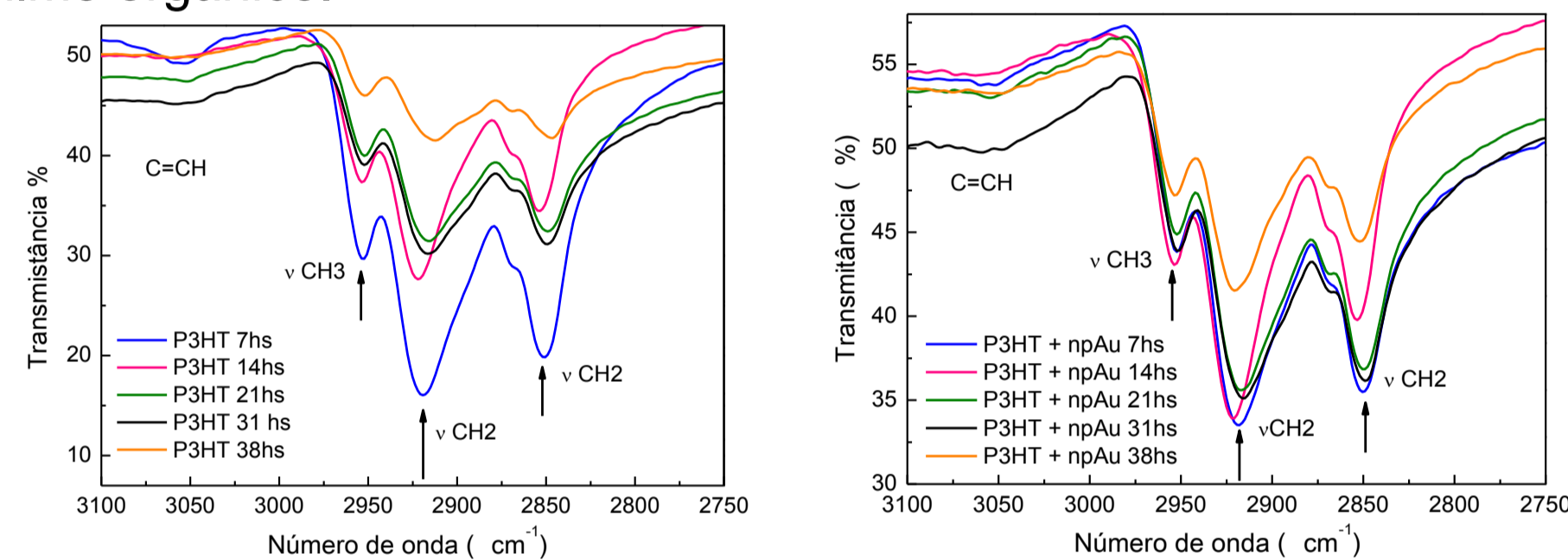


Fig. 4 : (esquerda) Espectros de absorção do P3HT e P3HT / diferentes concentrações de nanopartículas de Au. (direita) Espectros de absorção de filme de P3HT, nanopartículas de Au e P3HT/nanopartículas de Au.

Figura 5 mostra as curvas de densidade de corrente versus potencial, para filmes de P3HT/PCBM contendo diferentes quantidades de nanopartículas de ouro. Pode-se observar que a corrente de curto-circuito aumenta de 25,2 para 60,1 $\mu\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$ quando 35% (em massa) de nanopartículas é adicionado e a eficiência do dispositivo quase triplica

Amostra	V_{oc} [V]	J_{sc} [$\mu\text{A}/\text{cm}^2$]	FF [%]	η [%]
P3HT	0,35	25,2	49,5	0,000005%
P3HT+Au nanop	0,38	60,1	44	0,000012%

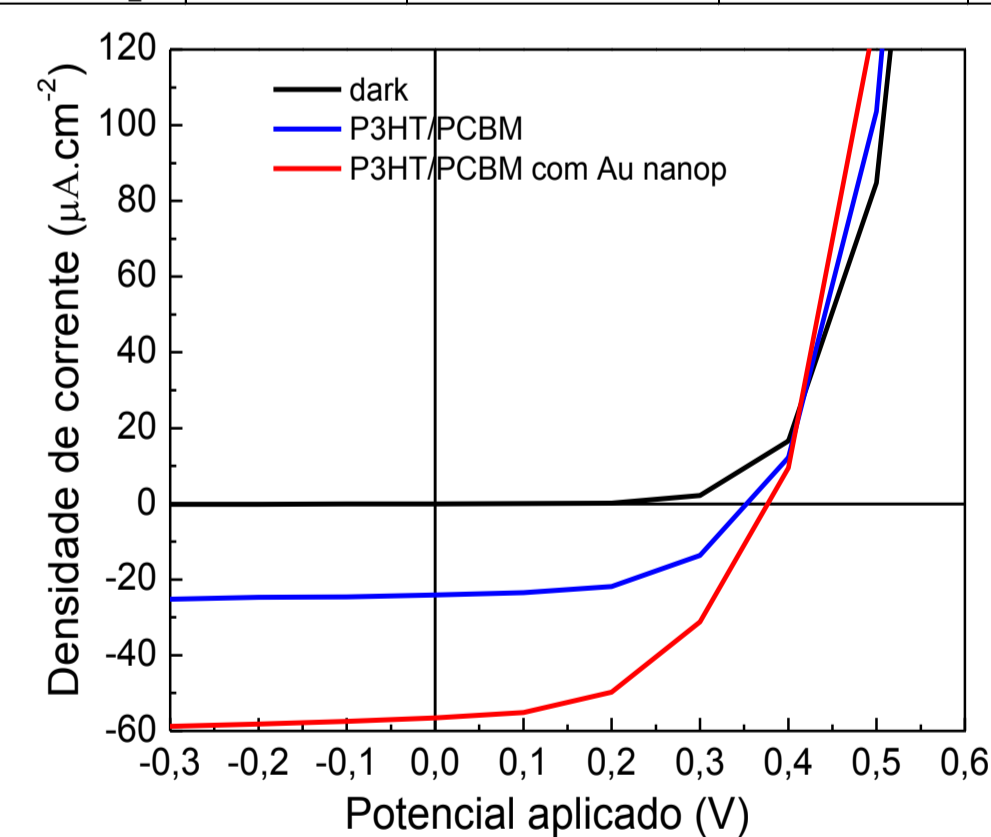


Fig. 5: (acima) Tabela contendo Potencial de circuito aberto (V_{oc}); corrente de curto circuito (I_{sc}); Fill factor (FF) e eficiência (η). (abaixo) Curvas $I \times V$ do P3HT/PCBM.

Conclusão Parcial

A intensidade de absorção dos filmes de P3HT/PCBM é dependente da quantidade de material plasmônico impregnado no filme. Ainda a presença dos plasmons afeta o potencial de circuito aberto e a corrente de curto circuito do dispositivo. A próxima etapa será realizar medidas de emissão do P3HT/PCBM contendo nanopartículas de ouro e estudar se ocorre a diminuição da emissão dos filmes na presença dos plasmons.

Referências

- 1 A. J. Morfa, K. L. Rowlen, T. H. Reilly III, M. J. Romero, J. V. de Lagemaat, Applied Physics Lett. **2008**, 92, 013504.
- 2 H. Raether, *Surface-Plasmons on Smooth and Rough Surfaces and on Gratings* Springer, Berlin, **1988**, Vol. 88, p. 1.
- 3 W.L. Barnes, A. Dereux, T. W. Ebbesen, Nature, **2003**, 424.
- 4 C. Genet, T. W. Ebbesen Nature, **2007**, 445.

Agradecimentos

Os autores agradecem as agências de fomento: FAPERGS, PROPESQ, CAPES e CNPq.