

ANÁLISE DO SURFACTANTE CETYLTRIMETHYLAMMONIUM BROMIDE E SUAS PROPRIEDADES ÓPTICAS



Marcos Vinicius Puydinger dos Santos (Bolsista CNPq), Luis Orivaldo Bonugli, José Roberto de Castro, Omar Teschke (Orientador)

105616/2007-9



LABORATÓRIO DE NANOESTRUTURAS E INTERFACES, INSTITUTO DE FÍSICA GLEB WATAGHIN, UNICAMP, 13083-970, Campinas, SP, Brasil

Palavras-chave: Surfactante – CTAB - Padrões interferométricos

Introdução

Surfactantes ou tensoativos são compostos orgânicos, constituídos por moléculas anfífilas contendo partes polares (cabeça) e apolares (cauda) (Fig. 1), com propriedades de atividade superficial, resultado da adsorção destes compostos na superfície de líquidos ou na interface entre dois líquidos imiscíveis. Possuem ampla gama de aplicações industriais envolvendo detergência, emulsificação, lubrificação, capacidade espumante, capacidade molhante, solubilização e dispersão de fases. Amostras em solução aquosa de *cetyltrimethylammonium bromide* (CTAB) - um surfactante catiônico - em substratos de mica (hidrofílico) e silício (hidrofóbico) foram observados por Microscopia de Força Atômica (AFM) e microscopia óptica e os padrões ópticos foram comparados aos medidos por AFM.

Materiais e Métodos

A secagem natural, à temperatura ambiente, de uma solução aquosa de molaridade 5×10^{-5} M do surfactante CTAB sobre mica resultou em depósitos que foram observados por meio da técnica de AFM. A secagem de CTAB sobre silício foi observada em um microscópio ótico, usando uma ocular S-PI 10X/20 e uma câmera CCD durante um tempo de 10 minutos à temperatura de 25 °C.

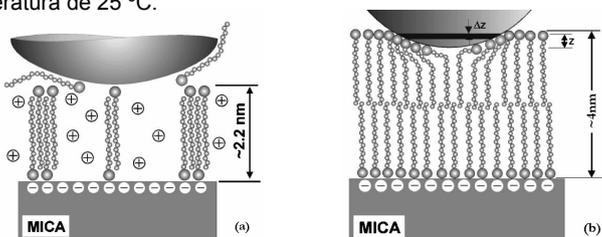


Fig. 1- Moléculas de surfactante, apresentando as regiões polares (cabeça) e apolares (cauda). Disposição em Monocamada (a) e bicamada (b) de CTAB.

Resultados e Discussões

Amostras de CTAB observadas pela técnica de AFM mostram a formação de degraus resultantes do processo de agregação das moléculas durante a secagem (Fig. 2). Cada camada (degrau) possui a espessura igual ao comprimento de uma molécula de CTAB no caso de uma monocamada ou o dobro no caso de uma bicamada (Fig. 1).

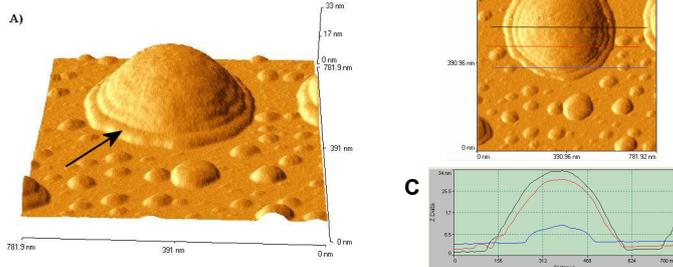


Fig. 2- CTAB após secagem de solução aquosa sobre mica, observado por AFM. A) Vista frontal, B) Vista superior e C) Topografia.

Monocamadas de CTAB apresentam espessura de ~ 2 nm, enquanto que bicamadas apresentam espessura de ~ 4 nm [O. Teschke, et al., Appl. Phys. Lett. 78, 3064 (2001)]. Obtivemos camadas formadas por degraus com espessura de ~ 4 nm correspondentes a bicamadas (seta na figura 2A).

Gotas de soluções de CTAB (Fig. 3), observadas por microscopia ótica, apresentaram franjas claras e escuras, similares às franjas de interferência de luz quando refletida por uma película fina. A imagem formada pode ser descrita pela integral de difração de Fraunhofer e a intensidade da luz dos pontos claros é um múltiplo da função de Bessel de segunda ordem. A intensidade luminosa cai com a distância do centro segundo a equação (1):

$$I = I_0 \left[\frac{k \cdot J_2(x)}{x} \right]^2 \quad (1)$$

onde $k = 2,5 \times 2^{1/2}$ é a constante de normalização, I_0 a intensidade luminosa máxima, J_2 a função de Bessel de segunda ordem e x a distância ao centro da gota (Fig. 4). Como a gota tem o formato de uma lentilha, já que o silício para soluções de 5×10^{-5} M é hidrofóbico o efeito de lente da gota forma os padrões ópticos observados.

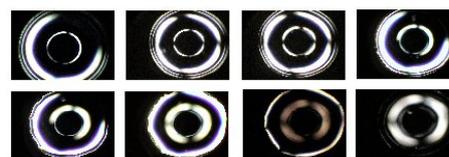


Fig. 3- Sequência da secagem de solução aquosa de CTAB obtida por um microscópio óptico com ampliação 5X.



Fig. 4- Modelo proposto para o fenômeno de franjas claras e escuras, segundo a teoria de difração de Fraunhofer. À direita temos o formato de lentilha da gota que origina o gráfico.

Com o intuito de quantificar padrões interferométricos utilizamos uma gota esférica de CTAB como lente, já que assim conhecemos os parâmetros ópticos e, para isso é necessário um substrato hidrofóbico. A Figura 5 mostra gota de água milli-Q sobre substratos hidrofóbicos crescidos em mica e vidro e *Melaleuca quinquenervia*. Equação (2) [Lum Ka, et al., J. Phys. Chem. B, 103 (22), 4570-4577, 1999. 10.1021] descreve a distância crítica entre estruturas adjacentes da superfície tal que a densidade gasosa supere a densidade líquida. Se $D < D_c$, é mais estável que a gota permaneça intacta e não penetre, o que se traduz na hidrofobicidade da superfície. μ_l e μ_g são os potenciais químicos, respectivamente, de líquido e gás, n_l é a densidade molecular e γ a tensão superficial do líquido.

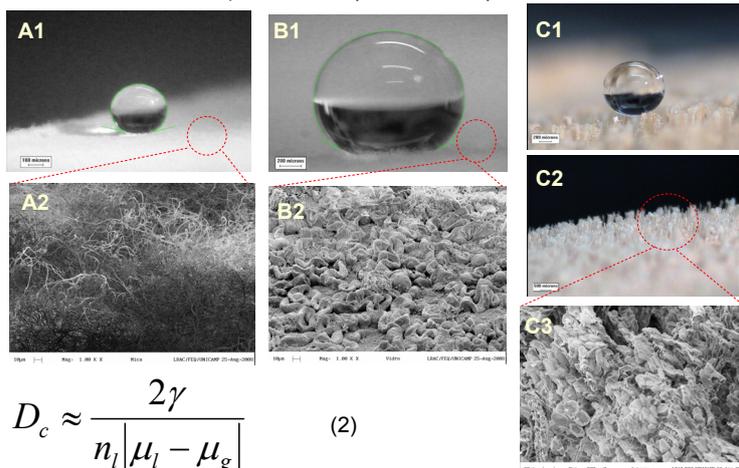


Fig. 5- Gotas de água sobre superfície super-hidrofóbica: A1) crescida sobre mica ($\theta=169^\circ$); B1) crescida sobre vidro ($\theta=152^\circ$) e C1) e C2) casca interna da *Melaleuca quinquenervia* ($\theta=180^\circ$). A2), B2) e C3) são imagens obtidas por SEM das estruturas dos substratos mencionados.

$$D_c \approx \frac{2\gamma}{n_l |\mu_l - \mu_g|} \quad (2)$$

Conclusão

A formação de degraus se dá por um processo complexo de ligação entre moléculas de CTAB - a depender da concentração do surfactante - e sua formação ainda é um processo a ser investigado, embora com este trabalho se conclua que degraus não são os agentes interferométricos, mas sim a geometria da gota. Isso se deve ao fato de termos calculado um valor de espessura mínima para ocorrência dos padrões interferométricos $\Delta l_{\text{MÍNIMO}} = \lambda/2 \approx 250 \text{ nm} \gg 4 \text{ nm}$, um valor 60 vezes maior que a altura típica da bicamada de CTAB obtida por AFM.