

- [3] Д а ш е в с к и й Б.Е., И г н а т ь е в А.Н., И в а н о в В.Я., К у л и к о в Ю.В. - ОМП, 1979, № 11, с. 41-42.
- [4] Б ы к о в с к и й Ю.А., Н е в о л и н В.Н. Лазерная масс-спектрокопия. М.: Энергоатомиздат, 1985. 127 с.
- [5] К а м и н с к и й. Атомные и ионные столкновения на поверхности металла. М.: Мир, 1967. 425 с.
- [6] А р и ф о в У.А. Взаимодействие атомных частиц с поверхностью металла. Ташкент: АН УзССР, 1961. 397 с.
- [7] Пикосекундная электронно-оптическая диагностика в лазерных исследованиях. Труды ФИАН, том № 155. М.: Наука, 1985. 240 с.

Институт общей физики  
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию  
16 мая 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 16

26 августа 1988 г.

## ПЛАСТИЧЕСКАЯ НАНОДЕФОРМАЦИЯ ОБРАЗЦОВ В ТУННЕЛЬНОМ МИКРОСКОПЕ

В.К. Н е в о л и н

Сканирующие туннельные микроскопы (СТМ) привлекают внимание не только уникальными возможностями по разрешению атомной структуры поверхностей материалов [1-3], но и одновременно с этим возможностью локального (в нанометровых областях) изменения поверхностной области образцов. В частности, на поверхности образцов возможно осаждение атомов с игольчатого электрода [4-6], с помощью которого и осуществляется визуализация поверхности. Возможны химические реакции в зазоре между образцом и игольчатым электродом, стимулированные электрическим полем [6]. В работе [7] игольчатый электрод использован в качестве микро-механического инструмента для прорезания углублений на поверхности образца, покрытого диэлектрической пленкой.

Еще одной возможностью изменения нанорельефа поверхности образцов является бесконтактная пластическая деформация поверхностной области с помощью игольчатого электрода СТМ.

Электрическое поле  $F$ , созданное у поверхности образца игольчатым электродом, может вызвать локальную деформацию за счет растягивающего напряжения  $\sigma$ , величина которого определяется выражением

$$\sigma = F^2 / 8\pi. \quad (1)$$

Пластическая деформация поверхностной области образца возможна, если

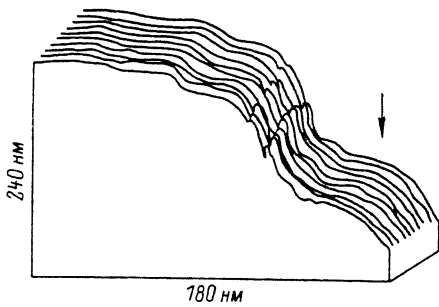


Рис. 1.

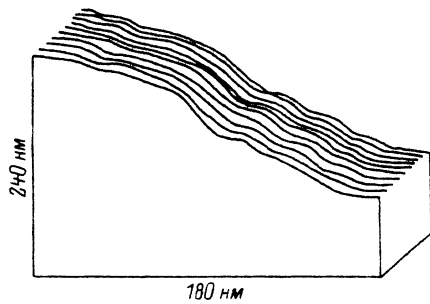


Рис. 2.

$$\sigma \geq 2\tau,$$

(2)

где  $\tau$  – напряжение сдвига образца, необходимое для начала пластической деформации.

Для реализации условия (2) в соответствии с формулой (1) необходимы поля  $F \lesssim 10^8$  В/см. Однако эти поля меньше полей, при которых происходит полевое испарение атомов материалов электродов [8].

Принципиальную возможность простого достижения требуемых полей доставляют СТМ (в частности, работающие в атмосферных условиях). При этом не будет никакой объемной ионизации газа, если расстояние между игольчатым электродом и поверхностью образца  $\sim 1$  нм и электрические поля реализуются при напряжениях  $\leq 10$  В.

На рис. 1 показан растр участка поверхности образца из олова. Один и тот же профиль записывался на самописце в течение 10 минут для того, чтобы можно было видеть стабильность и разрешение микроскопа. Затем в точке над образцом, отмеченным стрелкой, на игольчатый электрод, находящийся на малом расстоянии от поверхности, подавалось кратковременно напряжение до 5 В, и игольчатый электрод автоматически отступал от поверхности, поддерживая заданный туннельный ток. В результате пластической деформации образца (рис. 2) произошел подъем его участка на высоты до 50 нм. Горизонтальный радиус области пластической деформации ( $\sim 80$  нм) зависит от радиуса острия игольчатого электрода, величины вертикального смещения поверхности под игольчатым электродом и материала образца. Заметим еще, что условия, необходимые для предотвращения пластической деформации игольчатого электрода и обеспечения его чистоты, известны еще со времени создания ионных проекторов [8].

Наблюдаемое явление пластической деформации поверхностной области без механического контакта игольчатого электрода с образцом полезно для изменения нанорельефа поверхности материалов.

- [1] B i n n i g G., R o h r e r H. - Surface Science, 1983, v. 126, p. 236-244.
- [2] Х а й к и н М.С., Т р о я н о в с к и й А.М. - Письма в ЖТФ, 1985, т. 11, в. 20, с. 1236-1240.
- [3] В а с и л ь е в С.И., Л е о н о в В.Б., П а н о в В.И. - Письма в ЖТФ, 1987, т. 13, в. 5, с. 937-941.
- [4] A b r a h a m D., M a m i n H.J., G a n z E., C l a r k e J. - J. Res. Develop., 1986, v. 30, N 5, p. 492-496.
- [5] В е с к е р R.S., С о л о в с х е н к о J.A., S w a r t z e n t r u b e i B.S. - Recherche, 1987, v. 18, N 187, p. 492.
- [6] Ш е р м е р г о р Т.Д., Н е в о л и н В.К., А л е к п е р о в С.Д. Зарубежная электронная техника, 1987, № 4, с. 82-90.
- [7] M c C o r d H.A., P e a s e R.F.W. - Phys. Lett., 1987, v. 50, p. 569-570.
- [8] Автоионная микроскопия / Под ред. Д. Рене и С. Пантанатана. М.: Мир, 1971. 270 с.

Московский институт  
электронной техники

Поступило в Редакцию  
21 марта 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 16

26 августа 1988 г.

## ГИДРОДИНАМИКА НЖК В ОКРЕСТНОСТИ ПОРОГА ПЕРЕХОДА ФРЕДЕРИКСА

Ю.В. Б о ч а р о в, А.Д. В у ж в а

Исследование гидродинамики нематических жидких кристаллов (НЖК) в электрическом поле является весьма информативным методом определения их физических параметров [1-3]. Кроме того, большой практический интерес вызывает возможность критического снижения порога переориентации директора НЖК акустическими потоками у порога перехода Фредерикса [4].

В настоящей работе теоретически и экспериментально исследуются оптические свойства слоя НЖК в куэттовском потоке в окрестности порога перехода Фредерикса. Экспериментальная методика аналогична описанной в [3]. Использовался слой НЖК марки Н-8 го-меотропной ориентации толщиной 15 мкм. Электрическое напряжение подавалось с генератора звуковой частоты (50 Гц). На рисунке представлена зависимость фазовой задержки между необыкновенным и обыкновенным лучами  $\delta$  для монохроматического света ( $\delta = 0,38$  мкм) от скорости одной из подложек, между которыми рас-