

11, 12

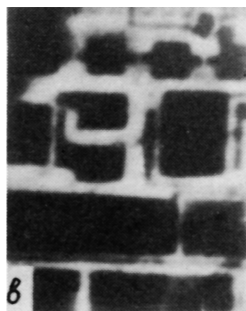
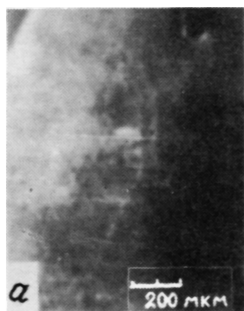
КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ОКИСЛА  
МЕТОДОМ НЕМАТИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВН.И. Гриценко, А.С. Клименко,  
С.И. Кучеев, Н.В. Мошель

В производстве изделий микроэлектроники качество диэлектрических пленок является определяющим в выходе годных изделий. Поэтому методам контроля диэлектрических пленок уделяется особое внимание. В последнее время в технологии контроля широко используются методы нематических жидких кристаллов (НЖК), основанные на управляемом электрическом полем двулучепреломлении в НЖК [1]. Для контроля качества диэлектрика методом НЖК на поверхности диэлектрика формируют ориентированный слой НЖК и исследуют электрооптику этого слоя. В местах дефектов, характеризующихся повышенными значениями проводимости по отношению к бездефектным областям, возникают локальные изменения ориентации НЖК, проявляющиеся в виде соответствующих оптических картин [1, 2].

В настоящем сообщении впервые показана возможность контроля с помощью НЖК изменений физико-химических свойств поверхности окисла, не связанных с изменением проводимости. В основу метода положена зависимость отклика НЖК на изменение физико-химических свойств поверхности [3]. При этом оптическая картина проявляется без приложения внешнего электрического поля. Объектом исследования служил термически выращенный окисел  $SiO_2$  на  $Si$ . На  $SiO_2$  наносился тонкий слой металлизации (алюминия), после чего известными методами фотолитографии на металле был сформирован определенный технологический рисунок. После отжига металлизация полностью стравливалась. Изучение поверхности окисла с помощью оптического микроскопа, а затем и с помощью растрового электронного микроскопа, не выявило следов рисунка на  $SiO_2$  после травления.

Для выявления следов рисунка на окисле использовалась смесь НЖК МББА (1:1); ориентантом служил слабый раствор лецитина в толуоле. Толщина наносимого слоя НЖК составляла 20 мкм. Для получения однородной ориентации НЖК, образец нагревался до перехода в изотропное состояние с последующим охлаждением в нематическую мезофазу. Визуализация рисунка происходит в нематической мезофазе. Вначале проявляются контуры наиболее крупных элементов рисунка (а), но при дальнейшем понижении температуры становятся отчетливо видны более мелкие детали (б, в). Существует некоторый температурный интервал визуализации рисунка.

Исследования показали, что качество визуальной картины зависит не только от температуры, но, в первую очередь, от концентрации ориентанта. При увеличении концентрации ориентанта начальная температура визуализации (соответствующая рисунку, а) снижается, причем существует некоторая критическая концентрация ориентанта,



Визуализация состояния поверхности окисла. Температура, °C: а - 35, б - 28, в - 22.

выше которой рисунок не проявляется вовсе. Уменьшение концентрации ориентанта приводит к сужению температурного интервала визуализации.

Можно предположить, что в процессе отжига атомы алюминия вследствие диффузии внедрились в решетку, изменив тем самым поверхностную энергию исследуемого окисла. Характер ориентации молекул НЖК на твердой поверхности определяется соотношением поверхностных энергий твердой подложки и НЖК [4]. Поверхностная энергия НЖК изменяется ориентантом. Совместное действие поверхности и ориентанта на НЖК задает исходную наклонную ориентацию со средним углом  $\alpha$  наклона директора по отношению к подложке. Отличие в энергии взаимодействия НЖК с подложкой на разных участках окисла определяет исходную ориентацию на этих участках с разными углами наклона директора и, следовательно, приводит к появлению в поляризованном свете оптического рельефа.

Как уже отмечалось, визуализация областей окисла с различными физическими свойствами возможна лишь в случае малых концентраций ориентанта. Это свидетельствует о незначительных изменениях поверхностной энергии окисла при легировании. При больших концентрациях ориентанта на всей поверхности будет иметь место гомеотропная ориентация НЖК. При уменьшении концентрации ориентанта, т.е. при увеличении энергии связи  $E$  молекул НЖК с подложкой, угол  $\alpha$  наклона директора к подложке будет уменьшаться. При таких концентрациях ориентанта  $d\alpha/dE$  велико, поэтому незначительные изменения в энергии связи  $E$  вызывают заметные изменения угла  $\alpha$ :  $d\alpha \sim \frac{d\alpha}{dE} \cdot \Delta E$ , где  $\Delta E$  - разность энергий связи молекул НЖК с легированной и нелегированной областями окисла. Роль малой концентрации ориентанта сводится к смещению энергии сцепления НЖК - подложка в область больших значений  $d\alpha/dE$ .

Необходимо отметить роль флуктуаций директора (степени упорядочения) в процессе визуализации. Тепловые колебания молекул выступают в роли фактора, снижающего контраст и разрешение полученного оптического рельефа. Этим объясняется существование

начальной температуры проявления рельефа. Если средний угол флуктуации директора  $\theta$  будет превышать локальное отклонение директора  $\Delta\alpha$ , то рельеф не будет виден. Условием визуализации исследуемой структуры будет соотношение  $\Delta\alpha > \theta$ . При понижении температуры флуктуации директора уменьшаются, и становятся различными более мелкие детали оптического рельефа.

Подобным образом представляется возможным контролировать микропримеси в поверхностных слоях не только окислов, но и других материалов, а также локальные изменения физических свойств поверхности материала при внешних воздействиях, если эти изменения сопровождаются отклонениями в энергии взаимодействия НЖК с подложкой [5]. Отметим, что описанная методика обладает достаточной чувствительностью и может быть использована в системах хранения и отображения информации.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Гриценко Н.И., Клименко А.С., Коваль Ю.Д., Мошель Н.В. // Микроэлектроника. 1984. Т. 13. В. 2. С. 468-471.
- [2] Гриценко Н.И., Завацкий С.В., Кучев С.И., Мошель Н.В. // Микроэлектроника. 1987. Т. 16. В. 5. С. 402-406.
- [3] Чигринов В.Г. // Кристаллография. 1982. Т. 27. В. 2. С. 404-430.
- [4] Коньяр Жак. Ориентация нематических жидких кристаллов и их смесей. - Минск: Изд-во „Университетское“, 1986. 101 с.
- [5] Чумакова С.П., Тихомирова Н.А., Гинзбург А.В., Лисецкая Е.К., Комарь В.К. Письма в ЖТФ. 1987. Т. 12. В. 22. С. 1379-1384.

Черниговский государственный  
педагогический институт  
им. Т.Г. Шевченко

Поступило в Редакцию  
18 мая 1989 г.