

Физика

УДК 548.0:532.783

Г.Г. БАДАЛЯН, Х.М. КАЗАРЯН, Ս.Տ. ՏԱԿՅԱՆ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ И ГРАНИЦ ДОМЕНОВ С ПОМОЩЬЮ  
ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО МИКРОСКОПА

В работе приведен метод определения размеров домена и доменных границ с помощью поляризационного микроскопа. Использовался факт влияния размеров дискообразных доменов на разность фаз между прямым и проходящим через домен (образец) лучами. Показано воздействие солей и других факторов на размеры доменов, которое сопровождается изменением показателя преломления.

Для изучения жидких кристаллов важное значение имеет определение размеров и параметров доменов и доменных границ. Зачастую размеры доменов таковы, что измерение с помощью шкалы, приспособленной к микроскопу, бывает приблизительным, т. к. даже при максимальном увеличении они не превышают одного деления шкалы. Поэтому в данной работе с использованием связи между размерами доменов и разностью фаз лучей (с доменом и без него) определяются размеры доменов и их границ. Показано, что воздействие солей и других факторов на размеры доменов сопровождается изменением показателя преломления.

Разность фаз  $\delta_0$ , полученная экспериментально, не превышает  $0,48^\circ$ . Причем  $\delta = \delta_0 \sin 2\Delta\varphi$ , где  $\Delta\varphi$  – разность фаз лучей с образцом и без него в случае, когда при двулучепреломлении наблюдается затухание, которое соответствует значению угла поворота поляризатора  $\alpha = 43^\circ$ .

Величина двулучепреломления  $\Delta n$  [1] зависит от степени ориентации оптической поляризационной анизотропии ( $\alpha_1 - \alpha_2$ ) и толщины анизотропного слоя. Для двух лучей, распространяющихся в плоскостях  $ZOX$  и  $Z_1O_1X_1$ , связь между  $\Delta n$  и компонентами  $a_{xx}$  и  $a_{yy}$  тензора поляризации молекул дается в виде

$$\Delta n = \frac{2\pi N}{n} \left( \frac{n^2 + 2}{3} \right)^2 (\bar{a}_{xx} - \bar{a}_{yy}), \quad (1)$$

где  $N$  – количество молекул в единичном объеме,  $n$  – средний показатель преломления образца.

Чтобы найти степень поляризации макромолекулы в лабораторной системе  $XYZ$ , прежде определим ее в системе  $X_1Y_1Z_1$ , связанной с эллиптической поверхностью. Обозначим степени поляризации молекул в этой системе через  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ . В этом случае, пользуясь полярным углом  $\theta_1$  и принимая распределение по азимутальному углу  $\varphi_1$  равномерным, для элементов тензора поляризации будем иметь

$$\begin{aligned}\bar{a}_{xx_1} &= \frac{1}{2}(\alpha_1 - \alpha_2)\overline{\sin^2\theta_1} + \alpha_2, \\ \bar{a}_{yy_1} &= \frac{1}{2}(\alpha_1 - \alpha_2)\overline{\sin^2\theta_1} + \alpha_2, \\ \bar{a}_{zz_1} &= \frac{1}{2}(\alpha_1 - \alpha_2)\overline{\sin^2\theta} + \alpha_2.\end{aligned}\quad (2)$$

Учитывая, что  $\overline{a_{x_1y_1}} = \overline{a_{y_1x_1}} = \overline{a_{x_1z_1}} = \overline{a_{z_1x_1}} = \overline{a_{y_1z_1}} = 0$  и что поляризация эллиптическая, имеющая осевую симметрию, характеристический угол можем брать произвольным, в том числе  $0^0$ . Исходя из этого и учитывая связь между системами  $XYZ$  и  $X_1Y_1Z_1$ , получим

$$\begin{aligned}a_{xx} &= (\alpha_1 - \alpha_2) \left[ \frac{1}{2} \overline{\sin^2\theta_1} \cos^2\theta \cos^2\varphi + \frac{1}{2} \overline{\sin^2\theta_1} \sin^2\varphi + \overline{\cos^2\theta_1} \sin^2\theta \cos^2\varphi \right] + \alpha_2, \\ a_{yy} &= (\alpha_1 - \alpha_2) \left[ \frac{1}{2} \overline{\sin^2\theta_1} \cos^2\theta \sin^2\varphi + \frac{1}{2} \overline{\sin^2\theta_1} \cos^2\varphi + \overline{\cos^2\theta_1} \sin^2\theta \sin^2\varphi \right] + \alpha_2, \\ a_{zz} &= (\alpha_1 - \alpha_2) \left[ \frac{1}{2} \overline{\sin^2\theta_1} \sin^2\theta + \overline{\cos^2\theta_1} \cos^2\theta \right] + \alpha_2,\end{aligned}\quad (3)$$

где  $\theta$  и  $\varphi$  – углы Эйлера в системе координат  $X_1Y_1Z_1$ , а третий угол выбран нулевым по вышеуказанной причине. Так как в формулу (2) входит множитель  $(\alpha_{xx} - \alpha_{yy})$ , то из (3) будем иметь

$$a_{xx} - a_{yy} = (\alpha_1 - \alpha_2) \cos 2\varphi \sin^2\theta \frac{3\overline{\cos^2\theta_1} - 1}{2}.\quad (4)$$

Подставив (4) в формулу (1), получим

$$\Delta n = \frac{2\pi N}{n} \left( \frac{n^2 + 2}{3} \right)^2 (\alpha_1 - \alpha_2) \cos 2\varphi \sin^2\theta \frac{3\overline{\cos^2\theta_1} - 1}{2}.\quad (5)$$

Учитывая связь между разностями фаз  $\delta$  двойного лучепреломления и сделав соответствующие упрощения, получим

$$\Delta n = \frac{\lambda\delta}{2\pi d},\quad (6)$$

где  $d$  – расстояние, проходимое лучом через домен. Из (5) и (6) имеем

$$\delta = \frac{4\pi^2 N}{n\lambda} S(\alpha_1 - \alpha_2) \left( \frac{n^2 + 2}{3} \right)^2 r_0 \left( \cos^2 \theta \sin^2 \theta - \sin^2 \theta \sqrt{\cos^2 \theta - \frac{2\Delta r}{r_0}} \right), \quad (7)$$

где  $S = \frac{3\overline{\cos^2 \theta_1} - 1}{2}$  – параметр порядка ориентации, ответственный за конформацию молекул в домене [2], или фактор ориентации [3],  $\lambda$  – длина волны света в вакууме,  $\Delta r$  – толщина слоя. Таким образом, в формулу (7) входят размеры и степень поляризации домена. И если известны  $S$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  и  $n$ , то можно определить размеры домена и ширину его границы. Для идеального кристалла  $S = 1$ , для изотропной жидкости  $S = 0$ . Величина  $S$  описывает один домен и в первом приближении не зависит от влияния внешних факторов [4]. Следовательно, в этих условиях в формуле (7) меняется только  $r_0$ , который является радиусом дискообразного домена.

Таким образом, имея разность фаз  $\delta$ , обусловленную жидкокристаллической структурой, и определив фактор  $S$  без внешнего влияния, по формуле (7) можем определить изменение размеров домена и доменных границ.

Кафедра общей физики

Поступила 17.12.2002

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Борн Н., Вольф Э. Основы оптики. М., 1970.
2. Zwetkoff W. – Acta Physicochem. USSR, 1942, v. 16, p. 132.
3. Блинов Л.М. Электро и магнитооптика жидких кристаллов. М.: Наука, 1978.
4. Минасянц М.Х., Бадалян Г.Г., Шагинян А.А. – Кристаллография, 1997, т. 42, № 3, с. 5012.

Գ.Գ. ԲԱԴՂԱԼՅԱՆ, Խ.Մ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Շ.Ս. ՍԱՀԱԿՅԱՆ

ԴՈՍԵՆՆԵՐԻ ԵՎ ԴՈՍԵՆԱՅԻՆ ՍԱՀՄԱՆՆԵՐԻ ՉԱՓԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ  
ԲԵՎԵՌԱՅԻՆ ՍԱՆՐԱԴԻՏԱԿՈՎ

#### Ամփոփում

Աշխատանքում նկարագրված են դոմենի և դոմենային սահմանների չափերը: Այդ նկատակով օգտագործված է սկավառակաձև դոմենի չափերի և սկզբնական ու դոմենի միջով անցած ճառագայթների փուլերի տարբերության միջև եղած կապը: Ցույց է տրված աղերի և այլ խառնուրդների ազդեցությունը դոմենների չափերի վրա, որը արտահայտվում է բեկման ցուցիչի փոփոխությամբ:

DETERMINATION OF DOMAIN MEASURES AND DOMAIN BORDER  
MEASURES BY THE POLAROID MICROSCOPE

Summary

In the present paper the domain measures and domain border measures are determined. For this purpose the connection between the disk-shape domain measures and the phase difference between the initial rays and those passed through domain is used. The influence of salts and other mixtures on domain measures is defined, which is expressed by the refraction index change.