

УДК 548.0:532.783

Г. Г. БАДАЛЯН, Х. М. КАЗАРЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЛЩИН ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ В ЛИОТРОПНЫХ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

При помощи дифракции рентгеновских лучей и поляризационного оптического микроскопа исследована зависимость толщины доменной границы от концентрации амфифильного вещества в лиотропной жидкокристаллической системе. Показано, что при малых концентрациях доменная граница представляет собой водяной слой, а при больших – липидную бислойную ламеллу. Обнаружена связь между шириной рефлекса рентгеновских лучей под малыми углами и толщиной доменной границы.

Как известно [1], в лиотропных жидкокристаллических (ЛЖК) системах доменом называется структурная область, в которой директор имеет определенное направление. При малых концентрациях амфифильного вещества доменные границы представляют собой междоменный водяной слой, а границы домен-вода – гидратные головки амфифильного вещества. Это очень четко прослеживается в исследованиях с поляризационным оптическим микроскопом при малых концентрациях амфифильного вещества. При уменьшении количества воды домены приближаются друг к другу, сокращая толщину водяного слоя, являющегося доменной границей. При дальнейшем уменьшении содержания воды наблюдается слипание доменов, но они не объединяются, т.к. имеют разные ориентации с различным направлением директора. В этом можно убедиться из рентгенодифракционной картины, полученной под малыми и большими углами, имеющей вид окружности (рис. 1). А подобные картины свойственны поликристаллам. По полученной картине, можно убедительно сделать вывод о том, что как при малом, так и при большом количестве воды имеются домены с разными ориентациями [2].

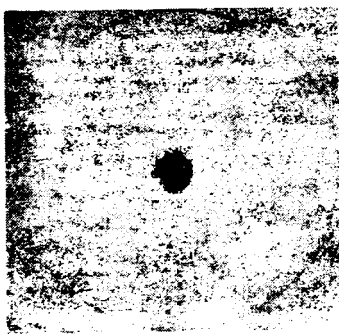


Рис. 1. Рентгенодифракционная картина ЛЖК-системы с ориентированными доменами и узкими доменными границами.

Однако при большом содержании воды углеводородные хвосты молекул являются более подвижными. Это означает, что ламеллы более рыхлые и

дифракционные кольца расширены, а доменные границы увеличены за счет размеров ламелл. Действительно, при дифракции рентгеновских лучей под малыми углами наблюдается увеличение ширины рефлекса. Кажется, что параллельно упорядоченности углеводородных хвостов, когда толщины ламелл становятся строго определенными, дифракционные кольца становятся более резкими, вследствие чего толщина кольца рефлекса уменьшается.



Рис. 2. Поляризационная микроскопическая картина широкой доменной границы ЛЖК-системы при 85%-й концентрации амфифильного вещества.



Рис. 3. Рентгенодифракционная картина ЛЖК-системы с ориентированными доменами и широкой доменной границей.

Для образца с малым количеством воды и при отражении под большими углами наблюдается превращение диффузного гало в резкое кольцо, которое является следствием упорядоченности углеводородных хвостов [3]. Однако такое кольцо малой ширины должно было получаться и при дифракции под малыми углами. При дальнейшем уменьшении содержания воды ширина дифракционного маленького кольца также уменьшается, а рефлекс становится более резким. Начиная с некоторых концентраций дифракционные картины продолжают становиться более резкими при дифракции под малыми углами, а ширина дифракционного кольца начинает увеличиваться. При 20%-ом содержании воды наблюдается максимальное расширение дифракционного кольца. В картине, полученной поляризационным микроскопом (рис. 2) при отмеченной концентрации, доменные границы настолько широкие, что имеют вид черных полос. Через этот слой поляризационный свет не проникает, так как на доменной границе при переходе из одного домена к другому ламеллы изгибаются. Следовательно, оптическая ось ламелл располагается так, что она не может вращать вектор поляризации, в результате чего вторая призма Николя не пронизывается для этого луча. Однако изогнутые ламеллы, составляющие доменную границу, могут удовлетворять условию Брегга и, следовательно, при отражении под углом $\theta + \Delta\theta$ увеличивают ширину дифракционного кольца. Это начинается с момента, когда между двумя доменами толщина водяного слоя достигает минимума или они соприкасаются между собой. Доменные границы, образующиеся из изогнутых ламелл амфифильного вещества и воды, обеспечивают переход направления директора от домена к домену (рис. 2). Так как уменьшение количества воды приводит к уменьшению межламеллярного водяного слоя, то толщина доменной границы возрастает.

тает за счет размеров самого домена. При соприкосновении двух доменов рефлекс, полученный под малыми углами, обладает максимальной резкостью. Параллельно уменьшению воды происходит соприкосновение доменов, и ширина рефлекса малоугловой дифракции возрастает (рис. 3).

Таким образом, при большом количестве воды доменная граница представляет собой водяной слой, который легко наблюдается под микроскопом. При ее малом содержании доменная граница, образующаяся из изогнутых ламелл, также наблюдается под микроскопом при больших концентрациях амфифильного вещества. Однако при промежуточных концентрациях, когда толщина доменной границы мала, ее уже невозможно наблюдать. В этом случае толщину доменной границы можно определить из динамики изменения ширины дифракционного кольца, получившегося при дифракции рентгеновских лучей под малыми и большими углами.

Кафедра общей физики

Поступило 17.03.2006

ЛИТЕРАТУРА

1. Бадалян Г.Г., Шагинян А.А. – Биофизика, 1988, т. 33, вып. 1, с. 92–96.
2. Бадалян Г.Г., Казарян Х.М., Степанян М.А., Минасянц М.Х., Шагинян А.А. – Известия АН Арм. ССР. Физика, 2002, т. 37, № 6, с. 382–386.
3. Hyde S.T. Identification of Lyotropic Liquid Crystalline Mesophases. Handbook of Applied Surface and Colloid Chemistry. Ed. by K. Holmberg, Chapter 16, John Wiley & Sons, 2001.

Հ. Գ. ԲԱԴԱԼՅԱՆ, Խ. Մ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ

ԼԻՆՏՐՈՊ ՀԵՂՈՒԿԲՅՈՒՐԵՂԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐՈՒՄ
ԴՈՍԵՆԱՅԻՆ ՍԱՀՄԱՆՆԵՐԻ ՀԱՍՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ

Ամփոփում

Լիոտրոպ հեղուկբյուրեղական համակարգերում ռենտգենյան ճառագայթների դիֆրակցիայի և բևեռային օպտիկական մանրադիտակի միջոցով ուսումնասիրված է դոմենային սահմանի հաստության կախվածությունը ամֆիֆիլ նյութի կոնցենտրացիայից: Յույց է տրված, որ փոքր կոնցենտրացիաների դեպքում դոմենային սահմանը հանդիսանում է ջրային շերտը, իսկ բարձր կոնցենտրացիաների դեպքում՝ լամելները (լիպիդային երկշերտը): Ստացված է կապ ռենտգենյան ճառագայթների ռեֆլեքսի և դոմենային սահմանների հաստությունների միջև:

H. G. BADALYAN, Kh. M. GHAZARYAN

INVESTIGATIONS OF DOMEN BOUNDARY THICKNESSES IN
LYOTROPIC LIQUID CRYSTAL SYSTEMS

Summary

The domen boundary thickness dependence of amphiphil substance concentration in lyotropic liquid crystal systems was investigated, through X-ray diffraction and polaroid optical microscope, the domen boundary is the water layer itself, but at higher concentration the domen boundary is the lipid bilayer of lamellas. A connection between the X-ray reflex and thicknesses of domen boundaries was obtained.