

ВЛИЯНИЕ ИМИНОКСИЛЬНЫХ РАДИКАЛОВ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ МББА И ЭББА

А. Э. ДИНГЧЯН

Проведено исследование величины тока, проходящего через тонкий слой МББА и ЭББА, в зависимости от напряженности электрического поля и температуры в случае, когда жидкие кристаллы содержат добавки иминоксильных радикалов в различных концентрациях по весу. Показано, что во всех рассмотренных случаях ток существенно зависит от типа и концентрации радикалов и определяется формулой $I = I_0 \exp(-E_a/kT)$. Энергия активации проводимости также существенно зависит от концентрации и типа радикалов. Предполагается, что радикалы неодинаково влияют на электрические свойства МББА и ЭББА.

В связи с использованием различных электрооптических эффектов в нематических и холестерических жидких кристаллах изучение электропроводности жидкокристаллических веществ имеет не только теоретический, но и практический интерес. Как уже показано в [1], из многих механизмов воздействия электрического поля на тонкий слой жидкого кристалла существенная роль принадлежит переносу зарядов.

Целью настоящей работы является исследование зависимости величины тока, протекающего через тонкий слой жидких кристаллов МББА и ЭББА, от температуры при добавлении к ним свободных иминоксильных радикалов. Структурные формулы используемых радикалов приведены на рис. 1. Исследование проводилось в измеритель-

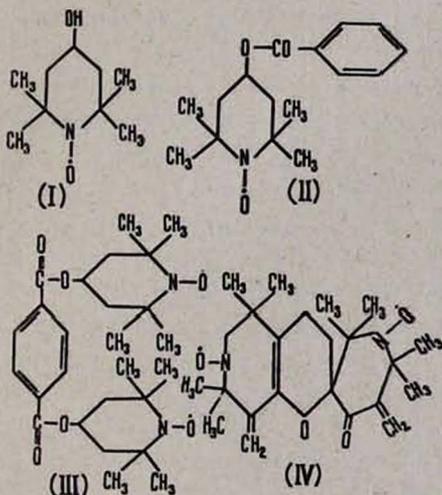


Рис. 1. Иминоксильные свободные радикалы.

ной ячейке с токопроводящими стеклами. Натиранием токопроводящих стекол предварительно была получена монодоменная структура (директор \bar{L} параллелен плоскости стекла).

На рис. 2 приведены температурные зависимости тока, протекающего через тонкий слой ЭББА и ЭББА + (II) (концентрация радикала — 1%), при напряженности поля $E = 7,5$ кв/см (всюду далее используется это значение напряженности). Из этих кривых следует,

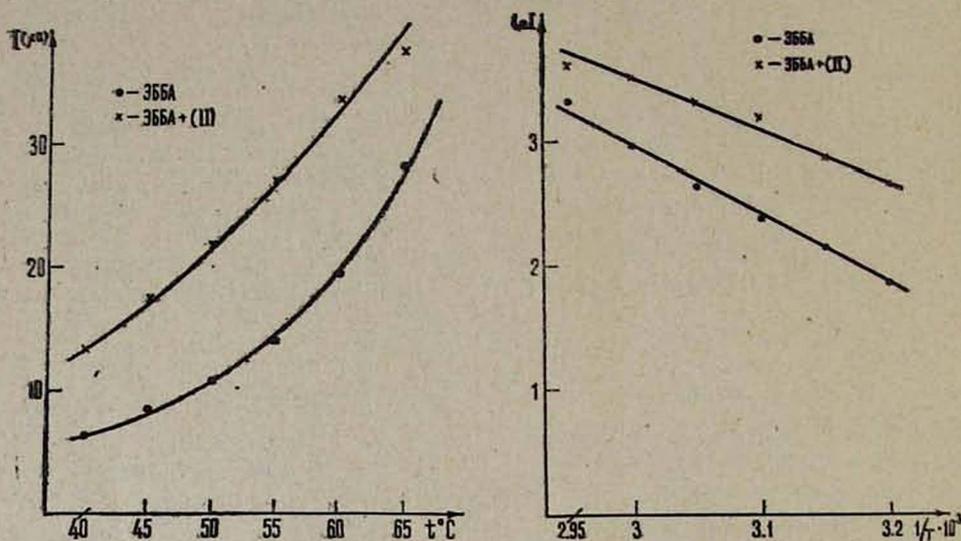


Рис. 2. Температурная зависимость величины тока, протекающего через ЭББА и ЭББА + (II) (концентрация радикала — 1% по весу), при $E = 7,5$ кв/см; толщина образца $l = 40$ мкм.

что ток в указанных случаях описывается формулой $I = I_0 \exp(-E_a/kT)$, где E_a — энергия активации прохождения тока. Аналогичные результаты получены и для остальных радикалов при концентрациях 0,5, 1 и 2,5%.

Рассмотрим влияние свободных иминоксильных радикалов на величину тока, протекающего отдельно через МББА и ЭББА. На рис. 3 приведена зависимость величины тока в МББА от концентрации свободных радикалов для всех четырех типов радикалов при температуре $t = 22^{\circ}\text{C}$. При увеличении концентрации радикалов до некоторого значения $C_{\text{мин}}$ ток уменьшается, а затем увеличение концентрации приводит к увеличению тока. Такая закономерность в случае радикала (I) описывалась в [2]. Но концентрация $C_{\text{мин}}$, при которой ток достигает минимального значения, для радикалов (I) и (II) составляет 0,5%, а для (III) и (IV) — 1%. По-видимому эту разницу можно объяснить большими молекулярными весами последних двух радикалов. Из-за разного молекулярного веса при данной концентрации число молекул радикалов (III) и (IV) в смеси жидкий кристалл + радикал (\dot{K}) примерно в два раза меньше, чем радикалов (I) и (II).

В качестве другой причины, объясняющей эту разницу, можно привести тот факт, что при прочих равных условиях из-за малой под-

вижности радикалов (III) и (IV) требуется большая плотность объемного заряда. Повышения этой плотности можно добиться за счет увеличения количества радикалов в смеси.

На рис. 4 приведены аналогичные зависимости для ЭББА при $t = 40^\circ\text{C}$. В этом случае наблюдается другая закономерность измене-

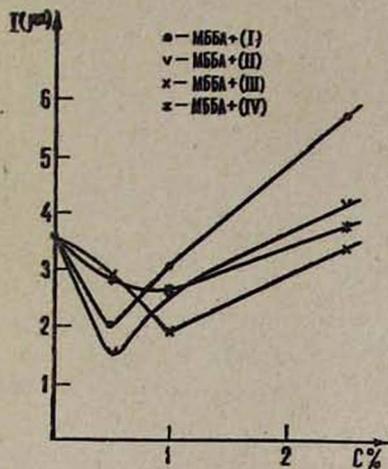


Рис. 3. Зависимость величины тока от концентрации радикала в смесях МББА + \dot{R} ; $t = 22^\circ\text{C}$, толщина образца $l = 20$ мм.

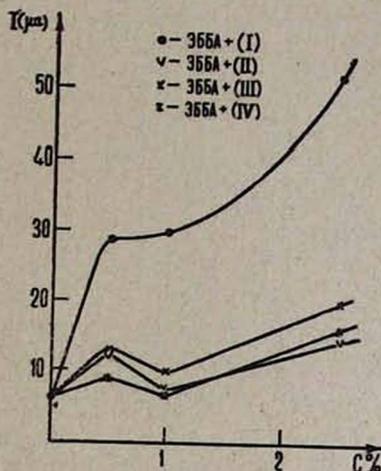


Рис. 4. Зависимость величины тока от концентрации радикала в смесях ЭББА + \dot{R} ; $t = 40^\circ\text{C}$.

ния величины тока с концентрацией радикалов. До концентрации $C = 0,5\%$ ток увеличивается, затем он уменьшается до $C = 1\%$, а при дальнейшем увеличении концентрации радикалов ток снова увеличивается. Такая зависимость наблюдается для всех радикалов, кроме (I). При увеличении концентрации радикала (I) ток монотонно возрастает.

Отметим, что ток в смесях ЭББА + \dot{R} в отличие от смесей МББА + \dot{R} всегда остается больше, чем в случае чистого ЭББА, и когда концентрация радикала (I) достигает $2,5\%$, ток в этой смеси увеличивается примерно в восемь раз. Такое отличие говорит о разных механизмах взаимодействия радикалов с молекулами ЭББА и МББА. Это предположение подтверждается и ниже приведенными рассуждениями о влиянии концентрации радикалов на энергию активации прохождения тока через исследуемую смесь жидкий кристалл + \dot{R} .

Значения энергии активации прохождения тока E_a для смесей МББА + \dot{R} и ЭББА + \dot{R} приведены соответственно в табл. 1 и 2. Как видно из этих таблиц, величина энергии активации МББА и ЭББА меняется в зависимости от типа и концентрации радикалов. Концентрационные зависимости энергии активации имеют экстремальные точки. Это означает, что барьеры переходов объемных зарядов

Таблица 1

Энергия активации E_{a1} в ккал/моль для МББА и смеси МББА + \dot{R} в зависимости от типа и концентрации радикала

Тип радикала	Концентрация рад. (C%)			
	0	0,5	1	2,5
(I)	4,8	4	7	8
(II)	4,8	8,6	11	6
(III)	4,8	8	12	10
(IV)	4,8	12	10	7,5

Таблица 2

Энергия активации E_{a2} в ккал/моль для ЭББА и смеси ЭББА + \dot{R} в зависимости от типа и концентрации радикала

Тип радикала	Концентрация рад. (C%)			
	0	0,5	1	2,5
(I)	12	10	12,4	14
(II)	12	16	8,2	12,8
(III)	12	10	8,2	9,6
(IV)	12	8,4	10,4	8,8

являются функцией от концентрации радикалов. А это, в свою очередь, приводит к заключению, что действительно вязкость ЖК в зависимости от концентрации меняется не монотонно, что и отмечалось в [3].

Чтобы выяснить, как влияет данный радикал на электрические свойства МББА и ЭББА, сопоставим отношение $n = \frac{E_{a2}(0)}{E_{a1}(0)}$ для чи-

стых веществ с отношением $n' = \frac{E_{a2}(C)}{E_{a1}(C)}$ для данной концентрации

радикалов, где E_{a1} и E_{a2} — соответственно энергии активации для МББА и ЭББА. Расчеты показывают, что во всех случаях (кроме 0,5% концентрации для радикала (I)) n получается больше, чем n' . В случае 0,5% концентрации радикала (I) $n = n'$.

Можно предположить, что данный радикал неодинаково влияет на электрические свойства МББА и ЭББА. Чтобы выяснить, в каком из этих ЖК данный радикал существенно влияет на электрические свойства, возьмем разные концентрации $C_1 \neq C_2$. Сопоставление отношения $m = \frac{E_{a2}(C_1)}{E_{a2}(C_2)}$ с отношением $m' = \frac{E_{a1}(C_1)}{E_{a1}(C_2)}$ показывает, что радикалы (I) и (III) существенно влияют на электрические свойства ЭББА, а радикалы (II) и (IV) — на электрические свойства МББА.

Так как радикал (при прочих равных условиях) по-разному влияет на энергию активации тока через МББА и ЭББА, то это означает, что в этих процессах не столь важны полупроводниковые свойства самого радикала, а более существенны взаимодействия молекулы жидкого кристалла с радикалами.

Горисские лаборатории
ВЦ АН АрмССР

Поступила 30.VII.1976

ЛИТЕРАТУРА

1. G. Heilmeter, L. Zanoni, L. Barton. Proc. IEEE, 56, 24 (1968).

2. А. Ц. Саркисян, А. Э. Динчян. Изв. АН АрмССР, Физика, 11, 146 (1976).

3. А. Ц. Саркисян и др. Изв. АН АрмССР, Физика, 11, 476 (1976).

ԻՄԻՆՕՔՍԻԼ ՌԱԴԻԿԱԼՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՄԲԲԱ ԵՎ ԷԲԲԱ
ՀԵՂՈՒԿ ԲՅՈՒՐԵՂՆԵՐԻ ՀԱՂՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ

Ա. Է. ԴԻՆՉՅԱՆ

Կատարված է ՄԲԲԱ և ԷԲԲԱ հեղուկ բյուրեղների բարակ շերտով անցնող հոսանքի մեծության ուսումնասիրություն՝ կախված էլեկտրական դաշտի լարվածությունից և շերտաստիճանից, կրթ հեղուկ բյուրեղներին ավելացվում են իմինօքսիլ ազդեցական տարրեր կոնցենտրացիաներով ըստ կշռի: Ցույց է տրված, որ դիտարկված բոլոր դեպքերում հոսանքը էապես կախված է ազդեցալի տիպից և կոնցենտրացիայից և որոշվում է հետևյալ բանաձևով $I = I_0 \exp(-E_a/kT)$: Ստացված է, որ հաղորդականության ակտիվացման էներգիան էապես կախված է ազդեցալի տիպից և կոնցենտրացիայից: Արված է հետևություն, որ ազդեցալը միատեսակ չի ազդում ՄԲԲԱ և ԷԲԲԱ-ի էլեկտրական հատկությունների վրա:

THE INFLUENCE OF IMINOXYL RADICALS ON THE
CONDUCTIVITY OF MBBA AND EBBA LIQUID CRYSTALS

A. E. DINGCHYAN

The dependence of the magnitude of current through thin MBBA and EBBA layers on the electric field tension and the temperature was studied when iminoxil radicals were added to liquid crystals in different weight concentrations. In all the observed cases the current was shown to essentially depend on the type and the concentration of a radical and to be given by the formula $I = I_0 \exp[-E_a/kT]$. It was obtained that the stimulating energy of the conductivity essentially depends on the radical type and the concentration.