

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РАССЕЯНИЕ СВЕТА В ЖИДКИХ НЕМАТИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛАХ

В. Г. Веселого, Ю. В. Коробкин, Ю. С. Леонов

Произведено исследование рассеяния света в жидких нематических кристаллах в магнитном (до 130 кэ) и электрическом (до $2,4 \cdot 10^4$ в/см) полях.

В данной работе предприняты исследования совместного действия магнитного и электрического полей на рассеяние света в кристаллах с отрицательной ($\epsilon_{\parallel} < \epsilon_{\perp}$) и положительной ($\epsilon_{\parallel} > \epsilon_{\perp}$) анизотропиями диэлектрической проницаемости, где ϵ_{\parallel} и ϵ_{\perp} диэлектрические проницаемости вдоль направления вытянутости молекул и перпендикулярно ему.

Эксперимент состоял в измерении интенсивности света $I(H)$, прошедшего через жидкий кристалл. В случае $\epsilon_{\parallel} < \epsilon_{\perp}$ использовался жидкий нематический кристалл МББА. При $\epsilon_{\parallel} > \epsilon_{\perp}$ — смесь (60% МББА + 30% ЭББА + 10% нитрила). Жидкий кристалл помещался между пластинами из плавленого кварца, отделенных друг от друга прокладками толщиной 125 мк. Для приложения электрического поля пластины покрывались прозрачным проводящим слоем SnO_2 . Источником света служил He-Ne-лазер ЛГ-75 с длиной волны 0,63 мк. Магнитное поле получалось на установке "Соленоид" [1]. Измерения проводились при 19°C.

Действие магнитного поля на жидкие кристаллы обусловлено диамагнетизмом молекул из-за наличия бензольных колец. В достаточно большом по величине магнитном поле H молекулы выстраиваются вдоль H . При этом жидкий нематический кристалл, имеющий поликристаллическую структуру, характеризующуюся набором областей со своим преимущественным направлением молекул, становится монокристаллическим. Об образовании монокристалла можно судить по насыщению зависимости $I(H)$ в полях $H > 50$ кэ для $E = 0$ в/см (рис. 1 и 2). Однако, при совместном действии электрического и магнитного полей зависимость $I(H)$ будет различной для случаев $\epsilon_{\parallel} < \epsilon_{\perp}$ и $\epsilon_{\parallel} > \epsilon_{\perp}$.

1. В случае $\epsilon_{\parallel} < \epsilon_{\perp}$ при приложении электрического поля E в МББА возникает статическая картина возмущений, обусловленная присутствием в среде остаточных ионов [2]. С ростом E эта картина сменяется турбулентным движением жидкокристаллических областей, из-за чего наблюдается динамическое рассеяние света [2-5]. Приложение же магнитного поля может подавить возмущения и турбулентность. Это иллюстрирует рис. 1. Как и следует из теоретических представлений [5], кривые сдвигаются примерно линейно в сторону больших значений H с ростом E . Об этом можно судить по зависимости от E величин магнитных полей H^* , при которых $I(H^*) = 0,5$ для каждого E . Разные значения H^* в случаях $E \perp H$ и $E \parallel H$ могут быть обусловлены тем, что при $E \perp H$ действие полей на молекулы направлено в одну сторону. Для $E \parallel H$ магнитное поле подавляет турбулентность и возмущения, ориентируя молекулы параллельно потоку ионов. При этом магнитное поле должно преодолеть действие электрического поля. Неплавный характер изменения $I(H)$ для $E = 0$ в/см при

$H < 10$ кэ обусловлен интерференцией между обыкновенной и необыкновенной волнами (см. [6]). Дело в том, что предварительно натиранием электродов было получено направление, вдоль которого молекулы оказались преимущественно ориентированы. Вектор же поляризации световой волны \vec{E} был направлен под углом $\sim 45^\circ$ к этому направлению. Оси поляризатора и анализатора были параллельны.

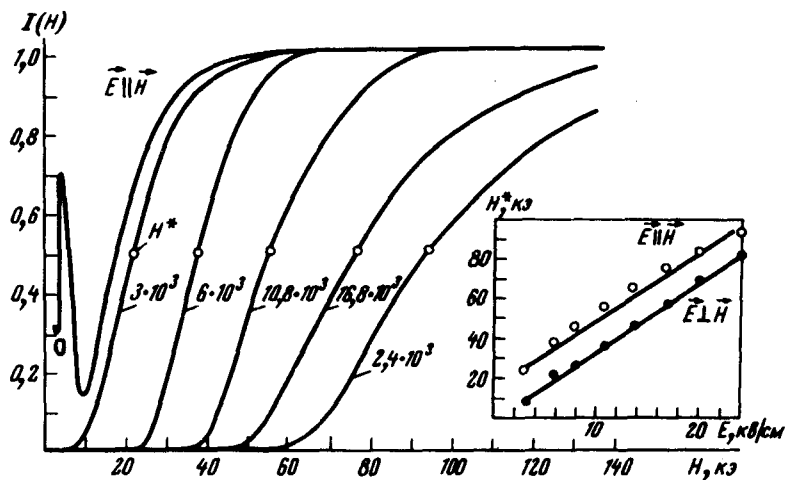


Рис. 1. Зависимость интенсивности проходящего света от магнитного поля при различных значениях электрического поля E , $\epsilon_{||} < \epsilon_{\perp}$, $E \parallel H$. Цифры при кривых указывают на величину электрического поля в в/см

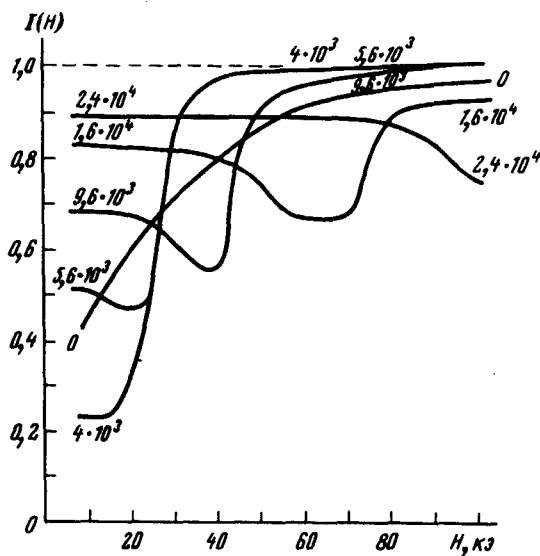


Рис. 2. Зависимость интенсивности проходящего света $I(H)$ для различных значений электрического поля E , $\epsilon_{||} > \epsilon_{\perp}$, $E \perp H$. Вектор поляризации световой волны $\vec{E} \parallel H$

2. В случае $\epsilon_{||} > \epsilon_{\perp}$ и электрическое и магнитное поля в отдельности просветляют жидкий кристалл. Однако в присутствии электрического поля приложение магнитного поля для ($E \perp H$) вызовет поворот молекул поперек потока зарядов, что может обусловить увеличение рассеяния света при перестройке структуры кристалла. Это и наблюдается на эксперименте (рис. 2) в некоторой области H , определенной для

каждого значения E . Уменьшение $I(H)$ на $15 \div 20\%$ происходит, когда воздействия E и H на молекулы конкурируют друг с другом, т. е. $4\pi(\chi_{\parallel} - \chi_{\perp})H^2 \gg (\epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp})E^2$, где χ — диамагнитная восприимчивость.

Детальное объяснение экспериментальных кривых нами не проводилось. Однако, можно думать, что в данных условиях турбулентное движение не возникает, поскольку уменьшение $I(H)$ невелико. Данное явление можно, по-видимому, описать следующим образом.

При достаточно большом по величине электрическом поле E молекулы располагаются параллельно E и рассеяние света незначительно. Как только действующий на молекулы момент со стороны магнитного поля превысит момент электрического, молекулы переориентируются параллельно H , но перпендикулярно E . Одновременно возникает статическая картина возмущения аналогичная случаю $(\epsilon_{\parallel} < \epsilon_{\perp})$ [5]. С ростом H возмущения подавляются и кристалл просветляется.

Отметим, что аналогичного рода картина в кристалле с $\epsilon_{\parallel} > \epsilon_{\perp}$ была получена и другим способом [7]. Натиранием электродов молекулы были ориентированы параллельно плоскости кюветы, а затем приложением E переориентированы перпендикулярно ее плоскости. Это было проделано с использованием жидкого кристалла МБЦ. Уменьшение интенсивности проходящего света приходилось на область $(1 \div 2) \cdot 10^3$ в/см и составляло 15%. Отсюда можно заключить, что действие натирания эквивалентно приложенному полю $\sim 10^3$ в/см. В наших же условиях электрические поля были на порядок больше, поэтому влияние электродов на поведение $I(H)$ незначительно, а наблюдаемые изменения обусловлены действием приложенных электрического и магнитного полей.

Авторы благодарны Л.М.Блинову, С.А.Пикину и В.Ф.Румянцеву за обсуждения результатов, В.Т.Лазаревой и В.В.Титову за приготовление жидких кристаллов.

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
4 апреля 1973 г.

Литература

- [1] В.Г.Веселаго, Л.П.Максимов, А.М.Прохоров. ПТЭ, №4, 192, 1968.
- [2] R.Williams. J.Chem. Phys., 39, 384, 1963.
- [3] G.H.Heilmeyer, L.A.Zanoni, L.A.Barton. Proc. IEEE, 56, 1162, 1968.
- [4] R.P.Twitchell, E.F.Carr. J.Chem. Phys., 46, 2765, 1967.
- [5] W.Helfrich. J.Chem. Phys., 51, 4092, 1969.
- [6] I.Haller. J.Chem. Phys., 57, 1400, 1972.
- [7] V.D.Neff, L.W.Gulrich, G.H.Brown. Mol. Cryst., 1, 225, 1966.