

ГЕНЕРАЦИЯ ВТОРОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ГАРМОНИКИ В ЖИДКИХ КРИСТАЛЛАХ

Н.М.Штыков, Л.М.Блинов, А.М.Дорожкин, М.И.Барник

Исследован эффект генерации второй оптической гармоники в нематической и смектической фазах различных жидких кристаллов при гомеотропной и планарной ориентациях образцов. Наблюдаемая генерация второй гармоники интерпретируется в рамках мультипольного механизма.

До настоящего времени не было установленной точки зрения как о наличии эффекта генерации второй гармоники света (ГВГ) в жидких кристаллах (ЖК)¹⁻³, так и о механизме ГВГ в случаях ее обнаружения⁴⁻⁷. Между тем однозначное решение этой проблемы имеет принципиальное значение, поскольку она затрагивает вопрос о свойствах симметрии ЖК среды.

Впервые эффект ГВГ света в ЖК был обнаружен в холестерил карбонате¹ и объяснен отсутствием эффективного центра симметрии в пределах так называемых жидкокристаллических "роев". Позднее, в работах²⁻³ были проведены более широкие и подробные исследования эффекта ГВГ в нематических, холестерических и несегнетоэлектрических смектических ЖК¹. Ни в одной из перечисленных мезофаз ГВГ зарегистрирована не была, а частный случай ГВГ в холестерил карбонате¹, как выяснилось, связан с наличием в мезофазе нерасплавившихся твердых кристаллов вещества.

Во второй раз дискуссия о ГВГ света в ЖК была открыта работами⁴⁻⁶, авторы которых объясняют наличие эффекта ГВГ света в МББА "нецентросимметричностью ориентированных слоев нематических ЖК"⁵. Однако авторы работы⁷, полемизируя с ними, связывают ГВГ света в МББА с появлением приповерхностной поляризации ЖК вследствие флексоэлектрического эффекта.

Ранее мы сообщали о ГВГ света, индуцированной электрическим полем в нематической и смектической фазах ЖК⁸. Целью данной работы является поиск эффекта ГВГ в отсутствие индуцирующего поля, чтобы разобраться в создавшейся конфликтной ситуации.

Идея нашего эксперимента состояла в следующем. Прикладывая к слою ЖК электрическое поле для снятия центра симметрии, мы определяли направления фазового синхронизма (ФС) для взаимодействий типа $ee - o$ и $oe - o$. Затем в этих же направлениях измерялся сигнал второй гармоники без индуцирующего поля. Такой подход к задаче обнаружения эффекта ГВГ позволяет значительно повысить чувствительность эксперимента и снизить плотность мощности излучения накачки на образце по сравнению с⁴⁻⁶, что уменьшает вероятность влияния на процесс ГВГ побочных эффектов при воздействии мощного лазерного излучения на ЖК.

Экспериментальные исследования были проведены на установке, описанной в работе⁹. Плотность мощности излучения накачки на образце составляла $100 \div 200$ МВт/см². Чувствительность нашей установки оценивается на уровне ~ 30 фотонов второй гармоники на каждый лазерный импульс. Точность измерения интенсивности второй гармоники света $I_{2\omega}$ составляла $\sim 10\%$. Ячейка для наблюдения фазсинхронной ГВГ состояла из двух прямоугольных стеклянных призм⁹. Эксперименты проводились на ячейках с гомеотропной и планарной ориентацией директора ЖК по отношению к стеклам с целью выяснения роли поверхностной ориентации ЖК в эффекте ГВГ света. В обоих случаях индуцирующее электрическое поле было направлено перпендикулярно директору, а электрический вектор волны накачки — под углом 45° к нему.

В данной работе была исследована ГВГ света на МББА, п-н-гексилокси-п'-н-амил- α -цианостильбене (α -ЦС), п-н-пентил-п'-цианобифениле (СЦБ) и п-н-октил-п'-цианобифениле. Во всех упомянутых ЖК наблюдается ГВГ в направлениях ФС вышеуказанных типов. Резуль-

¹⁾ В сегнетоэлектрических смектических фазах ГВГ исследовалась в⁸.

гаты измерений на примере МББА для планарной и гомеотропной ориентаций представлены на рис.1 и рис.2, из которых видно, что ФС типа $ee - o$ появляется только при наложении на образец индуцирующего электрического поля, в то время как ФС типа $oe - o$ имеет место и без поля. Особо отметим, что ГВГ наблюдается как при планарной, так и при гомеотропной ориентациях слоев ЖК. Для выяснения характера зависимости $I_{2\omega}$ от толщины слоя ЖК в синхронизме типа $oe - o$ была изготовлена планарная ячейка с клинообразным слоем ЖК, что позволяло сканированием поперек луча лазера изменять оптический путь излучения в слое ЖК при соблюдении условия ФС. При увеличении толщины слоя ЖК интенсивность второй гармоники монотонно увеличивается. Так, при изменении толщины слоя приблизительно от 30 до 60 мкм интенсивность второй гармоники увеличилась приблизительно в три раза. Более слабая зависимость $I_{2\omega}$ от L , чем предсказывает теория ($I_{2\omega} \propto L^2$), по-видимому обусловлена сильным рассеянием света, свойственным ЖК. Следует отметить, также, что экспериментально найденные направления ФС хорошо совпадают с расчетными. Совокупность этих фактов указывает на то, что ГВГ идет в объеме образца и не связана с приповерхностными эффектами.

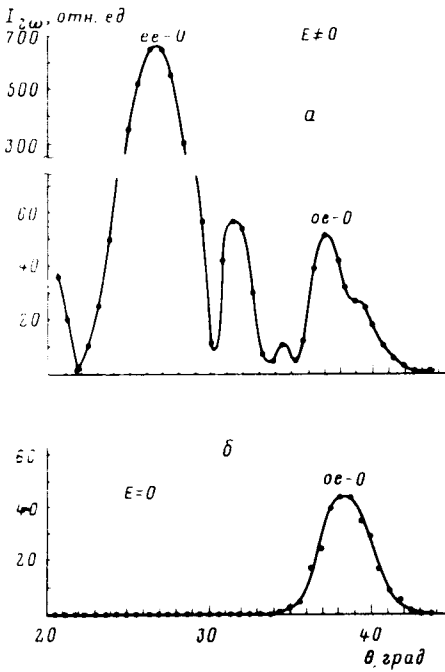


Рис. 1

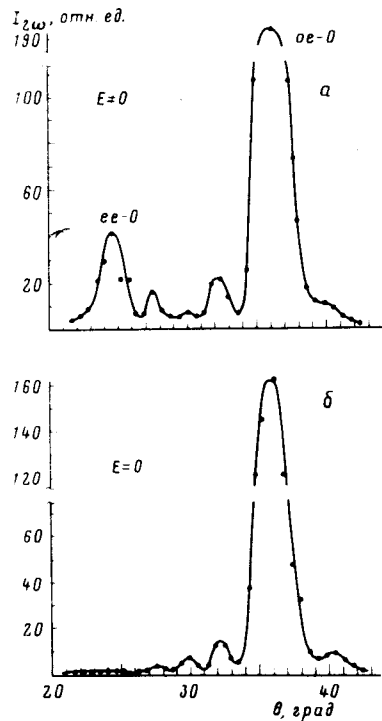


Рис. 2

Рис.1. Зависимость интенсивности второй оптической гармоники от угла θ между директором и ее волновым вектором для МББА при гомеотропной ориентации при наличии (а) индуцирующего электрического поля и в его отсутствие (б): а – напряженность электрического поля $E = 14$ кВ/см, б – $E = 0$. Толщина слоя жидкого кристалла 50 мкм, $t = 23,5^\circ\text{C}$

Рис.2. Зависимость интенсивности второй оптической гармоники от угла θ между директором и ее волновым вектором для МББА при планарной ориентации, при наличии (а) индуцирующего электрического поля и в его отсутствие (б): а – напряженность электрического поля $E = 14$ кВ/см, б – $E = 0$. Толщина слоя жидкого кристалла 50 мкм, $t = 23^\circ\text{C}$

Мы считаем, что ГВГ в отсутствие поля в направлении ФС типа $oe - o$ обусловлена мультипольным механизмом, известным для твердых кристаллов¹⁰, а ГВГ в поле в направлении ФС типа $ee - o$ — дипольным механизмом, который и проявляется только после снятия центра симметрии внешним электрическим полем. Если же вслед за авторами работ⁴⁻⁶ допустить, что ориентированный слой ЖК нецентросимметричен, и ГВГ в синхронизме типа $oe - o$ обусловлена дипольным механизмом, то и вторая гармоника в синхронизме типа $ee - o$ при снятии индуцирующего поля тоже не исчезала бы.

Разное соотношение между интенсивностями второй гармоники для синхронизмов типа $ee - o$ и $oe - o$ при планарной и гомеотропной ориентациях по-видимому обусловлен различной степенью рассеяния света в этих двух случаях. В связи с этим, к сожалению, количественное рассмотрение полученных данных по интенсивностям второй гармоники света затруднено.

Таким образом, результаты по ГВГ света в ЖК могут быть интерпретированы в рамках традиционных представлений о них, как о центросимметричных средах, с привлечением представлений о мультипольном механизме удвоения частоты света. Такой подход согласуется с теоретическим рассмотрением этого вопроса в работе¹¹.

Литература

1. Freund I., Rentzepis P.M. Phys. Rev. Lett., 1967, 18, 393.
2. Durand G., Lee C.H. Mol. Cryst., 1968, 5, 171.
3. Goldberg L.S., Schnur J.M. Radio Electronic Engr., 1970. 39, 279.
4. Аракелян С.М., Григорян Г.Л., Нерсисян С.Ц., Нишанян М.А., Чилингарян Ю.С. Письма в ЖЭТФ. 1978. 28, 321.
5. Аракелян С.М., Ляхов Г.А., Чилингарян Ю.С. УФН, 1980, 131, 3.
6. Аракелян С.М., Григорян Г.Л., Нерсисян С.Ц., Чилингарян Ю.С. ЖЭТФ, 1981. 80, 1883.
7. Shi-Jie Gu, Saha S.K., Wong G.K. Mol. Cryst. Liq. Cryst., 1981, 69, 287.
8. Вторин А.Н., Ермаков В.П., Островский Б.И., Шабанов В.Ф. Кристаллография, 1981. 26, 546.
9. Барник М.И., Блинов Л.М., Дорожкин А.М., Штыков Н.М. ЖЭТФ, 1981, 81, 1763.
10. Бломберген Н. Нелинейная оптика. М.: Мир, 1966.
11. Ляхов Г.А., Свирко Ю.П. ЖЭТФ, 1981, 80, 1307.