

В.И. Инасаридзе А.И. Курасбедиани,
Н.М. Рамишвили

(Тбилисский филиал „Луч“ НИИ автоматических систем)

ОПТИЧЕСКИ ИНДУЦИРОВАННОЕ ДВУХЛУЧЕПРЕЛОМЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Двухлучепреломление анизотропных сред достаточно хорошо известно и широко применяется при создании различного рода элементов поляризационных приборов. В то же время выбор таких сред ограничен, и они не дают возможности получать приборы с большой апертурой. Кроме этого, функциональные возможности существующих элементов жестко определяются их геометрией и технологией изготовления.

С точки зрения разработки многофункциональных и оперативно перестраиваемых элементов поляризационной оптики было бы заманчиво использовать для их создания нелинейные материалы, меняющие свои оптические характеристики под воздействием внешних — „управляющих“ световых потоков. В частности, известно, что эффект двухлучепреломления наблюдается при воздействии на некоторые растворы органических красителей интенсивных, резонансных поляризованных световых потоков [1-3]. Авторы работы [2] связывают наличие этого эффекта с дисперсией поглощения и усиления органических молекул, находящихся в основном в возбужденных энергетических состояниях. Таким образом, величина оптически индуцированной анизотропии раствора должна быть связана со степенью возбуждения раствора активных молекул. Проведенные экспериментальные исследования растворов симметричных молекул органических красителей полиметинового ряда показали, что такие растворы при возбуждении их поляризованными световыми потоками становятся оптически активными и что эффект имеет явно выраженный нелинейный характер [1]. В этой же работе было показано, что в некоторых из исследованных растворов проявляется сопутствующий эффект двухлучепреломления.

Схема эксперимента аналогична примененной в работе [2], но были введены дополнительные каналы регистрации и контроля зондирующего светового потока, что позволило одновременно получать полную информацию о форме и состоянии его поляризации. В качестве возбуждающего использовался моноимпульсный рубиновый лазер с энергией импульса ~ 0.5 Дж и длительностью ~ 20 нс. Часть излучения рубинового лазера отводилась на кристалл удвоителя частоты для накачки лазера на красителе, излучение которого использовалось для формирования спектрально смещенного (в отдельных сериях экспериментов) зондирующего потока. Интенсивность последнего была по крайней мере на четыре порядка ниже плотности мощности возбуждения. Все оптические элементы схемы предварительно проверялись на отсутствие эффекта двухлучепреломления. Излучение рубинового лазера фокусировалось на кювету с исследуемым

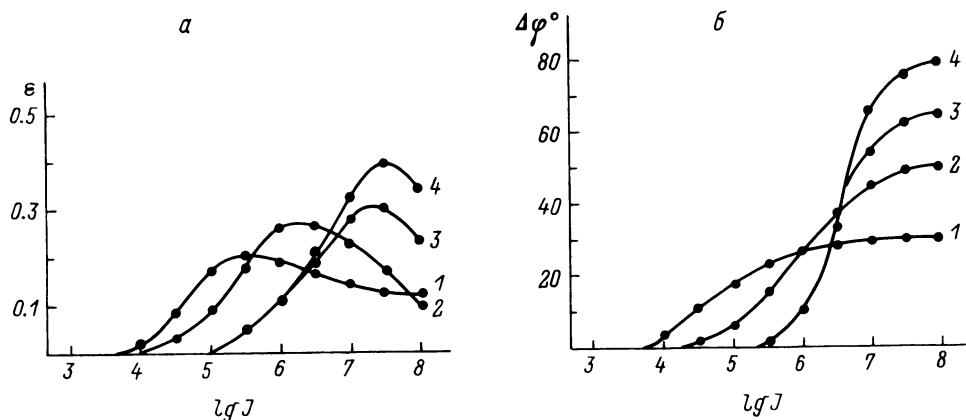


Рис. 1. Зависимости изменения эллиптичности (а) и угла поворота плоскости (б) поляризации зондирующего луча от плотности мощности возбуждения для красителя № 313:

1 — в ацетоне; 2 — в этаноле; 3 — в диэтиленгликоле; 4 — в глицерине

раствором с помощью цилиндрической линзы, создавая тем самым в нем область возбуждения размерами 5×1 мм и глубиной порядка 2 мм. Проводился предварительный отбор растворов из широкого набора красителей полиметинового ряда по признаку возникновения в них эффекта индуцированной оптической активности [1]. Сразу же отметим, что, несмотря на проведенный отбор и большое количество исследуемых растворов, значительный эффект двухлучепреломления был получен лишь для нескольких красителей. В основном отобранные среды хотя и проявляли свойства индуцированного двухлучепреломления, но величина эффекта была очень мала.

Рассмотрим полученные экспериментальные результаты. На рис. 1 для одного из исследованных красителей приведены кривые изменения эллиптичности и угла поворота плоскости поляризации зондирующего светового потока в зависимости от плотности мощности возбуждения, соответственно. Видно, что для данного красителя имеет место выраженный эффект двухлучепреломления. Максимальная величина двухлучепреломления раствора с ростом вязкости и полярности используемого растворителя увеличивается. Рис. 1 показывает, что пороги эффектов индуцированных двухлучепреломления и оптической активности, т.е. уровни возбуждения, при которых эти эффекты становятся заметными, для одинаковых растворов совпадают. Характеры нелинейного изменения измеряемых величин для всех растворов, кроме ацетонового, коррелируют на начальных участках кривых. С дальнейшим ростом плотности мощности возбуждения ход кривых на рис. 1, а начинает отличаться от аналогичных данных рис. 1, б. Результаты анализа модели энергетических состояний молекулы органического красителя и

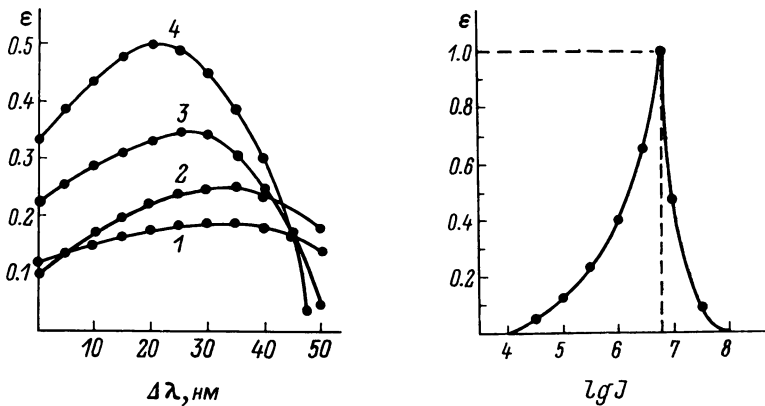


Рис. 2. Спектральные характеристики эффекта двухлучепреломления для красителя № 313:
1 — в ацетоне; 2 — в этаноле; 3 — в диэтиленгликоле; 4 — в глицерине

Рис. 3. Зависимость величины эффекта двухлучепреломления от плотности мощности возбуждения для раствора красителя № 306 в этаноле

процесса нелинейного поглощения света в ее растворах [4] показывают, что при этих плотностях мощности возбуждения начинает сказываться поглощение света активными молекулами, находящимися во втором возбужденном синглетном состоянии. Очевидно, наблюдаемое различие в соответствующих кривых рис. 1 может быть объяснено именно с учетом вклада этих молекул в процесс формирования анизотропного возбужденного ансамбля молекул красителя и, следовательно, эффект двухлучепреломления в растворах органических красителей должен быть связан со спектральными характеристиками поглощения среды.

Приведенные результаты были получены для имеющих одинаковую длину волны возбуждающего и зондирующего световых потоков. Информация о спектральных характеристиках наблюдаемого эффекта может способствовать более глубокому пониманию физики явления и, следовательно, будет способствовать более осмысленному подбору сред с необходимыми свойствами. На рис. 2 приведены кривые изменения эллиптичности поляризации зондирующего светового потока в зависимости от величины спектрального сдвига между длинами волн зондирующего и возбуждающего излучений, причем $\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2$, где λ_1 — длина волны возбуждающего светового потока, а λ_2 — зондирующего.

Рассмотрим некоторые закономерности спектральных характеристик эффекта. Как видно из приведенных на рис. 2 данных, все кривые имеют экстремум, смещающийся с увеличением вяз-

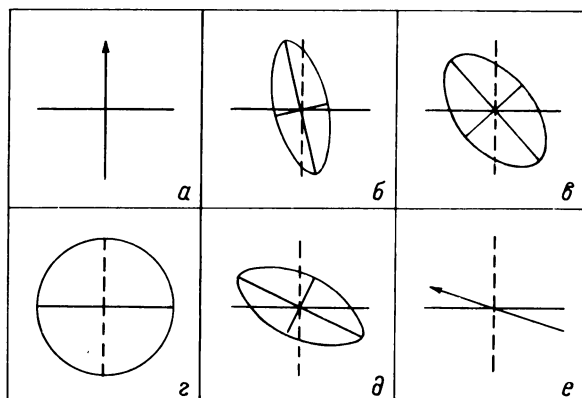


Рис. 4. Ход процесса изменения формы и состояния поляризации зондирующего луча для этанольного раствора красителя № 306 при разных уровнях возбуждения: а — невозбужденный раствор; б — 10^5 Вт/см²; в — 10^6 Вт/см²; г — $7 \cdot 10^6$ Вт/см²; д — $5 \cdot 10^7$ Вт/см²; е — 10^8 Вт/см²

кости растворителя в сторону длины волны возбуждения. При этом возрастает максимально достигаемое значение эллиптичности поляризации для каждой кривой, а сами экстремумы приобретают более выраженный характер. Аналогичные результаты были получены и в серии экспериментов с зондирующим световым пучком, спектрально смещенным относительно возбуждающего в красную сторону спектра. В этом случае положение экстремумов соответствовало максимуму полосы поглощения активной молекулы, а на самих кривых для больших смещений наблюдался резкий спад зависимости эллиптичности поляризации. Подобное поведение данных кривых полностью соответствует ходу спектра поглощения активной молекулы. Известно, что с ростом вязкости растворителя полоса поглощения молекулы красителя в видимой области спектра в растворе сдвигается в коротковолновую сторону. При этом длина волны зондирующего светового потока в первой серии экспериментов приближается к излому спектра, обусловленному таутомерными формами молекулы красителя. По-видимому, они и вносят дополнительный и более существенный вклад в двухлучепреломление раствора. Что касается второй серии экспериментов со спектрально смещенным зондирующим световым потоком, то наблюдаемое резкое уменьшение величины эффекта связано со спадом коротковолнового крыла полосы поглощения.

С точки зрения практического применения эффекта двухлучепреломления растворов органических красителей для целей создания элементов поляризационной оптики необходимо достаточно ясно представлять процесс изменения формы и состояния поляризации зондирующего светового потока с увеличением

плотности мощности возбуждения активной среды. На рис. 3 приведена зависимость изменения эллиптичности поляризации для раствора красителя № 306 в этаноле, для которого, по нашему мнению, были получены наиболее приемлемые с практической точки зрения результаты. Для этого раствора имело место изменение формы поляризации от линейной до почти линейной с эллиптичностью порядка 0.01 с прохождением при этом круговой формы для интенсивности возбуждения порядка $7 \cdot 10^6$ Вт/см². При этом угол поворота плоскости поляризации составил величину порядка 70°. „Излом“ на кривой для соответствующей величины возбуждения связан только с чисто графическими соображениями. На рис. 4 для иллюстрации в виде таблицы изображен соответствующий этому случаю ход процесса изменения формы и состояния поляризации. По мере нарастания плотности мощности возбуждения наблюдается обусловленный индуцированной оптической активностью поворот плоскости поляризации зондирующего светового потока. Одновременно с этим, как отмечалось выше, имеет место сопутствующий эффект двухлучепреломления, в результате которого линейно поляризованный зондирующий пучок становится эллиптически поляризованным. Причем, с ростом возбуждения изменение формы поляризации происходит следующим образом. Эллипс поляризации при одновременном повороте его осей против часовой стрелки сжимается по большой оси и расширяется по малой. Этот процесс продолжается и после прохождения круговой формы поляризации. Аналогичные результаты были получены и для других, обладающих эффектом индуцированного двухлучепреломления, растворов органических красителей.

Таким образом, в результате проведенных экспериментальных исследований установлено:

в некоторых растворах органических красителей полиметинового ряда, характеризующихся эффектом индуцированной оптической активности, наблюдается явление двухлучепреломления;

величина двухлучепреломления нелинейным образом зависит от степени возбуждения раствора, а само явление имеет квазипороговый характер;

характеристики эффекта индуцированного двухлучепреломления (порог явления, ход нелинейной зависимости, максимально достигаемая величина), также как и в случае индуцированной оптической активности, определяются распределением активных молекул по возбужденным энергетическим состояниям и спектральными характеристиками растворов;

путем подбора пары растворитель — краситель и величины спектрального сдвига между длинами волн возбуждающего и зондирующего светового пучков могут быть подобраны такие растворы красителей, которые могут оказаться достаточно эффективными для применения в качестве активных сред элементной базы (аналогов базовых пластинок) поляризационных приборов.

Такого рода фазовые пластинки могут служить базовыми элементами приборов для анализа оптических характеристик

как однородных сред, так и гетероструктур. Более того, возможность оперативной перестройки оптических свойств самих фазовых пластинок позволяет создавать приборы с расширенными функциональными возможностями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курасбедиани А.И., Мумладзе В.В. — В сб.: Оптоэлектроника, квантовая электроника и прикладная оптика. — Тбилиси: Мецниереба, 1980. — С. 122.
2. Рудик К.И., Пикулик Л.Г., Чернявский В.А. // ЖПС. — 1986. — Т. XLV. — № 8. — С. 283.
3. Гарибашвили И.В., Инасаридзе В.И., Курасбедиани А.И., Рамшвили Н.М. / Материалы VI школы по оптической обработке информации. — Фрунзе. — 1986. — С. 136.
4. Курасбедиани А.И., Мумладзе В.В. Депонированная статья, № 6670 — 73 Деп.

Рукопись поступила 23.08.90