

УДК 681.7.064.8

Некоторые возможности практического применения азффекта индуцированной оптической активности / В.И. Инасаридзе, А.И. Курасбедиани, Н.М. Рамишвили // Научное приборостроение. — 1991. — Т. 1. — С. 160-165.

Рассмотрен эффект индуцированной оптической активности растворов органических красителей полиметинового ряда с целью разработки оперативно управляемых поляризаторов света. Библи. — 7 назв. Ил. — 3.

20. Юферов В.Б. Конденсационно-сорбционная откачка. — Вопросы атомной науки и техники, сер.: Низкотемпературная адсорбция и криогенный вакуум. — Харьков. — 1971. — С. 125—145.

*Рукопись поступила 15.11.90*

**В.И. Инасаридзе, А.И. Курасбедиани, Н.М. Рамишвили**  
(Тбилисский филиал „Луч“ НИИ автоматических систем)

### **НЕКОТОРЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТА ИНДУЦИРОВАННОЙ ОПТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ**

Вопросы развития научного приборостроения тесно связаны с уровнем разработок элементной базы приборов. Надо полагать, что особенно перспективные результаты могут быть получены за счет внедрения в приборостроение элементов и узлов, использующих в своей работе новые физические явления. Определенный интерес могут представлять и некоторые нелинейные оптические эффекты.

Эффект индуцированной оптической активности в таких изотропных средах, как растворы органических красителей, уже рассматривался, например, в работах [1—3]. Он наблюдается при воздействии на растворы органических красителей интенсивных, поляризованных резонансных световых потоков и проявляется обычно в явлениях дихроизма просветления и усиления возбужденной среды. Качественное объяснение этим явлениям дано в работе [4]. По мнению авторов работы, хотя каждой молекуле красителя и присущи описываемые осцилляторной моделью собственные анизотропные свойства, но невозбужденный раствор из-за хаотичной ориентации этих молекул оптически изотропен. При селективном возбуждении такого ансамбля молекул резонансным поляризованным светом в верхние энергетические состояния переходят в первую очередь те молекулы, осцилляторы которых ориентированы по электрическому вектору поля световой волны. Это приводит к упорядоченному распределению молекул по основным и возбужденным энергетическим состояниям и, следовательно, к оптической анизотропии среды. По мнению авторов работы [4], имеет место только оптическая анизотропия типа дихроизма просветления и усиления. Но исходя из вышеописанной качественной модели явления можно ожидать наличия определенной корреляции между нелинейными характеристиками поглощения растворов органических красителей и величиной наведенного в них эффекта оптической анизотропии. Кроме этого, для выяснения причин возникновения оптической анизотропии растворов органических красителей, с нашей точки зрения, могут иметь принципиальное значение спектральные характеристики эффекта и его закономер-

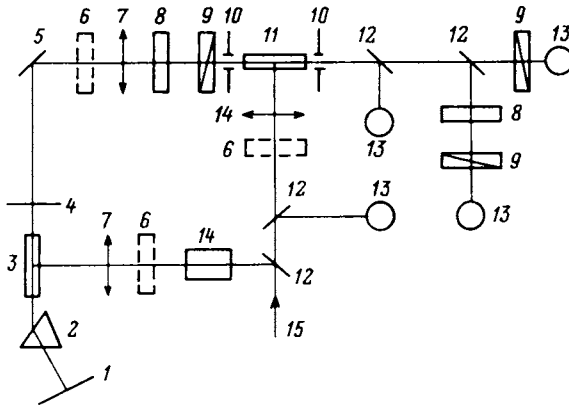


Рис. 1. Оптическая схема установки: 1-4 — элементы перестраиваемого лазера на красителе; 5 — зеркало; 6 — наборы нейтральных светофильтров; 7 — длиннофокусная линза; 8 — фазовые пластинки; 9 — поляризаторы; 10 — диафрагмы; 11 — кювета с исследуемым раствором; 12 — светоделительные пластинки; 13 — фотоумножители; 14 — цилиндрические линзы; 15 — возбуждающее лазерное излучение

ности в зависимости от подбора пары растворитель—краситель.

Для изучения эффекта индуцированной оптической активности растворов органических красителей полиметинового ряда была использована установка, принципиальная оптическая схема которой приведена на рис. 1. Применялась методика измерения с „зондирующим“ световым потоком, аналогичная приведенной в работе [4]. Для возбуждения исследуемого раствора использовался рубиновый лазер с модулированной добротностью (энергия импульса  $\sim 0.5$  Дж, длительность  $\sim 20$  нс). Часть излучения рубинового лазера отводилась на кристалл удвоителя частоты для накачки лазера на красителе, работающего вблизи порога генерации. Спектральная перестройка этого лазера осуществлялась: грубо — путем подбора красителя, а плавно — за счет вращения дисперсионной призмы в его резонаторе. Необходимая поляризация зондирующего излучения устанавливалась с помощью фазовращающей пластинки и поляризатора. В процессе измерений велся контроль плотности мощности возбуждающего и зондирующего лучей с одновременным анализом состояния и формы поляризации последнего. Используемая система регистрации позволяла одновременно определять как угол поворота плоскости поляризации зондирующего луча, так и его эллиптичность. Отметим, что при проведении экспериментов имелась возможность реализации одночастотного режима измерений, при котором из схемы исключался кристалл удвоителя частоты излучения рубинового лазера, лазер на красителе и связанные с ними элементы схемы.

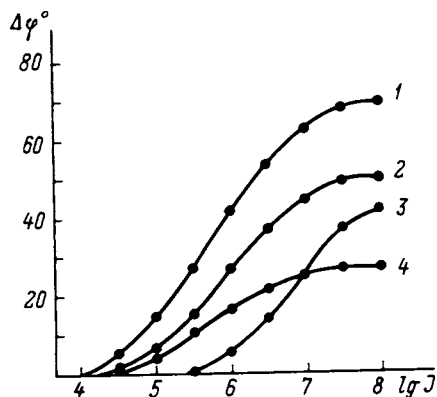


Рис. 2. Зависимость угла поворота плоскости поляризации зондирующего светового потока от плотности мощности возбуждения для этанольных растворов органических красителей: 1— № 306; 2— № 313; 3— № 314; 4— № 351

светового потока  $\Delta\varphi$  от плотности мощности возбуждающего излучения  $I$  для этанольных растворов некоторых из изученных красителей полиметинового ряда. Отметим, что „пороги“ явления, его максимальная величина и ход кривых для этих растворов различны, однако имеется явная корреляция с результатами экспериментов для внелинейного поглощения [5, 6]. Уточним, что в большинстве случаев эффект индуцированной оптической активности в растворах органических красителей полиметинового ряда либо отсутствует, либо очень незначителен. Приведенные данные получены в результате большого объема исследований по отбору растворов. Все использованные красители относятся к симметричным, для которых явление классической оптической активности не имеет места. В ряде случаев наблюдался и сопутствующий нелинейный эффект индуцированного кругового дихроизма, который в принципе также может быть использован при разработке быстродействующих управляемых элементов поляризационной оптики.

Подбор пары растворитель—краситель должен влиять на характер наблюдаемого эффекта. Данные, полученные в результате проверки этого предположения, приведены на рис. 3. На рис. 3, а видно, что с увеличением вязкости растворителя возрастают „порог“ эффекта, кривизна его нелинейной характеристики и максимальное значение угла поворота плоскости поляризации зондирующего излучения, что также полностью соответствует закономерностям, наблюдаемым при изучении нелинейного поглощения света в данных растворах [5]. Таким образом, полученные результаты подтверждают предположения о связи эффекта индуцированной оптической активности с перераспределением возбуждаемых молекул по энергетическим состояниям, однако, судя по всему, само это явление в большей степени определяется значениями поляризуемостей этих состояний.

Дополнительным свидетельством правомерности предположений о связи эффекта со структурой энергетических состояний активной молекулы являются исследования спектральных характеристик явления. В данной серии экспериментов изучалась зависимость угла поворота плоскости поляризации зондирующе-

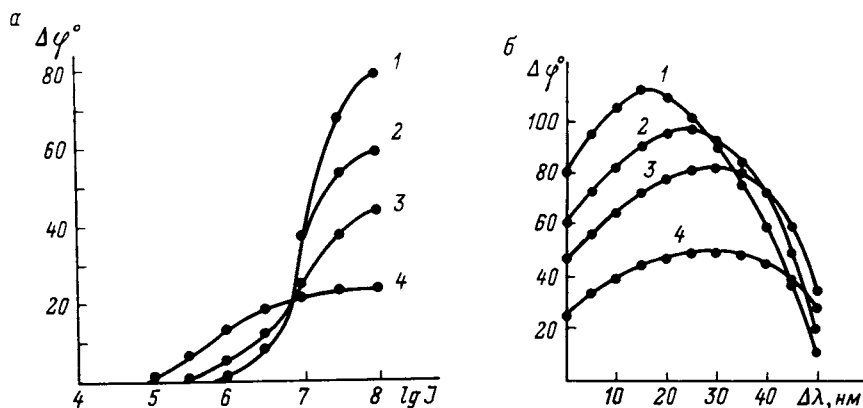


Рис. 3. Зависимости угла поворота плоскости поляризации зондирующего светового потока от плотности мощности возбуждения (а) и спектрального смещения (б) для растворов красителя № 314: 1 — в глицерине; 2 — в диэтиленгликоле; 3 — в этаноле; 4 — в ацетоне

го светового пучка от величины спектрального сдвига  $\Delta\lambda$  его длины волны  $\lambda_1$  относительно длины волны возбуждения  $\lambda_2$ , где  $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ . Использованный для формирования зондирующего светового потока лазер на красителе с накачкой второй гармоникой возбуждающего излучения позволил провести измерения в видимой области спектра в пределах полосы поглощения красителя. На рис. 3, б представлены экспериментальные кривые, полученные для одного из красителей для случая зондирующего светового потока с длиной волны, сдвинутой относительно длины волны возбуждения в синюю область. Все эксперименты проводились при максимально достигнутой плотности мощности возбуждающего светового потока. Из данных, приведенных на рис. 3, б, видно, что все зависимости имеют максимум, сдвигающийся с увеличением вязкости растворителя в сторону длины волны возбуждения и приобретающий при этом более выраженный характер. Для глицеринового раствора максимальный угол поворота плоскости поляризации зондирующего потока достигает, например,  $112^\circ$ . Известно, что с ростом вязкости растворителя имеет место сдвиг полосы поглощения раствора в красную область спектра, так что длина волны возбуждения, находящаяся при этом на коротковолновом крыле этой полосы, приближается к ее „излому“, обусловленному таутомерной формой молекулы красителя. Мы полагаем, что ход кривых на рис. 3, б обусловлен именно ростом числа принимающих в процессе перераспределения по энергетическим состояниям активных молекул с таутомерной формой. В этом случае характерный для всех кривых экстремум соответствует максимуму полосы поглощения исследуемого раствора. Затем имеет место резкий спад  $\Delta\varphi$ , что вполне соответствует сильному уменьшению поперечно-

го сечения поглощения активных молекул на коротковолновом крыле их полосы поглощения.

Рассмотрим некоторые вопросы, могущие иметь значение с точки зрения практического применения описанного эффекта индуцированной оптической активности растворов органических красителей. Основной проблемой, связанной с задачей построения поляризационных элементов нового типа, является вопрос стабильности нелинейных свойств такого рода активных сред. Проведенные эксперименты [7] показали, что отобранные растворы органических красителей полиметинового ряда достаточно устойчивы к воздействию интенсивных потоков излучения рубинового лазера и не теряют своих нелинейных свойств при хранении в лабораторных условиях при комнатной температуре, по крайней мере, в течение года. Наименее устойчивыми оказались растворы красителей в этаноле, которые за счет абсорбции водяных паров постепенно обесцвечиваются из-за перехода активных молекул в растворе в новое агрегатное состояние. Метрология предлагаемых элементов в основном определяется постоянством энергетических характеристик излучения возбуждающего лазера и будет рассмотрена в дальнейшем.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования показали следующее:

некоторые нелинейно поглощающие растворы органических красителей полиметинового ряда при возбуждении их интенсивными резонансными линейно поляризованными световыми потоками становятся оптически анизотропными;

угол поворота плоскости поляризации зондирующего излучения растет с увеличением длины его оптического пути в возбужденном растворе, т.е. в этих растворах имеет место оптическая анизотропия типа оптической активности;

эффект связан с конкретным подбором пары краситель—растворитель и спектральным сдвигом длины волны возбуждения в пределах полосы поглощения раствора;

при соответствующем подборе пары и величины спектрального сдвига можно говорить о возможности практической реализации быстродействующих перестраиваемых поляризаторов света.

В заключение проведем оценку максимально полученной величины удельного вращения, которая, как известно, определяется по формуле

$$[\alpha(\lambda)] = \Delta\varphi / Cl,$$

где  $\Delta\varphi$  — угол поворота плоскости поляризации, град;  $l$  — длина кюветы, дм;  $C$  — концентрация исследуемого вещества, г/мл. Для глицеринового раствора красителя № 314 получаем

$[\alpha(680)] = 3.2 \cdot 10^7$ , что значительно выше аналогичных значений для величин удельного вращения известных оптически активных веществ.

Надо полагать, что с использованием несимметричных органических молекул можно ожидать значительно большего эффекта вращения плоскости поляризации зондирующего светового пото-

ка при меньших интенсивностях возбуждения, что, несомненно, облегчит решение задачи построения высокоэффективных, динамически управляемых поляризаторов света. Такие поляризаторы позволяют реализовать аналитические приборы для исследования поляриметрических свойств материалов в динамике при их импульсном возбуждении и весьма перспективны для создания устройств динамической модуляции угла плоскости поляризации света.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ярошенко О.И., Рудик К.И. // Письма в ЖТФ. — 1977. — Т. 3. — Вып. 9. — С. 416.
2. Курасбедиани А.И., Мумладзе В.В. Оптоэлектроника, квантовая электроника и прикладная оптика: Сборник. Тбилиси, 1980. — С. 122.
3. Гарибашвили И.В., Инасаридзе В.И., Курасбедиани А.И., Рамшвили Н.М. / Матер. VI школы по опт. обраб. информ. Фрунзе, 1986. — С. 136.
4. Рудник К.И., Пикулик Л.Г., Чернявский В.А. // ЖПС. — 1986. — Т. XLV. — № 8. — С. 283.
5. Асланиди Е.Б., Курасбедиани А.И., Лежава Б.С., Мумладзе В.В. // Оптика и спектроскопия. — 1974. — Т. 37. — № 3. — С. 482.
6. Курасбедиани А.И., Мумладзе В.В. / Тез. докл. VII Всес. конф. по когерентной и нелинейной оптике. Тбилиси, 1976. — С. 86.
7. Курасбедиани А.И. / Мат. Всес. конф. ЛОСОС-75. — Минск, 1975. — С. 148.

Рукопись поступила 23.08.90