

5. S. Umegaki, S. I. Tanaka, T. Uchiyama, S. Yubumoto. *Optics Comms*, 3, 244 (1971).

6. L. A. Kulevsky, Yu. N. Polivanov, S. N. Poluektov. *J. Raman Spectrosc.*, 3, 239 (1975).

7. Ю. Н. Поливанов. *УФН*, 126, 185 (1978).

Физический институт
им. П. Н. Лебедева АН СССР, Москва

Поступило в редакцию
14 мая 1981 г.

Sh. A. Tabaev, Yu. N. Polivanov, S. N. Poluektov. **High-Repetition Rate Difference-Frequency Pulsed Oscillator in the Range of 3.8—6 μm .**

Development is reported of a repetitively pulsed (with the pulse repetition rate of 7.6 kHz) coherent IR radiation source tunable from 3.8 to 6 μm with the line width of 0.6 cm^{-1} and the average power of 10—100 μW . The IR radiation has been obtained due to the difference-frequency oscillation by mixing in the LiJO_3 crystal the copper-vapor laser radiation and the output of a rhodamine 6G dye laser pumped by the same copper-vapor laser.

«Квантовая электроника», 9, № 2 (1982)

УДК 621.378.325.4+548.73

Р. В. Визгерт, Б. Л. Давыдов, С. Г. Котовщиков, М. П. Стародубцева

ГЕНЕРАЦИЯ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ НЕОДИМОВОГО ЛАЗЕРА В ПОРОШКАХ НЕЦЕНТРОСИММЕТРИЧНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Представлены результаты исследования генерации второй гармоники излучения неодимового лазера в порошках 43 новых органических соединений. Обсуждены возможные пути синтеза органических материалов с нелинейными оптическими свойствами.

Среди материалов с большой нелинейной восприимчивостью особняком стоят кристаллы органических соединений, обладающие определенными особенностями структуры [1]. Такие кристаллы отличаются стойкостью к оптическому излучению, «аномально» высокими нелинейными восприимчивостями, большим двулучепреломлением, увеличивающим число возможных вариантов геометрического синхронизма для процессов преобразования частоты оптического излучения. Недостатками органических монокристаллов, ограничивающими область их применения, являются невысокая твердость, чувствительность к внешним условиям, относительно низкие температуры плавления, отсутствие разработанной технологии выращивания. Элементы, изготовленные из этих кристаллов, необходимо защищать с помощью иммерсии или наклейки защитных окон.

В связи с развитием оптоэлектроники и систем волоконной связи органические кристаллы могут найти новые применения. Их можно использовать при создании нелинейных пленочных или волоконных преобразователей частоты оптического излучения лазеров. Технология изготовления монокристаллических анизотропных оптоэлектронных элементов относительно несложна [2—8]. Выращенные в специальных обкладках или в капиллярах монокристаллические пленки или волокна не нуждаются в защите. Ввод излучения в такие нелинейные элементы осуществляется обычными способами — через боковую поверхность с помощью призмы, в торец иммерсированного волокна и т. п. Для выбора материала с простой технологией выращивания монокристаллов и оптимальными нелинейными свойствами необходим как можно более широкий обзор характеристик таких материалов. В данной статье приведены новые результаты систематического поиска таких веществ [1, 9]. Оценка нелинейных свойств новых синтезированных поликристаллических материалов производилась по стандартной методике [10] по относительной эффективности генерации второй гармоники неодимового лазера с модуляцией добротности. Размеры зерен исследуемых порошков находились в пределах 50—150 мкм. Результаты исследования представлены в таблице.

Были исследованы комплексные формиаты лантанидов (№ 1—7) [11]. Такие вещества могут быть использованы при создании нелинейных материалов оптоэлектроники, в которых помимо генерации когерентного излучения возможно получение гармоник или суммарных и разностных частот.

Интересным путем поиска эффективных нецентросимметричных нелинейных материалов оказалась совместная кристаллизация веществ, в спектрах которых ярко выражены полосы внутримолекулярного переноса заряда. Хотя при кристаллизации исходных индивидуальных соединений нередко получают центросимметричные кристаллы, при совместной кристаллизации двух подобных соединений в некоторых случаях удается получить нецентросимметричные кристаллы. Примером могут служить смешанные кристаллы паранитроанилина с паранитрофенолом, полученные совместной кристаллизацией из растворов (см. таблицу № 36). Эти кристаллы можно получить также из расплава эквимолярной смеси этих центросимметричных соединений. Вхождение обоих исходных соединений в новые нецентросиммет-

№	Название соединения	$f^2 \omega$	Некоторые особенности
1,2	Кристаллогидрат формиата лантанида Lп (HCOO) ₃ ·nH ₂ O (Lп=Pr; Nd)	1	
3—7	Кристаллогидрат формиата лантанида с 1,10-фенантролином Lп (HCOO) ₃ ·phen·nH ₂ O (Lп=Er, Eu (n=2), Gd, Tb, Sm)	1	
8	2,5-динитрофлуорен	6	Светло-коричневый кристаллический порошок
9	2,4,5,7-тетранитрофлуоренон	2	Желтый чешуйчатый порошок
10	N-нитромочевина	4	Бесцветный мелкодисперсный порошок
11	N,N'-диметилмочевина	2	Бесцветный порошок
12	Оксалат мочевины	1 5	Разные модификации. Бесцветный порошок
13	Моногидрат карбамилмочевины	1	Моноклинный. Бесцветные иглы из H ₂ O
14	1-цианогуанидин	5	Бесцветный кристаллический порошок
15	n-иоданизол	3	Бесцветный кристаллический порошок
16	2-метил-n-хинон	2	Зеленовато-желтый кристаллический порошок
17	4'-метоксибензальацетофенон	6	Светло-желтый кристаллический порошок
✓18	Трибензоилметан	7	Бесцветный порошок
19	Сульфаниловая кислота безводная	5	Бесцветный порошок. Разлагается при 280 °C
20	n-аминобензолсульфонат калия	1	Бесцветный порошок. Растворим в H ₂ O
21	4-метилфениловый эфир-β-стиролсульфокислоты	2	Бесцветный кристаллический порошок
22	Фениловый эфир m-нитробензолсульфокислоты	3	Бесцветный кристаллический порошок
23	m-нитробензолсульфонат натрия	1	
24	Этилсульфон-m-нитроанилид 0 ?	2	Желтые иглы из органических растворителей
25	N-(2,4-динитрофенил)-n-толуидин	2	Красный кристаллический порошок
26	N-(2,4-динитрофенил)-m-толуидин	3	Оранжевый мелкодисперсный порошок

№	Название соединения	$I^{2\omega}$	Некоторые особенности
27	<i>N</i> -(2,4-динитрофенил)-гидразин	3	Вишневый мелкодисперсный порошок
28	<i>N</i> -бутил-2,4-динитроанилин	6	Желтые иглы из органических растворителей
29	4-диэтиламиноазобензол	2	Кирпичный мелкодисперсный порошок
30	<i>N</i> -(2,4-динитрофенил)- <i>N'</i> -тозил- <i>p</i> -фенилендиамин	10	Желтые иглы из органических растворителей
31	3-(<i>N</i> -тозил), 4-(<i>N</i> -ацетил)-диаминонитробензол	3	Бесцветный ватообразный порошок
32	2-(<i>N</i> -мезил), 5-(<i>N</i> -ацетил)-диаминонитробензол	1	Желтые иглы из органических растворителей
33	2-(<i>N</i> -ацетил)-амино-4,5-динитроанилин	20	Желтый кристаллический порошок
34	2-метил-4-нитро- <i>N</i> -метиланилин	10	То же
35	2-метокси-4-нитро- <i>N</i> -метиланилин	15	» »
36	<i>p</i> -нитроанилин с <i>p</i> -нитрофенолом	6	Желтые кристаллы из раствора этанол + H ₂ O. Желтые иглы из CCl ₄
37	2-(β- <i>p</i> -нитростирил)-бензоксазол 1,3	8	Светло-желтый порошок
38	^{СМ. 21} 1-гидрокси-2-метил-5-нитробензимидазол	20	Бесцветный порошок
39	1-тозил-2-метил-5-нитробензимидазол	8	Бесцветные иглы из органических растворителей
40	Бензтриазол	1	Иглы из бензола $T_{пл} = 100^\circ \text{C}$
41	2-пиридон	1—2	Бесцветные иглы из бензола, $T_{пл} = 107^\circ \text{C}$, $P_{21}2_12_1$
42	Фенил-2-тиенилкетон	1	
43	Перхлорат 1-(3-индолил)- <i>N</i> -(2-метил, 3-бромбутирил-4)-изохинолина	8	Желтый кристаллический порошок

Примечание. $I^{2\omega}$ — интенсивность генерации второй гармоники неодимового лазера в относительных единицах (интенсивность генерации второй гармоники в порошке KDP принята за единицу).

ричные кристаллы устанавливалось сравнением ИК спектров исходных веществ со спектрами полученных кристаллов.

Ранее неоднократно рассматривались производные паранитроанилина с дополнительными заместителями [1] с целью получения соединений паранитроанилина, образующих нецентросимметричную решетку в кристалле и обладающих высокой нелинейной поляризуемостью. Так, в 1971 г. был исследован 2-метил-4-нитроанилин [1, 12, 13]. В 1979 г. были выращены монокристаллы этого соединения и оценено «нелинейное качество» (d^2/n^3) кристалла, оказавшееся в 2000 раз больше, чем у ниобата лития [14]. В таблице приведены оценки эффективности генерации второй гармоники неодимового лазера в других производных паранитроанилина (№ 25—28, 30, 31, 33—35). Эффективность соединений № 30, 33—35 сравнима с эффективностью генерации в 2-метил-4-нитроанилине.

Следует отметить также высокую эффективность генерации в образцах бесцветных соединений — производных 2-метил-5-нитробензимидазола (№ 38, 39).

Таким образом, выявлен ряд новых соединений с высокой эффективностью генерации второй гармоники. Монокристаллы этих соединений могут быть использованы в приборах электроники и нелинейной оптики.

Авторы благодарят В. И. Царюк за помощь в получении и интерпретации ИК спектров, В. Ф. Золина за полезные консультации и обсуждение работы.

1. Л. Г. Коренева, В. Ф. Золин, Б. Л. Давыдов. Молекулярные кристаллы в нелинейной оптике. — М.: Наука, 1975.
2. M. Bass, D. Bua. Patent USA «Organic Monocrystalline Light-Waveguide». 3.858.124. Dec. 31, 1974. Filled June 12, 1972.
3. J. L. Stevenson, R. B. Dyott. *Electron. Letts*, 10, 449, (1974).
4. H. P. Weber, W. J. Tomlinson, E. A. Chandross. *Opt. Quant. Electron.* 7, 465 (1975).
5. P. Wandenbulcke, P. E. Lagasse. *Electron. Letts*, 12, 120 (1976).
6. J. R. Cozens. *Electron. Letts*, 12, 413 (1976).
7. D. A. Pinnow, A. L. Gentile, A. G. Standlee, A. J. Timper, L. M. Hobrock. *Appl. Phys. Letts*, 33, 28 (1978).
8. T. J. Bridges, J. S. Hasiak, A. R. Strnad. *Optics Letts*, 5, 85 (1980).
9. Б. Л. Давыдов, С. Г. Котовщиков, В. А. Нефедов. *Квантовая электроника*, 4, 214 (1977).
10. S. K. Kurtz, T. T. Perry. *J. Appl. Phys.*, 39, 3798 (1968).
11. В. И. Царюк, В. Ф. Золин, Л. Г. Коренева. *Координационная химия*, 3, № 2, 183 (1977).
12. В. Ф. Золин, Л. Г. Коренева. Тезисы Всес. конф. «Электрические свойства молекул». Харьков, 1971, с. 23.
13. Л. Г. Коренева, Б. Л. Давыдов, М. Е. Жаботинский, В. Ф. Золин. Препринт ИРЭ АН СССР, 1972, № 105.
14. V. F. Levine, C. G. Bethea, C. D. Thurmond, R. T. Lynch, J. L. Bernstein. *J. Appl. Phys.*, 50, 2523 (1979).

Институт радиотехники и электроники
АН СССР, Москва

Поступило в редакцию
18 мая 1981 г.

R. V. Vizgert, B. L. Davydov, S. G. Kotovshchikov,
M. P. Starodubtseva. **Neodymium-Laser Second Harmonic Generation in Powders of Noncentrosymmetric Organic Compounds.**

Results are presented of studies into the neodymium laser second harmonic generation in powders of 47 new organic compounds. Possible approaches are discussed to synthesis of organic materials with nonlinear optical properties.

Квантовая электроника, 9, № 2 (1982)

УДК 621.372.81.09

Т. В. Бабкина

ПЕРЕДАТОЧНАЯ ФУНКЦИЯ СИСТЕМЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО СОЕДИНЕННЫХ СТУПЕНЧАТЫХ ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДОВ

Сопоставлены дисперсионные свойства системы последовательно соединенных волоконных световодов (ВС) с аналогичными свойствами отдельных ВС, составляющих данную совокупность. Получено, что при стандартизации условий возбуждения каждого ВС с помощью смесителя мод амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) системы ВС достаточно точно аппроксимируется произведением АЧХ парциальных ВС.

При передаче информации по волоконно-оптическим линиям связи необходимо знать, как меняется полоса пропускания линии при изменении длины передающего тракта за счет последовательного наращивания.