ЛИТЕРАТУРА

1. Clifford J. J. Chem. Commun., **880**, 1967.
2. Acitt J. W., Lilley T. H. J. Chem. Commun, **323**, 1967.
3. Квливидзе В. И., Киселев В. Ф., Ушакова Л. А. ДАН СССР, **191**, 1970.
4. Bell J. D., Myatt R. W., Richards R. E. Nature (Physical Science), **230**, 91, 1971.
5. Габуда С. П. Докторская диссертация. Красноярск, 1969.
6. Fletcher N. H. The Chemical Physics of Ice, Cambridge at the University Press, 1970.

Поступила в редакцию
14.12 1972 г.

Кафедра общей физики
для химфака

УДК 621.378

Б. С. ВВЕДЕНСКИЙ, А. С. ЛОГИНОВ, В. Д. НИКОЛАЕВ, К. Я. СЕНАТОРОВ

ГЕНЕРАЦИЯ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ ИНЖЕКЦИОННОГО ПКГ

О генерации второй гармоники излучения инжекционного полупроводникового квантового генератора (ПКГ) в кристалле КДР сообщалось в [1]. В [2] проведено довольно подробное исследование генерации второй гармоники инжекционного ПКГ из GaAs в нелинейном кристалле α—HIO_3. Для повышения эффективности преобразования авторы [2] помещали квантовый генератор и нелинейный кристалл в специально сконструированный для этого эксперимента резонатор. Эффективность преобразования составляла при этом примерно 10^{-6}—10^{-5}.

В данной работе кратко описаны результаты исследований второй гармоники излучения инжекционных ПКГ, генерируемой в кристаллах α—HIO_3. В опытах использованы ПКГ с гетеропереходами.

Блок-схема установки приведена на рис. 1. Инжекционный ПКГ (*1*) работал в импульсном режиме (длительность импульса 100÷200 *нсек*, частота повторения 500—1000 *гц*) при комнатной температуре на длине волны 8600—9000 Å. Толщина активной области диодов была ~ 2 *мк*, ширина диодов — от 250 до 400 *мк*. Пороговые токи при 300°К были в пределах 10—40 *а*.

Изображение *p*—*n*-перехода фокусировалось микроскопическим объективом (*2*) в центр нелинейного кристалла α—HIO_3 (*3*). Нелинейные кристаллы имели длину около 10 *мм*. За кристаллом мог быть помещен светофильтр (*4*), поглощавший излучение ПКГ на основной частоте. В качестве регистратора (*5*) использовали ФЭУ, фотокамеру или спектрограф. Эффективность преобразования для взаимодействия типа *OO*—*E* составляла примерно 10^{-8}—10^{-7}. Для взаимодействия типа *OE*—*E* эта величина была несколько меньше.

В опытах было обнаружено, что излучение многих примерно одинаковых по мощности ПКГ дает после прохождения через нелинейный кристалл сильно различающиеся величины мощности второй гармоники.

Этот факт связан, как оказалось, с характером распределения энергии излучения ПКГ в ближнем поле. Диоды, имеющие несколько отдельных ярких каналов генерации, давали значительно более мощную гармонику, чем диоды со сравнительно однородным свечением *p*—*n*-перехода. Излучение диодов с ярко выраженной канальной структурой обеспечивает, естественно, большую локальную плотность энергии в нелинейном кристалле и соответственно более высокую эффективность преобразования. Фотографирование картины излучения в нелинейном кристалле позволяет наблюдать пространственную структуру поля основной частоты и гармоники (рис. 2).

Фотоаппарат (*5*) помещали за кристаллом, фильтр (*1*) при этом убирали, а объектив фотоаппарата фокусировали в центр кристалла (3). Линейное увеличение объектива (*2*) было в данном случае около 7, поэтому высота изображения *p*—*n*-перехода в кристалле составляла примерно 2 *мм*. В структуре *p*—*n*-перехода видны отдельные каналы генерации, двойное изображение *p*—*n*-перехода образуется из-за двулучепреломления нелинейного кристалла. Вторая гармоника получается в виде наклонных полос, причем на фотографии хорошо заметно, что гармоника эффективно генерируется лишь в тех областях, в которых сфокусированы изображения отдельных каналов генерации диода (*1*).

Эксперимент показывает, что мощность второй гармоники сильно зависит от условий фокусировки излучения ПКГ в нелинейном кристалле. В частности, зависимость

мощности второй гармоники от коэффициента линейного увеличения (K) фокусирующего объектива (2) имеет ярко выраженный максимум (рис. 3). В силу специфических свойств излучения инжекционного ПКГ (сильная расходимость, весьма большое число типов колебаний в спектре, канальная структура излучения) этот результат трудно сравнить количественно с результатами теоретических и экспериментальных работ [3, 4, 5] по оптимальной фокусировке для других классов ОКГ. Следует, однако,

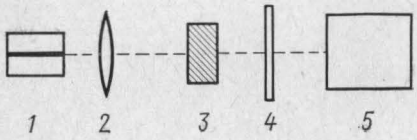


Рис. 1

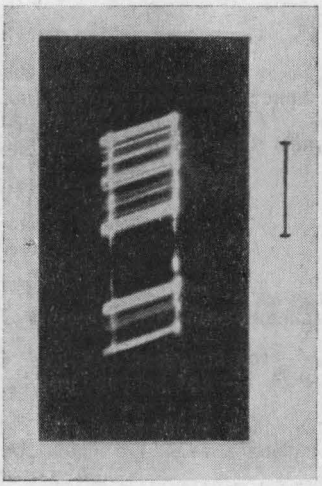


Рис. 2 (масштаб 1 *мм*)

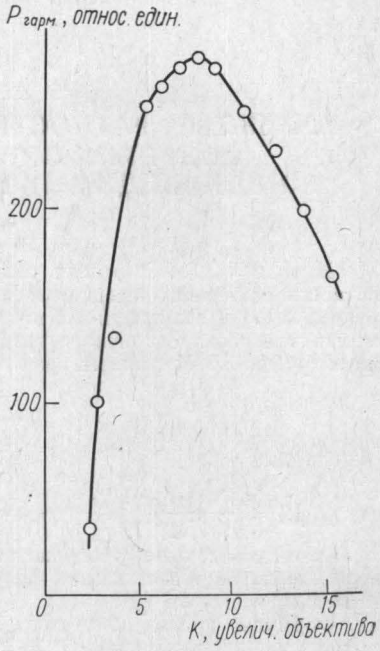


Рис. 3 (масштаб 1 *мм*)

отметить качественное сходство наших результатов (рис. 3) с аналогичными кривыми, полученными в этих работах.

Наблюдение спектров производилось с помощью спектрографа ДФС-8, на входную щель которого фокусировалось излучение второй гармоники. Спектр наблюдался визуально при помощи трехкаскадного электронно-оптического преобразователя типа УМ-93. Усиление порядка 10^5—10^6, даваемое этим прибором, позволило легко наблюдать спектр гармоники в первом и втором порядках спектрографа. Средняя длина волны второй гармоники лежала для разных ПКГ в пределах 4300—4500 Å. Ширина спектра гармоники составляла около 20 Å при ширине спектра основного излучения от 50 до 220 Å. Изменением положения нелинейного кристалла можно было производить перестройку средней длины волны гармоники в пределах, соответствующих ширине спектрального интервала излучения ПКГ.

Эксперимент показывает, что спектр гармоники не имеет заметной дискретной структуры. Этот результат так же, как и аналогичный результат, полученный в [2], можно было бы, в частности, объяснить появлением в спектре второй гармоники значительного числа комбинационных типов колебаний из-за сложения спектральных компонентов основного излучения, расположенных симметрично относительно средней удваиваемой частоты [6, 7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Колосков Ю. И., Кружилин Ю. И. «Журнал прикладной спектроскопии», **12**, 334, 1970.
2. Edmonds H. D., Smith A. W. IEEE, **QE-6**, 356, 1970.
3. Boyd G. D., Kleinman D. A. J. Appl. Phys., **39**, 3597, 1968.
4. Ковригин А. И., Подсотская Н. К., Сухоруков А. П. Нелинейные процессы в оптике. Новосибирск, 1970.

5. Mc Geoch M. W., Smith R. G. IEEE, **QE—6**, 203, 1970.
6. Волосов В. Д., Андреев Р. Б. «Оптика и спектроскопия», **26**, 809, 1969.
7. Андреев Р. Б., Волосов В. Д. «Оптика и спектроскопия», **29**, 374, 1970.

Поступила в редакцию
26.1 1973 г.

Кафедра
физики колебаний

УДК 539.2 : 548.1

В. А. ЩЕРБАКОВ

ФОРМУЛЫ КРАТНОСТИ ЕДИНИЧНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПОДГРУПП ОРТОГОНАЛЬНОЙ ГРУППЫ *O* (3) В НЕПРИВОДИМЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯХ ЭТОЙ ГРУППЫ

В ряде областей физики твердого тела возникает необходимость определения кратности единичного представления одной из 32-х кристаллических групп (подгрупп группы *O* (3) в неприводимом представлении группы *O* (3) [1, 2, 3]). Общая формула расчета кратности единичного представления подгруппы *G* в неприводимом представлении группы *SO* (3) чистых вращений имеет вид

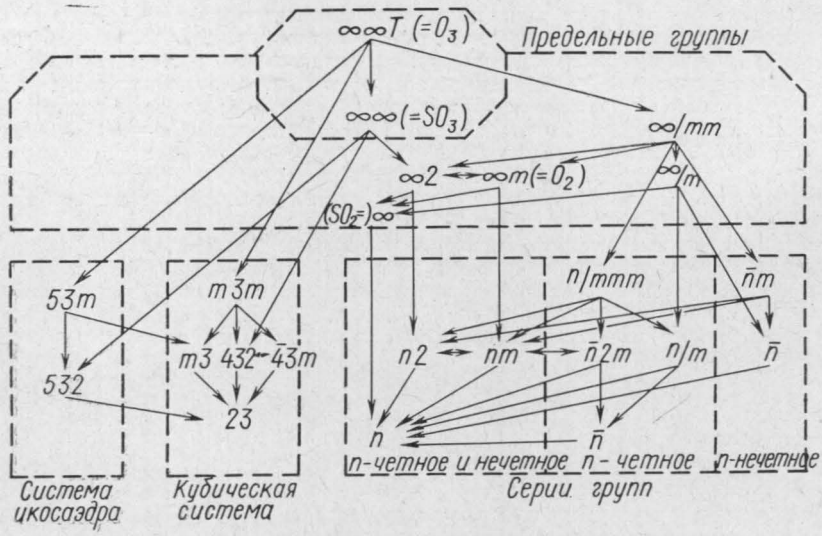
$$\frac{1}{N_G}\sum_k a_k\,\chi_l(\varphi_k), \tag{1}$$

где $\chi_l(\varphi_k)=\dfrac{\sin(l+1/2)\,\varphi_k}{\sin 1/2\,\varphi_k}$ — характер представления элементов группы *G*, принадлежащих *k*-му классу сопряженных элементов, φ_k — угол поворота ($0\leqslant\varphi_k<\pi$) a_k — число элементов в *k*-м классе, N_G — порядок группы *G*, *l* — вес неприводимого представления группы *SO* (3).

Формулы, приведенные в табл. 2, представляют собой упрощение (1) с учетом специфики подгрупп группы *O* (3), схема которых показана в табл. 1 с использованием общепринятой системы обозначений подгрупп *O* (3) [3, 4, 5]. Как видно из табл. 1, подгруппы *O* (3) разделяются на предельные группы, серии групп, кубическую систему и систему икосаэдра.

Таблица 1

Схема подгруппы группы *O* (3)



Односторонние стрелки идут от группы к подгруппе, двусторонние — связывают изоморфные группы.