

приписано нами к дефектам типа вакансии меди, образующим акцепторный энергетический уровень в запрещённой зоне. Соотношение между концентрациями этих дефектов определяет тип проводимости плёнок. Определённый нами из термоэлектрических измерений р-тип проводимости плёнок свидетельствует о преимущественной концентрации акцепторных уровней и, соответственно, дефектов типа вакансии меди в исследованных плёнках  $\text{CuInSe}_2$ .

## СПЕКТР ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ В СИСТЕМАХ ОСЦИЛЛЯТОРНОГО ТИПА

*В.С. Иванов*

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент *Н.С. Буйнов*  
*Витебский государственный университет имени П. Машерова*

Пусть гамильтониан системы  $N$  многоуровневых частиц, без учета взаимодействия их с возбуждающим полем, имеет вид:  $H_0 = \sum_{j=1}^N \hbar\omega_0 b_j^\dagger b_j$ , где  $\hbar\omega_0$  - энергия возбуждения отдельной

квантовой частицы,  $b_j^\dagger$ ,  $b_j$  - операторы Бозе. Гамильтониан поля фотонов:  $H_1 = \hbar\omega_{\vec{k}} a_{\vec{k}}^\dagger a_{\vec{k}}$ , где учитывается одна резонансная мода излучения,  $a_{\vec{k}}^\dagger$ ,  $a_{\vec{k}}$  - операторы рождения и уничтожения.

Гамильтониан взаимодействия:  $H_2 = \sum_{j=1}^N \left( \frac{\lambda}{\sqrt{N}} (b_j^\dagger)^n a_{\vec{k}} e^{i\vec{k}\vec{r}_j} + \frac{\lambda^*}{\sqrt{N}} (b_j)^n a_{\vec{k}}^\dagger e^{-i\vec{k}\vec{r}_j} \right)$ , где  $\lambda$  - константа

взаимодействия,  $n = 1$  соответствует линейному случаю, а  $n = 2$  - билинейному случаю.

Полный гамильтониан системы, взаимодействующей с фотонным полем, тогда запишется в виде:  $H = H_0 + H_1 + H_2$ ,

$$H = \hbar\omega_{\vec{k}} a_{\vec{k}}^\dagger a_{\vec{k}} + \sum_{j=1}^N \hbar\omega_0 b_j^\dagger b_j + \sum_{j=1}^N \left( \frac{\lambda}{\sqrt{N}} (b_j^\dagger)^n a_{\vec{k}} e^{i\vec{k}\vec{r}_j} + \frac{\lambda^*}{\sqrt{N}} (b_j)^n a_{\vec{k}}^\dagger e^{-i\vec{k}\vec{r}_j} \right). \quad (1)$$

Исследование системы производится методом запаздывающих функций Грина, с помощью которого находится спектр элементарных возбуждений.

Получены следующие результаты:

1)  $n = 1$  - мягкая мода отсутствует, а следовательно фазовый переход в такой системе невозможен;

2)  $n = 2$  - мягкая мода обращается в ноль при температуре, определяемой из следующего термодинамического уравнения:

$$\langle b^\dagger b \rangle = \frac{1}{2} \left( \frac{\hbar^2 \omega_0 \omega_{\vec{k}}}{|\lambda|^2} - 1 \right).$$

## КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННЫХ ОСЦИЛЛОГРАФАХ

*А.А. Карнов, С.В. Прохоров*

Научный руководитель – к.ф.-м.н., профессор *А.Г. Головейко*  
*Белорусский национальный технический университет*

Компьютерные технологии в современных осциллографах превратили их в измерительные приборы высокой точности с принципиально новыми техническими возможностями, связанными с запоминанием осциллограммы и её воспроизведением после

любой паузы, а также с компьютерным анализом самой осциллограммы программными методами.

Выпускаемые в разных странах компьютерные осциллографы достаточно совершенны и универсальны, но отличаются высокой стоимостью. В докладе обращается внимание на то, что высокие технические достоинства этих приборов во многих случаях могут оказаться избыточными и не востребованными, а их применение экономически не оправданным. Так при исследовании сигналов в диапазоне частот до 20 кГц достаточно воспользоваться звуковой картой типа Sound Blaster 16/32/64 и программой Audio Tester для преобразования персонального компьютера в компьютерный осциллограф с достаточными техническими данными по записи, воспроизведению и компьютерной обработке осциллограммы при стоимости такого осциллографа более выгодной чем на два порядка. В докладе приводится электронная схема защиты звуковой карты на её линейном входе от случайного сигнала с опасными параметрами.

## К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОКАЗАТЕЛЯ РАССЕЯНИЯ ПО АНАЛИЗУ ФОРМЫ ИМПУЛЬСА, ОТРАЖЁННОГО ОТ ПОЛУБЕСКОНЕЧНОЙ ДИСПЕРСНОЙ СРЕДЫ

*Е.А. Ковалевич*

Научный руководитель – д.ф.- м.н., профессор *Н.Н. Роговцов*  
*Белорусский национальный технический университет*

В докладе изложена методика определения показателя рассеяния  $\sigma$ . Значение  $\sigma$ , как и показателя поглощения  $\alpha$ , позволяет делать обоснованные суждения о микрофизических свойствах центров рассеяния среды. Показатели  $\sigma$  и  $\alpha$  необходимо также знать при исследовании закономерностей процесса многократного рассеяния света. Методика отыскания  $\sigma$  основана на анализе отклика (вторичных импульсов) дисперсной среды на воздействие первичных импульсов на неё, длительность которых должна иметь порядок  $10^{-1} \div 10$  нс. При определении  $\sigma$  используются экспериментально зафиксированные временные развёртки вторичных импульсов, причём точность методики возрастает при увеличении числа независимых отсчётов. Кроме этого, в основу данной методики положены общие соотношения инвариантности [1], которые связывают между собой решение различных или однотипных краевых задач теории переноса излучения, и асимптотические разложения [2] для потоков излучения, отражённого от полубесконечной дисперсной среды, для случая почти консервативного рассеяния (т.е. при выполнении условия  $1 - \Lambda \ll 1$ , где  $\Lambda = \sigma(\alpha + \sigma)^{-1}$  – альбеда однократного рассеяния). Отметим ещё, что в качестве составной части методики определения  $\sigma$  были приняты во внимание результаты работы [3], в которой был предложен корректный метод отыскания показателя поглощения  $\alpha$  дисперсной среды. Методика тестирована посредством использования точных решений краевых задач для нестационарного уравнения переноса излучения и апробирована с помощью применения метода статистического моделирования. Она отличается от известных приближённых методик определения  $\sigma$  тем, что в основу положены строгие соотношения теории переноса излучения и обоснованные алгоритмы обработки экспериментальных данных.

### Литература

1. Н.Н. Роговцов Свойства и принципы инвариантности. Приложение к решению задач математической физики, Ч. 1. Минск: МО РБ, БГПА.
2. В.В. Соболев Рассеяние света в атмосферах планет. -М.:Наука. 1972.
3. В.Я. Анисимов, Н.Н. Роговцов // ЖПС.- 2002. -Т.69.- №6.- с.766-777.