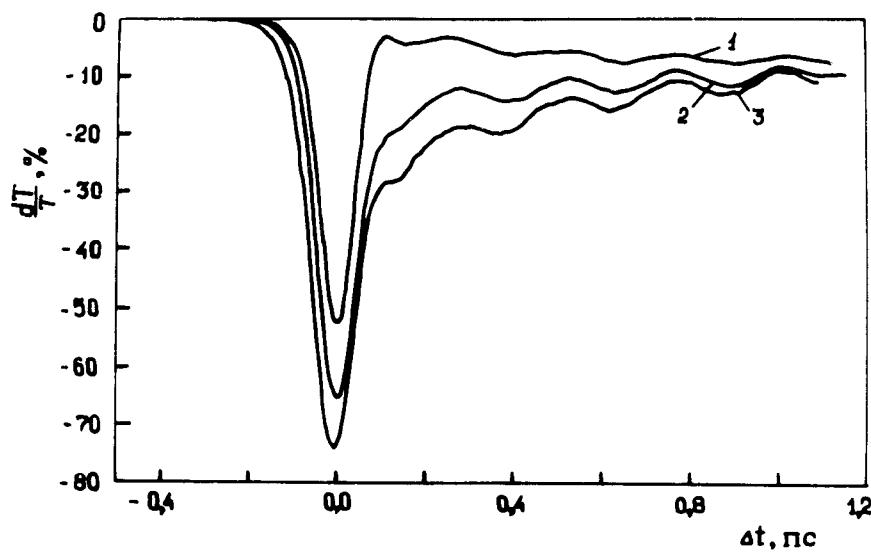


КВАНТОВЫЕ ОСЦИЛЛАЦИИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ В СЛОИСТОМ ϵ -GaSe

*К.Аллахвердиев, Дж.Камассел, Г.Кури,
Н.Мустафаев, М.Тагиев, Э.Салаев, К.Зиберт*

Природа впервые наблюдавшихся осцилляций с периодом 248 фс в спектрах оптического пропускания ϵ -GaSe под воздействием лазерных импульсов длительностью 60 фс и энергии 1,68 эВ объяснена в предположении когерентного возбуждения неполярных оптических фононов типа A_1' ($134,6 \text{ см}^{-1}$).

Кристаллы ϵ -GaSe выращены в Институте физики АН Азербайджанской ССР методом Бриджмена. Образцы для измерений скользились непосредственно перед измерениями из моно-кристаллических цилиндрических блоков размерами $18 \times 10 \text{ мм}^2$. Эксперименты проведены в Институте полупроводниковой электроники технического Университета г. Аахена (ФРГ) с использованием методики возбуждение-проба¹. Все измерения проведены при комнатной температуре для кристаллов с толщиной 5; 10; 80; 110; 861 мкм и 1,925; 2,32 мм. Результаты для тонких кристаллов (меньше 110 мкм) не будут рассмотрены в настоящем сообщении. Дифференциальные зависимости пропускания кристалла толщиной 2,32 мм для различных плотностей возбуждения в функции времени задержки между импульсом возбуждения и пробным импульсом приведены на рисунке.



Временные зависимости относительного изменения пропускания $(T - T_0)/T_0$ кристалла ϵ -GaSe толщиной 2,32 мм при комнатной температуре и различных плотностях возбуждения: 1 – 0,56; 2 – 2,8; 3 – 5,6 МДж/см². Энергия импульса возбуждения и пробного импульса $E = 1,98$ эВ, длительность $\tau = 60$ фс

Наиболее характерными особенностями зависимостей пропускания кристаллов толщиной более 100 мкм являются следующие: 1) для $\Delta t = 0$ наблюдается значительное поглощение возрастающее линейно с плотностью возбуждения и достигающее насыщения при плотности $\sim 4 \text{ МДж/см}^2$; 2) при плотностях возбуждения больших $0,02 \text{ МДж/см}^2$ и положительных временах задержки $\Delta t > 0$ (пробный импульс следует за импульсом возбуждения) наблюдаются затухающиеся осцилляции с периодом 250 фс амплитуда которых спадает до нуля через

~ 5–6 пс; 3) начальная фаза, частота и время в течение которого наблюдаются осцилляции не зависят от плотности возбуждающего и пробного лучей, угла между направлением оптической оси и волновыми векторами падающих лучей; 4) с увеличением плотности накачки при $\Delta t > 0$ наблюдается наведенное поглощение, возрастающее с увеличением плотности накачки по закону близкому к линейному.

Природа поглощения при $\Delta t = 0$ и наведенного поглощения в зависимости от плотности возбуждения могут явиться предметом раздельного обсуждения и не рассмотрены в настоящем сообщении.

Согласно теории квантовых биений в оптических спектрах² в случае возбуждения GaSe импульсами с энергией $E = 1,98$ эВ, длительностью $\tau = 60$ фс и спектральной шириной $\Delta\omega = 70$ мэВ возможно наблюдение осцилляций, частота которых соответствует двум энергетически различным возбужденным состояниям прямых свободных экситонов, связанных дипольными переходами с общим основным состоянием (аналог биений, возникающих при квантовых переходах между двумя возбужденными состояниями атома³). Однако период осцилляций 248 фс (соответствует энергии 16,5 мэВ) не соответствует периодам ожидаемых осцилляций, соответствующих оптическим переходам между различными экситонными состояниями $2 \rightarrow 1$ (44 фс), $3 \rightarrow 1$ (37 фс)⁴. Более того, осцилляции наблюдаются и при достаточно больших плотностях возбуждения при которых значение ренормализованной запрещенной зоны меньше энергии основного состояния прямых свободных экситонов и концентрация фотовозбужденных пар превышает концентрацию, соответствующую переходу Мотта в GaSe ($n_M \approx 5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ ⁵). Оцененное значение ренормализованной запрещенной зоны при $F = 9,1 \text{ мДж/см}^2$ и концентрация экситонов равны 1,96 эВ и $1,5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ соответственно. Таким образом наблюдаемые осцилляции не связаны с квантовыми биениями между различными экситонными состояниями селенида галлия. Помимо этого в случае экситонного механизма следовало бы ожидать большую угловую зависимость амплитуды осцилляций, т.к. для селенида галлия прямые переходы слабо разрешены в геометрии $\vec{E} \perp \vec{S}$ и отношение коэффициентов поглощения для 2-х принципиальных направлений $\alpha_{\parallel}/\alpha_{\perp} = 27$ ⁴. Осцилляции могут быть вызваны когерентным возбуждением неполярных оптических фононов типа $A'_1(134,6 \text{ см}^{-1})$, активных в спектрах КР селенида галлия⁶. Когерентное возбуждение КР активных фононов возможно при воздействии на кристалл импульса света длительность которого меньше времени одного колебательного периода фона $\tau_{\phi} = 2\pi/\omega_{\phi}$ и спектральная ширина больше энергии соответствующей полуширины спектральной полосы фона ^{7,8}. Это условие выполняется в частности и для КР активной моды типа A'_1 ⁶. При этом время, соответствующее колебательному периоду фона с симметрией A'_1 (самая интенсивная КР активная полоса) и частотой 134,6 см⁻¹ равно $\tau_{\phi} = 247,7$ фс. Последнее значение достаточно хорошо согласуется с периодом наблюдаемых нами осцилляций. В пользу фононной природы осцилляций говорит и то, что время жизни фононов типа $A'_1(134,6 \text{ см}^{-1})$, оцененное нами из полуширины полосы спонтанного КРС равно 5,6 пс и согласуется с временем, при котором амплитуда осцилляций спадает до нуля. Эти соображения позволяют сделать заключение, что частота впервые наблюдавшихся осцилляций есть фундаментальная частота колебательной моды с симметрией типа A'_1 . Осцилляции с периодом 176 фс наблюдались нами для кристалла GaS. Период этих осцилляций хорошо согласуется с колебательным периодом 177,5 фс наиболее сильной не полярной КР активной моды кристалла с симметрией типа A'_1 и частотой 188 см⁻¹.

Литература

1. Kurz H. et al. Sol. State Electron, 1988, 31, 447.
2. Mitsunaga M., Tang C.L. Phys. Rev. A, 1987, 35, 1720.
3. Александров Е.Б. Оптика и спектроскопия, 1964, 17, 522.
4. Landolt-Bornstein. Numerical data and functional relationships in science and technology. New series. Ed. by

K.H.Hellwege, O.Madelung, 17, Semiconductors, 1983, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer-Verlag,
p. 525.

5. *Yao S.S. et al.* Phys. Rev. B, 1982, 25, 6534.

6. *Allakhverdiev K.R. et al.* Sol. St. Comm., 1986, 59, 133.

7. *Lauberau A., Kaiser W.* Rev. Mod. Phys., 1978, 50, 607.

8. *Yan Y. et al.* J. Chem. Phys., 1985, 83, 5391.

Институт физики

Академии наук Азербайджанской ССР

Поступила в редакцию
29 декабря 1989 г.
