

## ЭКСИТОННЫЙ ЭФФЕКТ ШТАРКА В КРИСТАЛЛАХ СЕЛЕНИДА ГАЛЛИЯ

З.А. ИБРАГИМОВ

Институт Фотоэлектроники АН Азербайджана  
370602, Баку, ул. Ф.Агаева 555 квартал

В кристаллах селенида галлия обнаружен и исследован экситонный эффект Штарка при длине волны импульса возбуждения  $\lambda=629$  нм, длительности  $\tau=60$  фс и различных временах задержки.

Впервые экситонный эффект Штарка наблюдался в кристаллах селенида галлия [1]. Эксперименты проводились при комнатной температуре с использованием методики возбуждения - проба с кристаллами толщиной  $15 \pm 1$  мкм. Длина волны импульсов возбуждения  $\lambda=617$  нм ( $E=2,010$  эВ). Регистрировалось изменение спектра поглощения при различных временах задержки ( $\Delta t=0 \pm 132$  фс, когда пробный импульс приходил позже на образец и  $\Delta t=0 \pm 132$  фс, когда импульс возбуждения приходил на образец раньше). Особенностью наблюдаемых спектров явился сдвиг при отрицательных временах задержки экситонной полосы поглощения в голубую область спектра, без заметного уширения ее полосы. При положительных временах задержки форма края поглощения заметно изменялась из-за наличия в кристалле реальных электронных переходов ( $\Delta E_e = 2,02$  эВ) и экситонного поглощения. Тем не менее наблюдался и сдвиг в голубую область. Однако, в результате эффектов экранировки экситонов экситонами и свободными носителями экситонная полоса уширялась и исчезала. Эксперименты в работе [1] проводились при плотностях возбуждения  $I=8$  ГВт/см<sup>2</sup>, что соответствует концентрации фотовозбужденных пар  $N=4 \times 10^{17}$  см<sup>-3</sup>. Сдвиг экситонной полосы был равен 10 МэВ. Объяснение полученных в работе [1] результатов достаточно убедительное, но, на наш взгляд, не совсем полное. Так, например, авторы не говорят ничего об эффекте ренормализации ширины запрещенной зоны, эффекте самоэкранировки экситонов и экситонном переходе Мотта.

Аналогичные и независимые эксперименты были проведены и нами с использованием более чувствительной методики регистрации дифференциального пропускания, с использованием установки блок-схема которой приведена на рис.

Параметры излучений были: длина волны импульса возбуждения  $\lambda=629$  нм ( $E=1,97$  эВ), длительность  $\tau=60$  фс, спектральная ширина импульса  $\Delta E=70$  МэВ. Измерения проводились при комнатной температуре с использованием кристаллов толщиной 8 мкм. Время релаксации дифференциальных спектров пропускания - 1000 фс  $< \Delta t < +1000$  фс с временным периодом 50 фс

интенсивность возбуждения и  $\approx 90$  ГВт/см<sup>2</sup> соответствует плотности фотовозбужденных пар  $N=4,8 \times 10^{17}$  см<sup>-3</sup>. При временах задержки  $-450$  фс  $< \Delta t < +450$  фс, спектры, практически, повторялись и поэтому в дальнейшем исключены из рассмотрения.

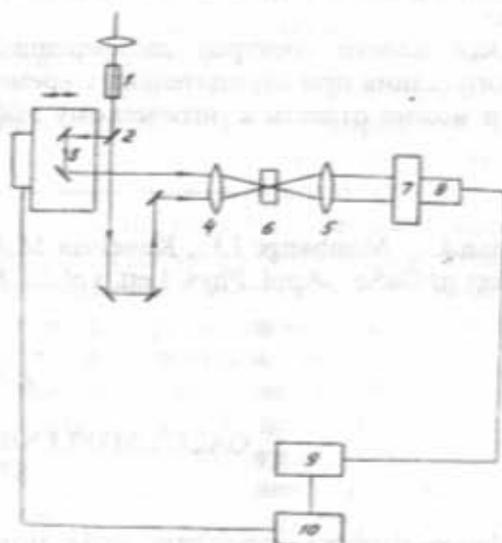


Рис.

Блок-схема установки для изучения изменения спектров поглощения в твердых телах при возбуждении их ультракороткими лазерными импульсами. 1 - ячейка генерирующая континуум, 2 - расщепитель пучка, 3 - линия задержки, 4-5 фиксирующие линзы, 6 - образец, 7 - спектрометр (для фиксированной длины волны, может быть приемник), 8 - видеотрубка, 9 - оптический многоканальный анализатор, 10 - миникомпьютер.

Спектры пропускания для различных времен задержки между импульсом возбуждения и пробным импульсом показали, что в момент времени  $\Delta t=0$  дифференциальное пропускание положительно в области энергий  $E=2,05-1,99$  эВ, в то время как оно отрицательно и доходит до 2 % в областях  $E=1,984-1,908$  эВ и  $E=2,120-2,067$  эВ, спектральная ширина импульса  $\Delta E=70$  МэВ практически находится в резонансе с полосой поглощения прямых свободных экситонов в основном состоянии, концентрация возбужденных носителей практически равна моттовской для GaSe.

При положительных временах до  $\Delta t = +150$  фс наблюдается сложная трансформация спектра с расщеплением в области положительного пропускания при  $E = 2,040$  и  $E = 2,010$  эВ. Выше  $\Delta t = +150$  фс наблюдается стационарное состояние при котором положительное приращение наблюдается в голубой, а отрицательное в красной областях спектра. При отрицательных временах задержки положительное приращение наблюдается в красном, а отрицательное в голубой областях спектра. Ниже времен  $\Delta t = +150$  фс изменение пропускания зарегистрировать не удается. Сложная трансформация спектров затрудняет их однозначную интерпретацию. На данный процесс оказывает также влияние эффект ренормализации ширины запрещенной зоны, которая будет рассмотрена отдельно.

Особенности спектров дифференциального пропускания при отрицательных временах задержки можно отнести к оптическому эффек-

ту Штарка, когда под воздействием ультракороткого импульса наблюдается смещение максимума экситонной полосы в голубую область спектра. Зависимости спектров пропускания от различных отрицательных времен задержек позволили оценить величину сдвига экситонной полосы со временем. Так как при  $\Delta t = 0$   $\Delta E_{exc} = E_{exc}(0) - E_{exc}(\Delta t) = -15$  МэВ и уменьшается до  $\Delta E_{exc} = -9$  МэВ при  $\Delta t = -100$  фс. Полученные результаты в общем согласуются с данными, приведенными в работе [1]. В то же время имеются и некоторые дополнения так, величина уширения, оцененная на полувысоте соответствующих максимумов для  $\Delta t = -150, -100$  и  $-50$  фс равна  $\Gamma = 10, 15$  и  $20$  МэВ. Причиной уширения может явиться взаимодействие экситонов с когерентно возбужденными в кристалле фононами типа  $A_1^1 (134,6 \text{ см}^{-1})$ .

1. Hirfiman C., Monhange J.F., Kanehisa M.A., Chevy M.A., Brito-Cruz C.H. "Resonant exciton optical Stark effect in GaSe", Appl. Phys. Lett, vol 55, № 22, p.2307-2309, 1989.

Z.A. İBRAHİMOV

### QALLIUMSELENİD KRİSTALLARINDA EKSIYON ŞTARK EFFEKTİ

Həyəcanlaşdırıcı impulsların dalğa uzunluğunun  $\lambda = 629$  nm ( $\tau = 60$  fs) qiymətində Qalliumselenid kristalında eksiton Ştark effekti müşahidə edilmişdir. İmpulsların saxlama müddətlərinin müsbət və mənfi qiymətlərində spektrlərin dəyişməsi qeydə alınmışdır.

Z.A. İBRAHİMOV

### EXITON STARK EFFECT IN CRYSTALS OF GaSe

In crystals of GaSe was found out and investigated exciton Stark effect for a excitation pulse wavelength  $\lambda = 629$  nm, duration  $\tau = 60$  fs and various of times of delay.

Дата поступления: 09.07.97.

Редактор: Ч.Каджар