535.35

V ВСЕСОЮЗНЫЙ СЕМИНАР «ЭКСИТОНЫ В КРИСТАЛЛАХ» (Ленинград, 31 мая — 2 июня 1969 г.)

V Всесоюзный семинар «Экситоны в кристаллах» проходил в Ленинграде с 31 мая по 2 июня 1969 г. На семинаре было заслушано 29 докладов (Ленинград — 11, Москва — 6, Киев — 4, Кишинев — 3, Тарту — 3, Рига — 1, Дрогобыч — 1). В работе семинара принимало участие примерно 150 человек.

Приветствуя участников семинара, чл.-корр. АН СССР Е. Ф. Гросс в своем вступительном слове сказал:

«Меня очень радует, что мы собрались на совещание по экситонам в Ленинграде. Я вспоминаю время почти два десятка лет тому назад, когда в Ленинграде впервые был обнаружен экситон в полупроводниковом кристалле закиси меди (Cu_2O). Очень рад, что я теперь не одинок, что вас сейчас много — тех, которые верят в экситоны и не сомневаются, что эти квазичастицы играют важную роль в физике кристаллов.

Но тогда, весной 1951 г., когда я сообщил о наблюдении оптического спектра экситона в кристалле Cu_2O Ученому совету ФТИ АН СССР и описал явление в обычном тогда полугодовом отчете, никто мне не поверил. Мое сообщение было встречено таким недоверием, что директор ФТИ отказался подписать мне разрешение на опубликование этой работы.

Это недоверие, которое высказывали и некоторые видные ученые в Ленинграде и Киеве, причинило много вреда работе над экситонами и ее автору. Это же недоверие также вызвало существенную задержку работ по экситонам в Советском Союзе. Я счастлив, что этому недоверию пришел конец и экситоны, которые как теоретически, так и экспериментально были открыты советскими физиками, теперь мигрируют и распространились по всему земному шару».

Наибольшее число докладов (шесть) на семинаре было посвящено исследованию свойств кристаллов при большой плотности экситонных возбуждений.

Интенсивные экспериментальные исследования, тесно связанные с проблемами конденсации экситонов и получения стимулированного излучения экситонов, привели к обнаружению в спектрах излучательной рекомбинации многих кристаллов новых линий, интенсивность которых нелинейно возрастает при увеличении интенсивности возбуждения. В докладе Я. К. Покровского и К. И. Свиступовой для объяснения свойств этого нового излучения в кристаллах Ge было использовано представление об образовании конденсированной фазы экситонов — металлоподобных капель — при больших уровнях возбуждения. В работе Б. М. Ашкенадзе, И. П. Крецу, С. М. Рывкина и И. Д. Ярошецкого аналогичная модель была использована для объяснения спектра экситонного свечения кристаллов Si, возбуждаемых импульсами рубинового лазера. В докладе В. М. Аснина и А. А. Рогачева были кратко изложены результаты их предыдущих работ, посвященных изучению свойств металлоподобных капель экситонного конденсата по спектрам прямого экситонного поглощения кристаллов Ge.

Несколько отличная точка зрения на природу новых линий излучения, возникающих при больших плотностях экситонов, была высказана в докладе Е. Ф. Гросса, Л. Н. Курбатова, В. Е. Мащенко, Б. С. Разбирина и Ф. И. Крейнгольда, предположивших, что эти линии возникают при излучательной рекомбинации биэкситонов или в процессе оже-рекомбинации при столкновении двух экситонов.

Теоретическая работа С. А. Москаленко и П. И. Хаджи была посвящена гидродинамическим свойствам бозе-конденсата экситонов при ненулевой температуре. Возможность образования экситонной молекулы (биэкситона) и экситонного иона при различных соотношениях эффективных масс электрона и дырки обсуждалась в докладе А. И. Бобрышевой, М. Ф. Миглея и С. А. Москаленко.

Вопросам взаимодействия свободных экситонов с фононами было посвящено пять докладов. М. В. Курик представил богатый экспериментальный материал, свидетельствующий о применимости правила Урбаха для описания спектральной зависимости коэффициента поглощения вблизи края собственного поглощения.

В теоретической работе В. Г. Федосеева были рассмотрены особенности в спектральной плотности экситонного поглощения, существующие на краях «ступенек» непрямого экситонного поглощения. К сожалению, представленные вычисления выполнены в одномерной модели, что затрудняет сравнение с имеющимися экспериментальными данными. Доклад Д. С. Буляницы был посвящен вычислению спектральной формы линий, возникающих при аннигиляции высших квантовых состояний экситонов с одновременным рождением оптических фононов. В работе Е. Ф. Гросса, С. А. Пермогорова и В. В. Травникова были исследованы спектры возбуждения люминесценции свободных экситонов в кристаллах CdS. Эти спектры имеют ярко выраженную осцилирующую структуру с периодом энергии продольного оптического фонона, возникающую вследствие неполного установления теплового равновесия в экситонных зонах за время жизни свободного экситона. Анализ спектров возбуждения позволил авторам сделать вывод о значительной роли процессов непрямого экситонного поглощения в возбуждении экситонной люминесценции и о возможности существования «горячих» экситонов с кинетической энергией, превышающей энергию ионизации в несколько раз. В работе В. В. Хижнякова проблема экситон-фононного взаимодействия была рассмотрена с учетом пространственной дисперсии.

Изучению пространственной дисперсии был посвящен также доклад В. М. Аграновича, развивающий теорию гиротропии в окрестности экситонной линии поглощения.

Б. П. Захарчения и Р. П. Сейсян экспериментально исследовали структуру спектра прямого экситонного поглощения в кристаллах Ge в сильном магнитном поле. Исследование этой структуры позволяет определить некоторые параметры электронных зон. Сильное магнитное поле приводит к деформации траектории движения электронов и дырок на экситонных орбитах, и в предельном случае экситоны в сильном поле можно рассматривать как одномерные образования. Уменьшение размеров экситона в сильном поле делает его нечувствительным к экранирующему действию свободных носителей, что позволяет наблюдать четкие магнитооптические спектры поглощения в сильно легированных кристаллах.

Новые методы исследования экситонных возбуждений были предложены в докладах И. И. Жеру, С. А. Москаленко и М. И. Шмиглюка «Параэлектрический резонанс на экситонах в полупроводниках» и Л. А. Блюменфельда, В. А. Бендерского, Е. А. Соколова и П. А. Стунжаса «Двойной электрон-электронный резонанс». Поглощение гиперзвука экситонами в сильном магнитном поле было рассмотрено М. А. Рувинским.

Два доклада — В. М. Аграновича, Ю. В. Конобеева, Н. Е. Каменоградского и М. В. Белоусова — были посвящены вычислению энергии межмолекулярного взаимодействия в молекулярных кристаллах.

Роль экситонов в процессах возникновения фотопроводимости в кристаллах была темой доклада Б. В. Новикова. Внимательное исследование спектров возбуждения фотопроводимости показывает, что диффузия экситонов играет существенную роль в процессах внутреннего фотоэффекта. Эти исследования показывают также большое влияние поверхностных свойств кристалла на его фоточувствительность.

Экспериментальному исследованию процессов переноса энергии экситонами в щелочно-галоидных кристаллах были посвящены доклады Ч. Б. Лущика, Г. И. Лидья и Б. Я. Берзинь. Миграция экситонной энергии в кристаллах ароматических соединений была экспериментально исследована в работах Е. Л. Франкевича и В. Р. Приймагена, А. Н. Файдыша.

Кинетика рекомбинации экситонов в полупроводниковых кристаллах была рассмотрена в работе В. В. Евстропова и Б. В. Царенкова и экспериментально исследована Э. Л. Нолле. Экспериментальное измерение времени жизни экситонно-примесных комплексов было выполнено по спектрам затухания люминесценции кристаллов Cu_2O Е. Ф. Гроссом и Ф. И. Крейнгольдом. В этом случае было обнаружено длительное (10^{-2} *сек*) послесвечение локализованных экситонов, в то время как рекомбинация свободных экситонов происходила за времена меньше 10^{-5} *сек*.

В работе А. И. Рыскина, Л. Г. Суслиной, Е. Б. Шадрина и Г. И. Хилько спектры свободного экситона были использованы для исследования структуры кубических кристаллов ZnS с дефектами упаковки, представляющими примесь гексагональной фазы. Исследование концентрационной зависимости смещения спектра позволило определить величину тригонального поля и характер расположения дефектных областей в кристалле. Проявление дефектов в спектрах поглощения экситонно-примесных комплексов в кристаллах SiC было исследовано И. С. Горбанем. Работа Н. Л. Крамаренко, В. К. Милославского и Ю. В. Набойкова была посвящена измерению формы линии прямого экситонного поглощения в кристаллах $PbCl_2$.

Несмотря на значительную перегруженность программы семинара (29 докладов на 4 заседаниях), большинство докладов сопровождалось оживленной дискуссией.

Активное участие в дискуссии принимали академик АН УССР А. С. Давыдов, В. М. Агранович, Е. Ф. Шека, В. Л. Броуде и др. Следующий, VI Всесоюзный семинар «Экситоны в кристаллах» состоится в мае 1970 г. в Институте физики твердого тела АН СССР в Черноголовке (Московская область).

С. А. Пермогоров