

М.Ф. Буланый, А.В. Коваленко, С.А. Морозов, О.В. Хмеленко

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРОВ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КРИСТАЛЛОФОСФОРОВ

Аннотация. В работе описана автоматизированная установка для исследования спектров люминесценции кристаллофосфоров. Наличие в составе системы персональной ЭВМ обеспечивает автоматизацию процесса измерений.

Ключевые слова: фотолюминесценция, центры рекомбинации, монохроматор, фотоэлектронный умножитель, монокристалл, система КАМАК.

Введение. При проведении люминесцентных исследований необходимо измерять различные спектрально-люминесцентные характеристики анализируемых кристаллофосфоров (яркость свечения, электронные спектры люминесценции, квантовый выход, поляризация люминесценции, спектры фотолюминесценции и т.д.) [1, 2]. Эти характеристики можно определять с помощью данной установки. В последние годы возрос интерес к исследованию некоторых кристаллов группы A_2B_6 , легированных переходными элементами (Mn, Cr, Fe, Co, Ni, Ti). В кристаллах, активированных этими элементами наблюдаются внутрицентровые переходы в незаполненных 3d-оболочках этих атомов. Это позволяет использовать данные материалы в качестве активных материалов для квантовой электроники.

Влияние дислокаций на важнейшие свойства некоторых полупроводниковых соединений типа A_2B_6 , в частности сульфида цинка, может осуществляться не только в результате прямого взаимодействия с электронной подсистемой кристаллов, но и путем целенаправленного изменения их кристаллической структуры. Известно, что в процессе пластической деформации, в результате движения частичных дислокаций, происходит переориентация кристаллической решетки микродвойниковых кристаллов ZnS в структуру одноориентированного сфалерита [3]. Следует отметить, что актуальность сфор-

мулированных проблем повышается, если учесть их важность не только для сульфида цинка и других соединений типа A_2B_6 , а также и для некоторых других перспективных полупроводниковых материалов (например, карбид кремния), имеющих сходную структуру.

Необходимость исследований люминесцентных свойств люминофоров ZnS позволяет определить возможность целенаправленного управления реальной структурой кристаллов ZnS и изменением локальной симметрии примесных центров под влиянием дозированных деформаций и электрических полей, что связано с их широким применением в системах отображения информации, а также с перспективой их использования в квантовой электронике.

Изучение физических свойств новых полупроводниковых материалов удобнее проводить на монокристаллических образцах, в связи с чем, особое внимание уделяется разработке технологии получения их в форме монокристаллов.

Большой интерес в настоящее время представляет получение монокристаллов твердых растворов на основе сульфида цинка, которые легируются различными примесями, а также исследования их свойств, структуры и возможного практического использования, процессов, происходящих при воздействии ультрафиолетового и инфракрасного возбуждения, внешнего электрического поля, пластической деформации и т.д.. Наиболее полная и достоверная информация о центрах рекомбинации может быть получена при комплексных исследованиях различными спектроскопическими методами, включающими изучение спектров фотолюминесценции.

Среди полупроводниковых материалов, применяемых в науке и технике в настоящее время, особое место занимают полупроводниковые соединения на основе A_2B_6 . Они отличаются структурой кристаллической решетки, шириной запрещенной зоны и наличием разнообразных дефектов, но всех их объединяет резко выраженная способность люминесцировать в широкой спектральной области при 300 К и 77 К, а также изменять свою проводимость под влиянием корпускулярных и электромагнитных излучений в широком диапазоне длин волн.

Несмотря на такое широкое применение этих материалов много вопросов, касающихся кристаллической структуры, электрических и люминесцентных свойств, остаются до конца не выясненными. Осо-

бенно слабо изучены твердые растворы этих соединений. В большей степени это определяется тем, что использование в технике данных кристаллофосфоров на основе этих соединений представляют собой, в основном, порошки. Неоднородная структура порошкоподобных образцов ограничивает возможности эксперимента и трактовки полученных результатов. Получение и исследование свойств монокристаллов твердых растворов $Zn_{1-x}Cd_xS$, $ZnS_{1-y}Se_y$ имеет и большое практическое значение. Эти материалы могут смешиваться в любых пропорциях и при этом плавно меняется много физических характеристик. Тем самым создается возможность получать заданные величины определенных параметров. Возможность изменять параметры, особенно энергии переходов, путем изменения состава соединений является перспективным для лазерной техники.

Разработанная система регистрирует спектры люминесценции в широком спектральном диапазоне с последующей математической обработкой результатов исследований.

В силу своей природы, люминесценция относится к структурно-чувствительным свойствам кристаллов. Все парамагнитные зонды являются либо хорошо известными центрами свечения (Mn^{2+} , А-центр, Fe^{3+}), либо принимают участие в процессах переноса зарядов при люминесценции (Cr^+ , Fe^{3+}).

Для изучения люминесцентных свойств исследуемых кристаллов нами был сконструирован и изготовлен специальный автоматизированный оптический спектральный комплекс, который может быть использован для регистрации спектров излучения и поглощения в спектральном диапазоне (200 ÷ 1200) нм, автоматического сбора информации о спектральном составе излучения и с последующей математической обработкой результатов исследований [4].

Автоматизированный комплекс измерения люминесценции состоит из источника оптического возбуждения, системы фотоэлектрической регистрации и системы автоматического управления. Функциональная схема комплекса изображена на рис. 1.

В качестве источника оптического возбуждения могут использоваться: лазер (1) (ЛГИ-505 с длиной волны излучения - 337 нм, средней мощностью излучения 120 мВт), с блоком питания; лазер (ЛГН-517, с длиной волны излучения 441.6 нм, средней мощностью

излучения 10 мВт), с блоком питания; ксеноновая лампа ДКсШ-1000 (4) со средней мощностью 1000 Вт с блоком питания (3).

Для развязки возбуждающего света с регистрирующей системой, луч лазера падает на исследуемый образец под углом 90° относительно оптической оси системы. Интенсивность излучения регулируется при помощи нейтральных светофильтров.

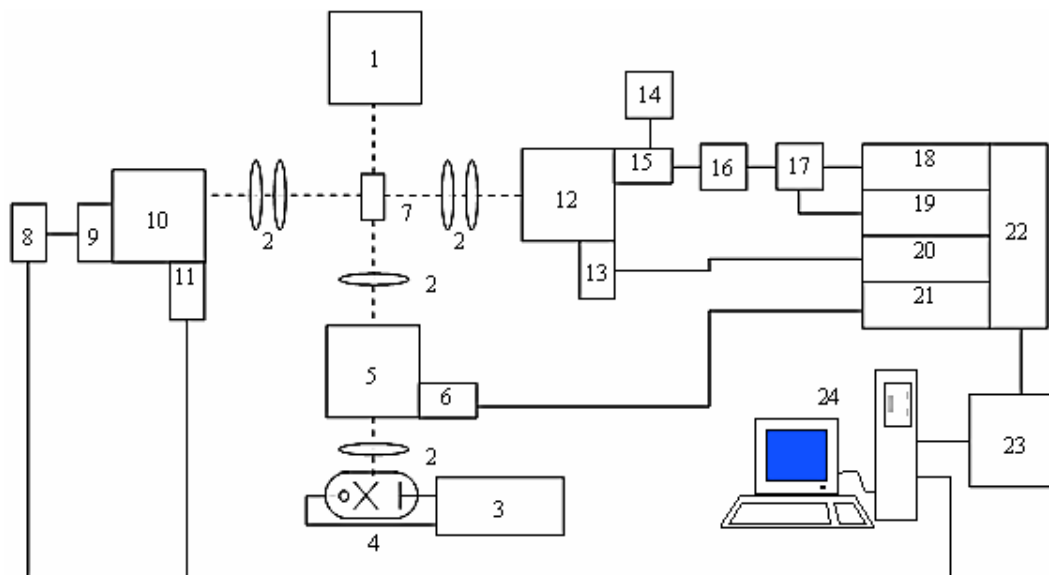


Рисунок 1 – Функциональная схема автоматизированного оптического спектрального комплекса

При использовании в качестве источника оптического возбуждения лампы ДКсШ-1000 для выделения необходимого спектрального интервала используется монохроматор МДР-2 (5). Для дистанционного автоматического управления монохроматор снабжен шаговым двигателем ДШИ-200-2 (6), который подключен к системе управления стандарта КАМАК через модуль управления шаговым двигателем (21). Данная система автоматического управления обеспечивает точность установки длины волны возбуждения не ниже $1/6$ нм на один шаг двигателя. После монохроматора, возбуждающее излучение через систему кварцевых фокусирующих линз (2) попадает на исследуемый образец, помещенный в криостат (7).

Излучение образца через конденсор (2) подается на входную щель монохроматора МДР-12 (12). Для автоматического дистанционного сканирования, регистрирующий монохроматор, как и монохроматор системы возбуждения, снабжен шаговым двигателем ДШИ-200-2 (13). Система автоматического управления монохроматором МДР-12

обеспечивает точность установки длины волны не ниже 0.01 нм. Излучение образца после прохождения через монохроматор фокусируется на фотокатоде ФЭУ-136 (15), работающего в режиме счета одноэлектронных импульсов. Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ-136) с полупрозрачным сурьмяно-калиево-натриево-цезиевым фотокатодом, электростатической фокусировкой электронов, 11-ти диодной системой умножения и торцевым оптическим входом, используется в качестве приемника излучения для области спектра 300 ч 830 нм. Для данного типа ФЭУ скорость счета импульсов темнового анодного тока при температуре 20 °С не более 400 импульсов/сек. Спектральная система канала регистрации зависит от типа применяемого ФЭУ.

Для уменьшения уровня тепловых шумов, ФЭУ-136 охлаждается до температур - (20 ÷ 25) °С. Для этой цели в установке используется микрохолодильник с блоком питания, работающий на эффекте Пельтье, с охлаждением горячих спаев проточной водой. Далее, после ФЭУ, одноэлектронные импульсы подаются на широкополосный высокочастотный усилитель (16). После усилителя импульсы поступают на 2-х пороговый дискриминатор (17). Значения напряжения порогов задаются двумя 8-битными цифро-аналоговыми преобразователями (ЦАП) (18, 19), управление которыми осуществляется системой КАМАК (22). С выхода дискриминатора импульсы приходят на нормализатор (18), который согласует амплитуду и продолжительность импульсов с логическими уровнями ТТЛ. Далее нормализованные импульсы поступают на счетчик (19), который входит в штатный комплект системы КАМАК. Максимальное число считаемых импульсов – 10^5 с^{-1} . Общее управление всем измерительным комплексом осуществляется при помощи КАМАК, сопряженного с персональным компьютером IBM-486 DX (24) с использованием блока сопряжения 23).

Выводы. Результаты сравнения, изготовленной системы регистрации спектров фотолюминесценции по сравнению с традиционными методами позволяет сделать ряд выводов:

1. Исследование спектральных характеристик фотолюминесценции проводилось на разработанной автоматизированной установке;
2. Хранение результатов на магнитном диске позволяет их быстро находить и производить математическую обработку;
3. Повысить точность и ускорить процесс измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левшин А.В. Люминесценция и ее измерение /А.В. Левшин, А.М. Салецкий. – М.: Изд. МГУ. – 1989. – 272 с.
2. Физика и химия соединений $A^{II}B^{VI}$ / Под ред. Медведева С.А. М.: Наука. – 1986. – 624 с.
3. Электронные свойства дислокаций в полупроводниках / Под ред. акад. Ю.А. Осипьяна. – М.: Эдиториал УРСС. – 2000. – 320 с.
4. Буланный М.Ф. Автоматизированная система для комплексных исследований центров рекомбинации в полупроводниках / М.Ф. Буланный, С.А. Омельченко, А.Н. Хачапуридзе // Тез. докл. X науч.-техн. конф. “Датчики и преобразователи информации систем измерения, контроля и управления”. – Датчик 98. – Гурзуф. – 1998. – Т. 2, С. 345 – 348.