

З. М. СВЕРДЛОВ

**НОВЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ  
И ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ МИКРООБЪЕКТОВ  
ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

*(Представлено академиком С. И. Вавиловым 7 X 1949)*

Температурные исследования люминесценции твердых тел показывают, что во многих случаях понижение температуры приводит к усилению яркости люминесценции. Кроме того, понижение температуры вызывает у ряда объектов появление резких линий в спектрах люминесценции и поглощения. Примером могут служить спектры поглощения и люминесценции ураниловых солей, подробно изученные Беккерелем и Оннесом <sup>(1)</sup> и Никольсом и Хауесом <sup>(2)</sup>. Эти авторы показали, что спектры поглощения и люминесценции ураниловых солей, состоящие при комнатной температуре из ряда диффузных полос, распадаются при охлаждении до  $-185^{\circ}$  на большое число отдельных линий.

Причина, обуславливающая появление тонких линий в спектрах поглощения и люминесценции ураниловых солей, заключается в том, что при понижении температуры энергетические уровни люминесцирующих атомов и молекул становятся более резкими вследствие ослабления влияния на них тепловых колебаний окружающей среды.

Е. М. Брумберг и Ф. М. Пекерман <sup>(3)</sup> разработали метод исследования поглощения микрообъектов с помощью ультрафиолетового микроскопа и специальной спектральной насадки. На основе проведенных исследований спектров поглощения ряда фосфоров авторы показали целесообразность применения разработанного ими метода для изучения поглощения микроскопических кристаллов.

В настоящей работе была поставлена задача разработать метод, позволяющий проводить исследование поглощения и люминесценции микрообъектов при температуре  $\sim -185^{\circ}$ . Основная трудность проведения таких исследований заключается в предотвращении запотевания охлаждаемых микрообъектов, находящихся на воздухе.

Методика

Для преодоления этой трудности разработана вакуумная камера (рис. 1), в которую помещается микрообъект на охлаждаемую жидким воздухом пластинку, припаянную к концу коленчатого полого

металлического конуса 1. Этот конус соединяется через стеклянный шлиф 2 с плоским металлическим шлифом 3, пришлифованным к верхней плоскости основной камеры 4. К боковой поверхности основной камеры пришлифован плоский шлиф дополнительной камеры 5, внутри которой на резьбе помещается кварцевый конденсор 7 и объектив ультрафиолетового микроскопа 6. В дополнительной камере имеются три отверстия, которые закрываются кварцевыми пластинками 8, приклеенными пицеином.

Через нижнее отверстие 8 в дополнительной камере производится освещение микрообъектов с помощью зеркала микроскопа. Через верхнее отверстие 8 производится наблюдение и фотографирование микрообъектов. Через боковое отверстие 8 может производиться регулирование расположения микрообъекта, находящегося на предметном стекле 13, в поле зрения микроскопа.

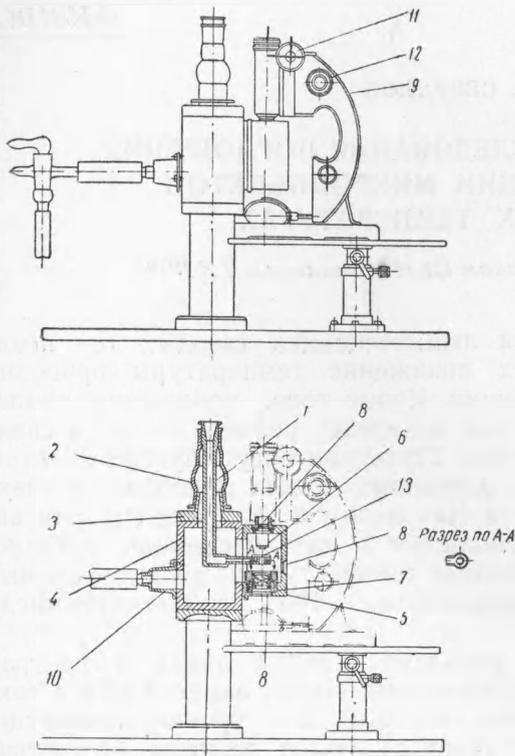


Рис. 1. Общий вид и разрез прибора для исследования микрообъектов при низких температурах

Плоские и конические шлифы смазываются обычной вакуумной смазкой\*.

Оптическая система прибора состоит из кварцевого конденсора 7 (рис. 1), ахроматического зеркально-линзового микрообъекта 6  $30\times$  с апертурой 0,5 и спектральной насадки, описанной в статье (3). Источником света для съемок в длинноволновой области спектра (до 350 м $\mu$ ) служила точечная лампа накаливания, а для коротковолновой области спектра (до 250 м $\mu$ ) криптоновая лампа, разработанная Д. А. Гоухбергом, дающая излучение с непрерывным спектром. Съемка спектров производилась на обычных диапозитивных пластинках.

\* Следует отметить, что при налипании жидкого воздуха внутрь металлического конуса происходит замерзание вакуумной смазки, соединяющей этот конус со стеклянным шлифом. При этом уплотняющие свойства вакуумной смазки ухудшаются. Тем не менее, непрерывная откачка камер с помощью форвакуумного насоса обеспечивает получение достаточного разрежения для предохранения микрообъектов и кварцевых окошек от запотевания.

## Спектры поглощения некоторых микрообъективов при температуре $\sim -185^\circ$

На рис. 2\* изображены спектры поглощения микрокристалла сернокислого уранила  $\text{UO}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , охлажденного до  $-185^\circ$ , снятые при разных экспозициях. На этих снимках (б, в и г) ясно видна линейная структура спектра поглощения, который простирается от 492 м $\mu$  до приблизительно 325 м $\mu$ . На границе коротковолновой области спектра полосы поглощения более размыты, чем в длинноволновой области спектра. После 325 м $\mu$  поглощение микрокристаллов  $\text{UO}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  становится сплошным. Сверху и снизу (рис. 2, а и д) приведены спектры излучения криптоновой лампы. Сравнение спектра поглощения отдельного микрокристалла сернокислого уранила при температуре  $\sim -185^\circ$  с аналогичным спектром поглощения, полученным В. Н. Самойловым (4) для слоя кристаллического порошка при температуре жидкого гелия, показывает целесообразность исследования поглощения отдельного микрокристалла. По данным В. Н. Самойлова, дискретный спектр поглощения сернокислого уранила лежит в области от 492 до 459 м $\mu$ . По нашим данным, коротковолновая граница дискретного спектра поглощения сернокислого уранила расположена около 325 м $\mu$ .

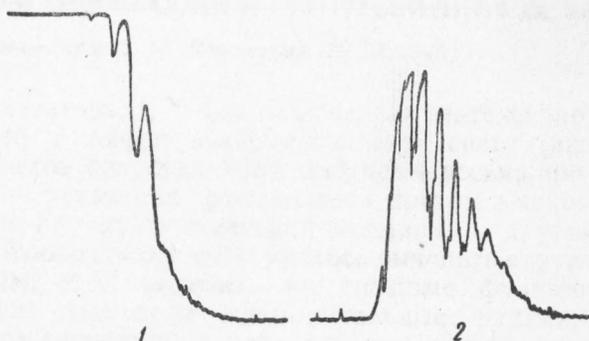


Рис. 4. Микрофотограммы спектра поглощения калийуранилсульфата при температуре  $\sim -185^\circ$ : 1 — при экспозиции 15 сек., 2 — при экспозиции 5 мин.

На рис. 3 приведены аналогичные спектры поглощения охлажденного микрокристаллика калийуранилсульфата  $\text{K}_2\text{UO}_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Эти спектры (б, в и г) сняты при разных экспозициях и лежат приблизительно в той же области, в которой лежат спектры поглощения сернокислого уранила.

На рис. 4 приведены кривые почернения (1 и 2) для соответствующих спектров поглощения калийуранилсульфата (г и б) рис. 3.

На рис. 3 приведены также спектры поглощения микрокристаллика азотнокислого самария  $\text{Sm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Один из этих спектров (д) снят при комнатной температуре, а два остальных спектра (е и ж) при температуре  $\sim -185^\circ$ . Эти спектры показывают, как при снижении температуры линии поглощения становятся более узкими и резкими. Сверху и снизу рис. 3 (а и з) даны ртутные спектры, позволяющие ориентироваться в области поглощения описанных микрокристаллов.

### Выводы

Разработан метод исследования поглощения и люминесценции микрообъектов при температуре  $\sim -185^\circ$ .

Получены фотографии спектров поглощения сернокислого уранила, калийуранилсульфата и азотнокислого самария, имеющих при температуре  $\sim -185^\circ$  тонкие дискретные линии, лежащие в видимой и в ультрафиолетовой области спектра. Предварительное сопоставление полученных результатов для сернокислого уранила с литературными

\* Рис. 2 и 3 см. на вклейке к стр. 569.

данными показывает, что разработанный метод исследования поглощения отдельных микрообъектов при температуре  $\sim -185^\circ$  имеет существенное преимущество по сравнению с аналогичными исследованиями, выполненными со слоем кристаллического порошка.

Выражаю благодарность акад. С. И. Вавилову за постоянный интерес к настоящей работе и ряд ценных указаний.

Государственный оптический институт

Поступило  
15 VII 1949

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup>J. Becquerel and H. Kamerlingh Onnes, Leiden, Commun. Phys. Lab., № 110 (1909). <sup>2</sup>E. L. Nichols and H. C. Howes, Fluorescence of the Uranyl Salts, Washington, 1919. <sup>3</sup>Е. М. Брумберг и Ф. М. Пекерман, Изв. АН СССР, сер. физ., 13, 218 (1949). <sup>4</sup>Б. Н. Самойлов, ЖЭТФ, 1030 (1948).