

З. А. ТРАПЕЗНИКОВА

**ПРЯМОЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ВЫСВЕЧИВАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ  
ВОЗБУЖДАЮЩЕГО СВЕТА У ФОСФОРОВ SrS + Eu, Sm**

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 28 V 1947)'

Щелочно-земельные фосфоры, активированные двумя редкими землями, кроме необычайной чувствительности к инфракрасным лучам<sup>(1)</sup>, обладают еще рядом интересных свойств, одним из которых является высвечивающее действие возбуждающего света (вспышка под действием возбуждающего света). Возбуждающий свет не только ионизует центры свечения, но и выбивает электроны с мест локализации, т. е. действует как „красный“. Работы Антонова-Романовского<sup>(2,3)</sup> по изучению скачка свечения после прекращения возбуждения давали указание на возможность существования этого эффекта, но прямого исследования высвечивающего действия возбуждающего света сделано не было.

У фосфора SrS + Eu, Sm (концентрации  $10^4$ ,  $10^5$  атомов Sr на 1 атом Eu или Sm, без плавня) удалось количественно измерить высвечивание. Фосфор возбуждался как видимым, так и ультрафиолетовым светом. Запас световой суммы<sup>(4)</sup> (св. с.) в первом случае был много больше, чем во втором:  $L_v > L_{uv}$ . При возбуждении ультрафиолетовыми лучами фосфора, уже возбужденного видимым светом, запасенная св. с. снижалась до  $L_{uv}$ .

Измерения проводились с мелким порошком в кварцевой кювете при толщине слоя 0,5 мм. Источником возбуждения служили: 300-ваттная лампа накаливания с синим светофильтром с максимумом пропускания в области 480 м $\mu$  и ртутная лампа со светофильтром, пропускающим главным образом близкий ультрафиолет до 300 м $\mu$ ; источ-

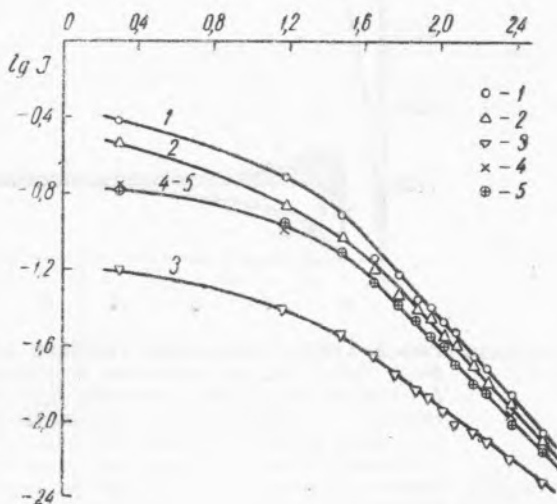


Рис. 1. Кривые высвечивания инфракрасными лучами фосфора SrS + Eu, Sm, возбужденного различным образом.  $t$  — время в мин.; 1 — при возбуждении видимым светом в течение 10 мин. (полное возбуждение); 2 — в течение 2 мин.; 3 — в течение 30 сек.; 4 — при возбуждении ультрафиолетовыми лучами в течение 3 мин. (полное возбуждение); 5 — при возбуждении ультрафиолетовыми лучами в течение 3 мин. фосфора, предварительно возбужденного видимым светом в течение 30 сек., или 2, или 10 мин.

ником инфракрасных лучей служила 300-ваттная лампа накаливания с марблитовым фильтром. После возбуждения фосфор выдерживался в темноте несколько минут для исключения фосфоресценции. Световая сумма фосфоресценции составляла не более 10% от всей световой суммы.

На рис. 1 представлены кривые высвечивания инфракрасными лучами фосфора SrS + Eu, Sm. Из кривых следует, что каков бы ни был предварительный запас световой суммы, при последующем облучении ультрафиолетовыми лучами он увеличивается или уменьшается до величины, соответствующей  $L_{uv}^*$ .

Интересно было выяснить, является ли понижение световой суммы результатом высвечивающего или тушащего действия ультрафиолето-

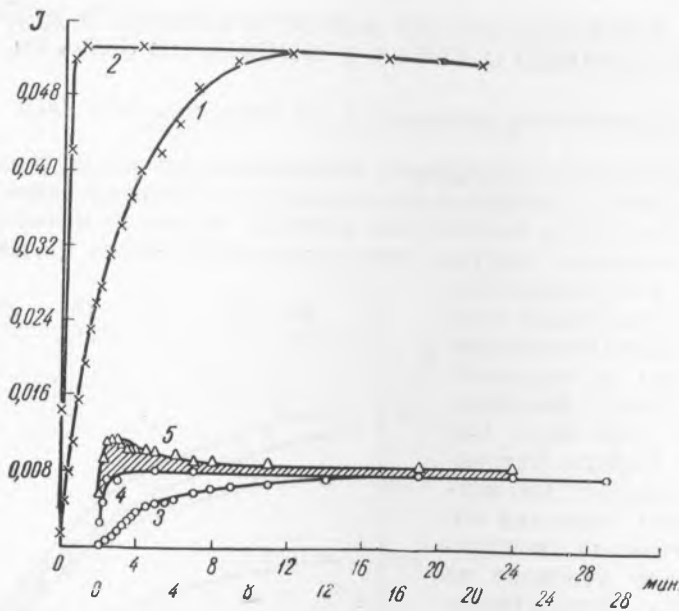


Рис. 2. Кривые нарастания свечения при возбуждении фосфора SrS + Eu, Sm видимым и ультрафиолетовым светом. 1 — кривая нарастания свечения при возбуждении видимым светом; 2 — при повторном облучении видимым светом после затухания фосфоресценции; 3 — при возбуждении ультрафиолетовыми лучами; 4 — при повторном облучении ультрафиолетовыми лучами после затухания фосфоресценции; 5 — при возбуждении ультрафиолетовыми лучами фосфора, предварительно возбужденного видимым светом

вых лучей. Было измерено нарастание свечения фосфора во время возбуждения видимым и ультрафиолетовым светом, а также нарастание свечения при ультрафиолетовом возбуждении фосфора, предварительно возбужденного видимым светом (рис. 2)\*\*.

Площади, ограниченные на рис. 2 кривыми 1, 2, соответствуют св. с., запасенной при возбуждении видимым светом; 3, 4 — св. с., запасенной при ультрафиолетовом возбуждении; 4, 5 — св. с., высвеченной ультрафиолетовым светом. За время наблюдения ультрафиолетовый свет (данной интенсивности) еще не снизил запаса св. с. до своего предельного.

\* Ультрафиолетовый фильтр не пропускал заметным образом красного и инфракрасного излучения ртутной лампы.

\*\* Для измерения нарастания интенсивности возбуждающего света брались меньше, чем в первом опыте.

Параллельно с кривыми нарастания были получены кривые высвечивания св. с. в каждом из этих случаев под действием инфракрасных лучей (рис. 3)\*. Заштрихованная площадь на рис. 3 соответствует светосумме, потерянной при облучении ультрафиолетовым светом фосфора, предварительно возбужденного видимым. Эта площадь, если нет тушения, должна равняться заштрихованной площади на рис. 2. Все измеренные св. с. сведены в табл. 1.

Таблица 1

Возбуждающий свет	Светосумма по кривым нарастания $L_E$	Светосумма по кривым высвечивания инфракрасными лучами $L_r$	Коэффициент отношения световых сумм $L_r / L_E$
Видимый свет . . . . .	0,140	0,136	$\sim 1$
Ультрафиолетовый свет . . . . .	0,032	0,058	$\sim 1,81$
Видимый свет + ультрафиолетовый свет . . . . .	—	0,100	—
Светосумма, высвеченная ультрафиолетовым светом	0,022	0,036	-1,64

Из табл. 1 следует, что при возбуждении видимым светом световые суммы, полученные по кривой нарастания свечения и высвечивания, совпадают; при ультрафиолетовом — св. с., высвеченная инфракрасными

лучами, больше в 1,81 раза св. с., полученной из кривых нарастания свечения. Следовательно, вероятность рекомбинации с излучением во время ультрафиолетового возбуждения в  $\sim 1,8$  раза меньше, чем во время высвечивания инфракрасными лучами. Несоответствие между вероятностью рекомбинации с излучением в случае термических электронов и оптических было исследовано в работах Элликсона (4) и Моргенштерн (5). Моргенштерн было найдено постоянство отношения между световыми суммами, высвеченными термически и инфракрасными лучами. Интересно, что и в нашей работе коэффициент отношения также приблизительно постоянен. Коэффициент отношения световых сумм по кривой высвечивания инфракрасными лучами и по кривой нарастания при ультрафиолетовом возбуждении, равный 1,64, близок к коэффициенту отношения  $L_r$  к  $L_E$  площадей, высвеченных ультрафиолетовым светом, равному 1,81. Такое постоянство отношения световых сумм, измеренных различными путями, позволяет считать

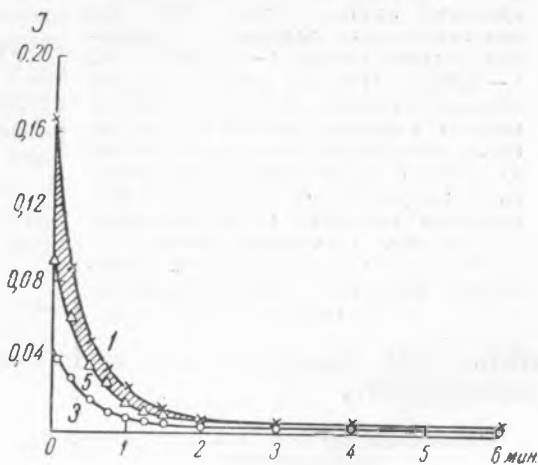


Рис. 3. Кривые высвечивания запасенных светосумм инфракрасными лучами. Площади под кривыми определяют запасенные светосуммы: 1 — после возбуждения видимым светом; 3 — ультра фиолетовым; 5 — видимым с последующим облучением ультрафиолетовым.

\* На рис. 3 представлено высвечивание  $\sim 80\%$  св. с.; остаток определялся высвечиванием более интенсивным инфракрасным светом.

действие ультрафиолетового света в основном высвечивающим, а не тушащим.

При увеличении содержания Sm в фосфоре высвечивающее дей-

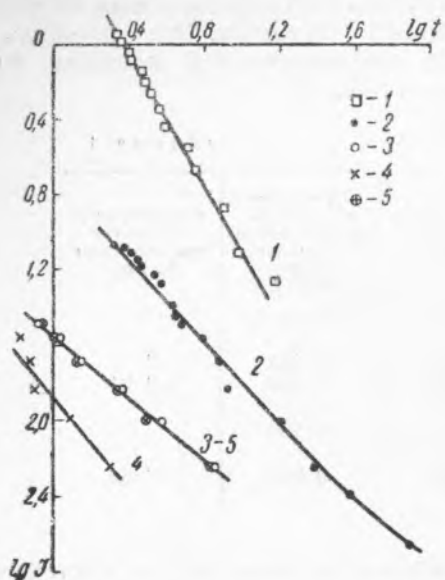


Рис. 4. Кривые затухания фосфоресценции и кривые высвечивания инфракрасными лучами фосфора SrS + Eu при возбуждении видимым и ультрафиолетовым светом.  $t$  — время в сек. 1 — кривая затухания фосфоресценции одноактиваторного фосфора, возбужденного видимым светом; 2 — то же после возбуждения ультрафиолетовым; 3 — кривая высвечивания под действием инфракрасного света после возбуждения видимым; 4 — то же после возбуждения ультрафиолетовым; 5 — то же после последовательных возбуждений видимым и ультрафиолетовым светом

ствие ультрафиолетового света выступает более резко. Фосфор с одним Eu по сравнению с 2-активаторным имеет более яркую и быстрее затухающую фосфоресценцию с необычайно малой св. с., высвечиваемой инфракрасными лучами. Через 36 час. вспышка фосфора раза в два слабее вспышки тотчас же после возбуждения, что указывает на отсутствие заметного тушения. У этого фосфора не было обнаружено высвечивающего действия ультрафиолетового света (рис. 4).

Таким образом, введение второго активатора Sm ответственно за увеличение св. с. в фосфоре, а также, повидимому, и за высвечивающее действие ультрафиолетового света. С другой стороны, как показывает качественный опыт, фосфор, активированный Eu, Sm, высвечивает запасенную св. с. при значительно более высокой температуре, чем фосфор, активированный Ce, Sm, что дает указание на существование локальных уровней различной энергетической глубины, хотя Sm имеется в обоих случаях. Вероятно, существует сложное и глубокое взаимодействие редких земель между собой, на что указывает предварительное исследование спектров свечения фосфоров.

Приношу глубокую благодарность В. В. Антонову-Романовскому за ценные советы и интерес к данной работе.

Физический институт им. П. Н. Лебедева  
Академии Наук СССР

Поступило  
28 V 1947

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> В. В. Антонов-Романовский, В. Л. Левшин, З. Л. Моргенштерн и З. А. Трапезникова, ДАН, 54, 19 (1946). <sup>2</sup> В. В. Антонов-Романовский, ДАН, 36, 138 (1942). <sup>3</sup> В. В. Антонов-Романовский, ДАН, 39, 329 (1943). <sup>4</sup> R. T. Ellickson, JOSA, 36, 264 (1946). <sup>5</sup> З. Л. Моргенштерн, ДАН, 54, 791 (1946).