

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

З. Л. МОРГЕНШТЕРН

**ПРИМЕНЕНИЕ ВСПЫШЕЧНЫХ ФОСФОРОВ ДЛЯ
ФОТОГРАФИРОВАНИЯ В ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА**

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 14 VII 1950)

Фотографирование в инфракрасной области спектра имеет большой научный и технический интерес. Применение для этой цели фосфоров, чувствительных к инфракрасным лучам, позволяет несколько дальше продвинуться в длинноволновую область спектра, чем с помощью сенсибилизированных фотографических эмульсий. Такой метод фотографирования основан либо на использовании тушения фосфоресценции инфракрасными лучами, либо на использовании явления вспышки свечения фосфоров под действием инфракрасных лучей.

Замечательное свойство кристаллофосфоров — тушение фосфоресценции инфракрасными лучами — использовалось давно различными авторами для фотографических целей⁽¹⁾. Наиболее обстоятельным количественным исследованием явления тушения и возможности применения его для фотографии была работа В. Л. Левшина и др., опубликованная в 1934 г.⁽²⁾.

Возможность использовать для фотографических целей явление вспышки появилась только в последнее время после разработки щелочно-земельных вспышечных фосфоров, обладающих большой чувствительностью к инфракрасным лучам⁽³⁾.

С помощью таких вспышечных фосфоров в 1945 г. в Физическом институте АН СССР были получены фотографии ртутного спектра до линии $1,53 \mu$ *. Позднее Пауль⁽⁴⁾ опубликовал снимки ртутного спектра также до $1,53 \mu$, полученные им с помощью аналогичных вспышечных фосфоров.

В настоящей работе нами использовались также вспышечные щелочно-земельные фосфоры с двумя редкоземельными активаторами Се, Sm, разработанные в Физическом институте АН СССР⁽³⁾.

З. А. Трапезниковой были получены порошки вспышечных щелочно-земельных светосоставов высокой яркости, позволившие изготовить тонкие фосфорные слои, достаточно однородные, удобные для фотографии.

Фотографирование в инфракрасных лучах производилось следующим образом. Тонкий фосфорный слой возбуждался ультрафиолетовым светом, затем выдерживался некоторое время для затухания фосфоресценции, после чего прижимался к эмульсии фотопластинки и вместе с последней помещался в камеру спектрографа или фотоаппарата. Инфракрасный свет от фотографируемого спектра или объекта, попадая

* Фотографии были получены Е. С. Крыловой.

на фосфор, вызывал вспышку, свет которой регистрировался фотопластинкой. Спектральная чувствительность пластиночек подбиралась соответственно цвету свечения фосфора. После проявления получалось негативное изображение в инфракрасном свете, несколько более размытое, чем при обычном фотографировании.

На полученных фотографиях всегда имелся фон, вызываемый фосфоресценцией люминофора. Для его уменьшения время между концом возбуждения и началом съемки было увеличено до 24 часов в случае фотографирования в максимуме чувствительности фосфора ($\sim 1 \mu$). Если нас интересовала более длинноволновая область спектра ($\sim 1,5 \mu$), фотографирование производилось на свежезаряженном фосфорном слое (через 1–2 часа после возбуждения), и в этом случае для уменьшения фона от фосфоресценции температура окружающей среды поддерживалась не выше 15–20°.

Некоторые из полученных с помощью такого метода фотографий в качестве примера приводятся на вклейке.

На рис. 1 (a, б, в) представлены фотографии ртутного спектра (лампа ПРК-2), полученные с помощью стеклянного спектрографа Фусса светосилы 1:4, при ширине щели 0,15 мм, на пластинах изо-орто НИКФИ чувствительностью 500 X и D. Как видно из фотографий, линия 1,36 μ получается за время экспозиции 15 сек., линия 1,53 μ — за 2 минуты, линия 1,7 μ — за 10 минут.

На рис. 1, г приводится фотография спектра солнца в инфракрасной области. Фотография получена при освещении щели спектрографа солнечным светом, рассеянным от поверхности, покрытой напыленным слоем окиси магния. На снимке видны три области поглощения, обусловленные, как известно, присутствием водных паров в атмосфере и относящиеся к длинам волн 0,92, 1,13 и 1,4 μ .

Нами были сфотографированы также спектры поглощения некоторых органических веществ. При этом для увеличения линейной дисперсии камера спектрографа была заменена длиннофокусной камерой Цейсса, так что светосила установки оказалась 1:20, что естественно привело к увеличению времени экспозиции. Спектры поглощения бензола, гексана, спирта и изобутилового спирта, сфотографированные нами, повторяют известные данные для поглощения этих веществ. Интересными оказались спектры поглощения мономера и полимера стирола и метилметакрилата, приведенные на рис. 2.

В спектре поглощения стирола (рис. 2, г) имеется полоса поглощения в коротковолновой области с $\lambda_{\text{макс}} \sim 0,875 \mu$, очень узкая полоса с $\lambda_{\text{макс}} \sim 1,12 \mu$ и интенсивная полоса с $\lambda_{\text{макс}} \sim 1,14 \mu$; далее, начиная от $\lambda \sim 1,32 \mu$, идет целый ряд узких полос поглощения, которые не разрешаются на нашем снимке. В спектре поглощения полистирола (рис. 2, в), полученного нами из того же мономера, исчезла узкая полоса с $\lambda_{\text{макс}} \sim 1,12 \mu$ и появилась новая полоса поглощения с $\lambda_{\text{макс}} \sim 1,30 \mu$. Наблюдаются также изменения в более длинноволновой области поглощения.

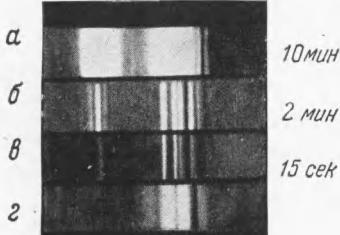
Отчетливые изменения происходят и в спектре поглощения полимера метилметакрилата (рис. 2, а) по сравнению с мономером (рис. 2, б). На рис. 2, д представлен спектр излучения лампы накаливания.

Это явление — изменение спектра поглощения при полимеризации — может представить, как нам кажется, некоторый интерес для исследования высокомолекулярных соединений.

Кроме съемки спектров, тонкий фосфорный слой был нами также применен для фотографирования в инфракрасных лучах с помощью фотоаппарата. На рис. 3 приводятся фотографии написанных масляными красками портретов акад. Б. С. Якоби и акад. А. Н. Крылова в видимом (рис. 3, а) и инфракрасном (рис. 3, б) свете.

При фотографировании в инфракрасном свете объектив фотоаппа-

1014 μ
113 μ
136 μ
153 μ
1,7 μ



0,92 μ
113 μ
1,4 μ

Рис. 1

1014 μ
1,13 μ

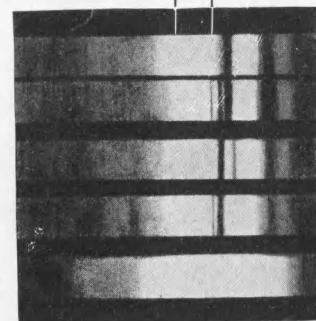


Рис. 2



Рис. 3

рата закрывался плотным инфракрасным фильтром. Эффективная область длин волн была около 1 μ .

Как известно, коэффициенты отражения и поглощения света различными веществами меняются в зависимости от длины волны. Это приводит иногда к существенному изменению цветопередачи при фотографировании в инфракрасном свете. Такое явление наблюдается на приведенных фотографиях обоих портретов: некоторые светлые тона в инфракрасном свете передаются как темные, а темные выглядят более светлыми. Это же приводит к сильной размытости некоторых контуров, в то время как общая четкость изображения в инфракрасном свете представляется удовлетворительной.

Приношу большую благодарность акад. С. И. Вавилову, по инициативе которого была поставлена эта работа. Выражаю также благодарность Е. Е. Букке, принимавшему существенное участие в работе.

Поступило
6 VII 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ W. Clark, Photography by Infrared, N. Y., London, 1946, p. 116. ² В. Л. Левшин с соавт., ЖЭТФ, 4, № 10, 1033 (1934). ³ В. В. Антонов-Романовский, В. Л. Левшин, З. Л. Моргенштерн и З. А. Трапезникова, ДАН, 54, № 1 (1946); В. Л. Левшин, В. В. Антонов-Романовский, З. Л. Моргенштерн и З. А. Трапезникова, ЖЭТФ, 17, № 11, 949 (1947); В. В. Антонов-Романовский, В. Л. Левшин, З. Л. Моргенштерн и З. А. Трапезникова, Изв. АН СССР, сер. физ., 13, № 1, 75 (1949). ⁴ W. Paul, JOSA, 36, No. 3, 175 (1946).