

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

А. Б. АКОПОВА, Э. А. БАБАХАНИЯ,
академик АН АрмССР Г. М. ГАРИБЯН, Н. В. МАГРАДЗЕ,
Л. В. МЕЛКУМЯН

**О РАСПРЕДЕЛЕНИИ СКРЫТОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ В ЯДЕРНЫХ
ЭМУЛЬСИЯХ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИМПУЛЬСНОГО
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ**

В последние годы проявляется значительный интерес к проблеме воздействия высоковольтных импульсных электрических полей (и.э.п.) на различные фотоматериалы. В работах (^{1, 2}) показано, что действие и.э.п. в момент экспонирования приводит в зависимости от типа пленок к увеличению, или, наоборот, к уменьшению оптической плотности. В данной работе будет рассмотрено действие и.э.п. на толстослойные ядерные эмульсии (50—400 μ), в которых при наложении поля было обнаружено значительное уничтожение скрытого изображения, созданного ионизирующим излучением (α , β , электроны, протоны) (^{3, 4}). Между тем в последних двух работах не ставился вопрос о судьбе исчезнувшего скрытого изображения, которое могло либо исчезнуть вообще, либо как-то замаскироваться в микрокристаллах. Кроме того, представляет также интерес выяснить действие и.э.п. на примесные центры (центры чувствительности). Настоящая работа посвящена исследованию именно этих вопросов.

В соответствии с известным из ряда исследований фактом (^{5, 6}) о возможном перераспределении поверхностного изображения в глубь микрокристаллов AgBr, нами был проведен эксперимент по разделению глубинного и поверхностного скрытого изображения по методике, предложенной Хейнманом (⁷).

Эмульсионные слои типа НИКФИ-БР₂, толщиной 400 μ , облученные на Ереванском синхротроне электронным пучком с $E = 3$ ГэВ и интенсивностью 10^4 частиц/см², подвергались воздействию и.э.п. напряженностью 10^5 в/см и проявлялись обычным способом. Длительность импульса 5—10 μ сек. при частоте срабатывания 80—100 импульсов в 1 минуту.

Как видно из микрофотографии (см. рис. 1 на вкл. к стр. 597), 100 импульсов и.э.п. приводят практически к полной потере следов релятивистских электронов в обрабатываемых слоях. Следует заметить, что полученные данные подтвердились и в случае облучения слоев л-мезонами и протонами высоких энергий (см. табл. 1). Если в поле зрения по всей глубине контрольного слоя просчитывается более 30 следов, то после действия поля в нем остается 2—3 следа, по своей плотности скорее воспринимающихся как зерновой фаз вуали, чем след частицы.

Если те же рабочие слои проявлять, пользуясь глубинным проявителем, то картина резко меняется, а именно: удается выявить около 80% релятивистских следов по сравнению с имеющимися в контрольном слое. Этот факт позволяет утверждать, что под действием и.э.п. происходит смещение поверхностного скрытого изображения в глубь микрокристалла. Однако при этом следует убедиться в том, что в условиях нашего эксперимента глубинное изображение вообще отсутствует в контрольных слоях. Для этого поверхностное скрытое изображение в них предварительно окислялось раствором красной кровяной соли и затем проявлялось

глубинным проявителем. Выявление в данном случае только зернового фона вуали без видимых следов (табл. 1) свидетельствует об отсутствии скрытого изображения в глубине микрокристаллов AgBr и тем самым указывает на то, что наблюдаемое в рабочих слоях внутреннее изображение создано исключительно благодаря и.э.п., способствующему перемещению поверхностного изображения в глубину зерна.

Таблица 1

Изменение фотографических параметров эмульсионных слоев, облученных π -ионами и протонами, под действием и.э.п.

Вид проявления	Контрольные слои		Рабочие слои	
	число следов	$N/100 \mu$	число следов	$N/100 \mu$
Обычный	$31 \pm 0,5$	$28,3 \pm 0,3$	$3 \pm 0,03$	$11,3 \pm 0,1$
Глубинный	—	—	$25 \pm 0,5$	$26,1 \pm 0,3$

Отдельная серия опытов была посвящена исследованию воздействия и.э.п. на необлученные слои с целью выяснения поведения примесных центров в электрическом поле. Для этого после наложения на слои и.э.п. напряженностью 10^5 в/см они облучались электронным пучком с $E = 3$ Гэв и обрабатывались по указанной методике. Как и в предыдущем опыте, только при глубинном проявлении были обнаружены электронные следы, около 70—80% от числа электронов в контрольном слое.

Такой результат становится понятным, если предположить, что многократное наложение и.э.п. по аналогии с действием его на центры скрытого изображения способствует росту числа глубинных примесных центров за счет разрушенных поверхностных. Наблюдаемое одинаковое поведение центров скрытого изображения и примесных центров под действием и.э.п. позволяет считать, что эти центры состоят из свободного серебра. Это хорошо согласуется с представлениями Чибисова ⁽⁸⁾ в пользу серебряной природы примесных центров в эмульсионных кристаллах.

Таким образом, и.э.п. способствует перемещению фотолитического серебра скрытого изображения и серебряных примесных центров с поверхности микрокристаллов AgBr и локализации их в глубине зерна. Попытаемся теоретически объяснить наблюдаемый эффект с помощью следующего механизма. Под действием и.э.п. электроны, совершая работу выхода, равную для серебра 4,8 эв, отрываются от центров скрытого изображения, расположенных в основном на поверхности микрокристалла.

Как было отмечено выше, электрическое поле действует и на примесные центры, распределенные как по поверхности, так и в глубине кристалла с убывающей плотностью ρ_0 ⁽⁹⁾. Оценим эффективное расстояние Δd , дальше которого примесные центры практически отсутствуют. В работе ⁽⁹⁾ приведена кривая зависимости ρ_0 от $\Delta v/v$. При $\Delta v/v \sim 0,65$ величина ρ_0 становится равной нулю. Для нашего случая кристаллов кубической формы $v = d^3$, где d — размер микрокристалла, равный 0,40—0,45 μ , а $\Delta v = 3d^2\Delta d$. Следовательно, примесные центры будут отсутствовать при $3d^2\Delta d/d^3 = 0,65$, т. е. при $\Delta d = 0,1 \mu$. Такое же значение для глубины распределения примесных центров чувствительности было получено различными методами Кальмансон ⁽¹⁰⁾ и Богомолым ⁽¹¹⁾.

Механизм действия поля на примесные центры, вероятно, такой же, как и на центры скрытого изображения. Однако преобладающим будет отрыв электронов с поверхностных примесных центров, во-первых, потому, что их вообще больше и, во-вторых, из-за меньшей напряженности поля внутри кристалла в $\epsilon = 13$ раз. Освобожденные полем электроны

с катодной стороны кристалла направляются в глубь, в то время как с противоположной грани навстречу им будут двигаться ионы серебра.

В соответствии с указанным в работе ⁽¹²⁾ существованием максимума на кривой вероятности захвата электронов примесными центрами и.э.п., видимо, способствует захвату, сообщая электронам энергию и переводя их в область этого максимума. Закрепившиеся на новых глубинных центрах электроны будут притягивать ионы серебра, образуя тем самым центры скрытого изображения уже в глубине кристалла.

Ввиду разной подвижности электрона μ_e и иона μ_n пути, проходимые ими за одинаковые промежутки времени, не равны и относятся как их подвижности. Взяв значение $\mu_e = 0,2 \text{ см}^2/\text{в} \cdot \text{сек}$, а для $\mu_n = 0,02 \text{ см}^2/\text{в} \cdot \text{сек}$ ⁽¹³⁾, получим среднее значение пути, пройденного ионом $\sim 400 \text{ \AA}$ от анодной стороны кристалла. Очевидно, в этой области и произойдет образование новых центров скрытого изображения и примесных центров вместо старых, разрушенных и.э.п. По-видимому, вновь образованное глубинное изображение и примесные центры при последующем наложении импульсов поля не должны разрушаться, исходя из того, что электрическое поле внутри кристалла в ϵ раз меньше, чем на поверхности, и что глубинные центры термически более устойчивы.

Интересно отметить, что обнаруженный и исследованный нами эффект сдвига поверхностного изображения в глубь зерна подобен фотографическому эффекту Гершеля и перераспределительному старению ⁽⁶⁾, наблюдаемому в ядерных эмульсиях.

Авторы выражают благодарность чл.-корр. АН СССР, проф. К. В. Чибисову за интерес, проявленный к работе.

Ереванский
физический институт

Поступило
20 XI 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ J. Rothstein, *Photogr. Sci. Eng.*, 3, 225 (1959); 4, 5 (1960). ² В. И. Кадашников, Д. М. Самойлович и др., *Журн. научн. и прикл. фотогр. и кинематогр.*, 9, 464 (1964). ³ Д. М. Самойлович, И. В. Ардашев, *ДАН*, 179, № 1, 59 (1968). ⁴ М. Николае, *Intern. Congr. Photogr. Sci., Tokyo, 1967, Sec. 1.* ⁵ В. М. Белоус, Л. П. Мельничук, К. В. Чибисов, *ДАН*, 177, 1367 (1967). ⁶ А. Л. Картужанский, А. Ф. Юрченко, *Журн. научн. и прикл. фотогр. и кинематогр.*, 10, 217 (1965). ⁷ А. С. Хейман, В. П. Донатова, *Журн. научн. и прикл. фотогр. и кинематогр.*, 10, № 2, 144 (1965). ⁸ К. В. Чибисов, Основные проблемы химии фотографических процессов, М., 1962. ⁹ J. Malinowski, *Zs. Wiss. Photogr.*, 61, № 10—12, 181 (1967). ¹⁰ Э. В. Кальмансон, *Журн. научн. и прикл. фотогр. и кинематогр.*, 13, № 3, 219 (1968). ¹¹ К. С. Богомолов, Докторская диссертация, М., 1962. ¹² Г. Г. Бахшян, Г. М. Гарибян, *Изв. АН АрмССР, Физика*, 2, № 6, 415 (1967). ¹³ А. Л. Картужанский, *УФН*, 73, № 3, 472 (1961).