

05:07

Воздействие импульсного магнитного поля на галогенсеребряный фотографический процесс

© Д.Р. Фролов, А.П. Бойченко

Кубанский государственный университет,
350040 Краснодар, Россия
e-mail: mr.frol@bk.ru, bojchenco@yandex.ru

(Поступило в Редакцию 18 августа 2011 г.)

На примере галогенсеребряных фотографических материалов отечественного и зарубежного производства исследовано воздействие импульсного магнитного поля на формирование изображений при их световой и газоразрядной экспозиции. Показано, что одиночный импульс поля напряженностью 4.2 кОе и длительностью 0.12 с, синхронизированный со световой вспышкой существенно повышает светочувствительность фотоматериалов и не влияет на нее до световой экспозиции. Предварительное воздействие на свежизготовленные фотоматериалы серии из 250 импульсов магнитного поля с указанными характеристиками приводит к уменьшению их газоразрядной чувствительности, а у состарившихся в течение 8 лет — к ее увеличению.

В 1959 г. Дж. Ротштейном был описан обнаруженный эффект изменения светочувствительности (СЧС) галогенсеребряных фотоматериалов под действием на них синхронизированных друг с другом импульсного электрического поля напряженностью $10^7 - 10^8$ В/м и вспышки света [1]. Спустя почти полвека о влиянии постоянного и импульсного магнитных полей (ИМП) напряженностью до 10 кОе на галогенсеребряный фотографический процесс было сообщено в работе [2] и спектрально-люминесцентным методом исследован возможный механизм этого процесса, выявивший существенные преобразования серебряных центров СЧС в фотоземulsionных микрокристаллах (МК) галоидного серебра (AgHal) под действием ИМП, в частности, приводящего к уменьшению СЧС у свежизготовленных фотослоев и ее увеличение — у хранившихся в течение 10 лет после изготовления. Однако в упомянутой работе [2] галогенсеребряный фотографический процесс исследовался только после воздействия на фотоматериалы серии из $1.5 \cdot 10^6$ ИМП длительностью $2 \cdot 10^{-5}$ с или в постоянном магнитном поле после их экспонирования светом. Поэтому не меньший практический и научный интерес представляет результат совместного действия на галогенсеребряные фотоматериалы одиночного ИМП, синхронизированного со вспышкой света, идентично описанного в [1] с использованием импульсного электрического поля.

Исследование этого воздействия осуществлялось на установке, схема конструкции которой приведена на рисунке. Для синхронизации ИМП и вспышки света на обмотке электромагнита наматывалась дополнительная, к которой через переменный резистор (для регулировки яркости) подключался светодиод, имеющий в спектре максимум излучения ~ 400 нм. Разрядом конденсатора емкостью $2 \cdot 10^{-4}$ Ф через тиристор на обмотку электромагнита, между его наконечниками создавался ИМП напряженностью 4.2 кОе и длительностью 0.12 с. При этом длительность светового импульса составляла порядка 0.09 с.

В качестве исследуемых фотоматериалов выбирались фотопленки отечественного и зарубежного производства с различным средним диаметром $\bar{\mu}$ МК AgHal: рентгеновские RETINA, PRIMAX и Agfa (фирма ILFORD); для любительской фотографии HP5 PLUS (фирма ILFORD) и для микрофильмирования — Микрат-орто (производство ОАО Тасма, Казань). Последняя фотопленка исследовалась в двух вариантах: с ее оптическим сенситизатором (ОС) и отмытой от него. Экспонирование каждого фотоматериала осуществлялось в двух вариантах: одиночной световой вспышкой с ИМП и без поля. Первый вариант являлся опытным, а второй — контрольным. После чего производилась их химико-фотографическая обработка по режимам, регламентированным фирмами-производителями. Эффект влияния ИМП η на фотографический процесс оценивался по формуле, предложенной в [3]:

$$\eta = \frac{D_1 - D_2}{D_2},$$

где D_1 — интегральная оптическая плотность изображения на фотопленке, экспонированной одиночной вспышкой света и ИМП; D_2 — интегральная оптическая плотность изображения на фотопленке, экспонированной только одиночной вспышкой света. (Значения

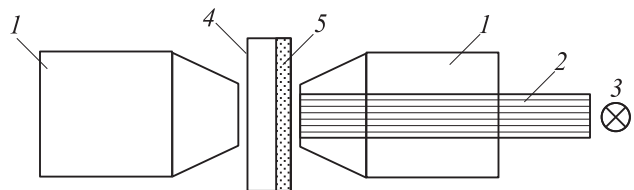


Схема экспериментальной установки для изучения фотографических процессов в ИМП: 1 — наконечники электромагнита, 2 — оптоволоконный провод, 3 — источник света (светодиод), 4 — полимерная подложка фотопленки, 5 — фоточувствительный эмульсионный слой.

Таблица 1. Эффект воздействия на различные фотоматериалы одиночного ИМП, синхронизированного со светлой вспышкой

Фотоматериал	$\bar{\mu}$, μm	D_1	D_2	η
HP5 PLUS	~ 1.710	0.457 ± 0.011	0.403 ± 0.010	0.134
RETINA	1.090–1.500	0.261 ± 0.006	0.168 ± 0.005	0.553
PRIMAX		0.208 ± 0.005	0.193 ± 0.005	0.077
Agfa		0.212 ± 0.005	0.159 ± 0.004	0.333
Микрат-орто	0.065	0.042 ± 0.001	0.047 ± 0.001	–0.106
Микрат-орто (без ОС)		0.109 ± 0.002	0.038 ± 0.001	1.919

Таблица 2. Результаты различных режимов магнитополовой обработки рентгеновской фотопленки RETINA на формирование газоразрядных изображений БГР

Режим обработки фотоматериала	Состояние фотоматериала	D_3	D_4	η_{GDI}
Одиночный ИМП	Свежеизготовленный	0.349 ± 0.004	0.352 ± 0.004	0
	Состарившийся в течение 8 лет	0.277 ± 0.004	0.275 ± 0.003	0
Серия из 250 ИМП	Свежеизготовленный	0.295 ± 0.003	0.352 ± 0.004	–0.162
	Состарившийся в течение 8 лет	0.298 ± 0.004	0.275 ± 0.003	0.084

параметров D_1 и D_2 получены при вычете оптической плотности вуали.) Результаты проведенных исследований представлены в табл. 1 с ориентировочными значениями $\bar{\mu}$ [4].

Из табл. 1 видна хорошо известная из физики фотографического процесса закономерность [4,5]: с увеличением $\bar{\mu}$ МК AgHal растет их СЧС, что в нашем случае следует из параметра D_2 . Данные таблицы также показывают, что почти на всех исследованных галогенсеребряных фотопленках одиночный ИМП длительностью 0.12 с и напряженностью 4.2 кОе увеличивает на них интегральную оптическую плотность световых изображений (D_1). Подобно электрическому полю [1] оно оказывает сенсibiliзирующее действие на фотоматериалы. Однако имеется и отличительная черта, выявленная на фотопленке Микрат-орто. Будучи с ОС, формируемое на ней оптическое изображение ослабляется ИМП, а при отмытом сенсibiliзаторе эффект η оказывается превосходящим все исследованные фотопленки. Полученные результаты показывают, что механизмы процессов действия ИМП на галогенсеребряные фотоматериалы до их экспонирования светом (как, например, описано в [2]) и во время него, отличаются друг от друга.

С целью выяснения этих отличий и установления влияния преобразованных ИМП серебряных центров СЧС в МК AgHal [2] на формирование фотографических изображений были проведены отдельные исследования с рентгеновской пленкой RETINA как свежеизготовленной, так и имеющую повышенную вуаль в результате восьмилетнего хранения. Эксперименты проводились в

десятикратной повторности с перечисленными партиями фотопленок в трех вариантах. В первом, обе партии фотопленки обрабатывались одиночным ИМП на описанной выше установке без использования источника света, и спустя 0.5 h после этого экспонировались барьерным газовым разрядом (БГР) лавинной формы, возбуждаемого в воздухе атмосферного давления одиночным колоколообразным видеоимпульсом напряжения ~ 6 кV положительной полярности (относительно электрода, на котором покоится фотоматериал) и длительностью $7 \cdot 10^{-6}$ s на установке, описанной нами в [6]. Во втором варианте такие же партии фотопленки обрабатывались 250 ИМП и затем также экспонировались БГР. В третьем варианте эксперимента партия фотопленок являлась контрольной и экспонировалась только разрядом, без обработки ИМП. Выбор БГР в качестве экспонирующего фактора и его возбуждение импульсами положительной полярности определялись на основе ранее выявленных закономерностей процессов формирования газоразрядных изображений (ГРИ) при разнополярных импульсах высоковольтного напряжения, заключающихся в том, что при импульсах положительной полярности создается „электронно-фотонное“ изображение, образованное как поверхностными, так и глубинными центрами СЧС в МК AgHal, а при отрицательной — только поверхностное „ионно-фотонное“ изображение [7]. Поэтому изменения системы дефектов в объеме МК под действием ИМП [8] должны существенно проявиться на характере формирования „положительного“ ГРИ.

Эффект влияния магнитополовой обработки на формирование ГРИ η_{GDI} оценивался по формуле, аналогичной приведенной выше:

$$\eta_{GDI} = \frac{D_3 - D_4}{D_4},$$

где D_3 — интегральная оптическая плотность ГРИ на фотопленке, предварительно обработанной в ИМП; D_4 — интегральная оптическая плотность ГРИ на фотопленке, экспонированной только разрядом. Результаты этих исследований представлены в табл. 2.

Из нее видна ранее установленная в [2] закономерность: предварительная обработка свежизготовленной фотопленки серией из 250 ИМП напряженностью 4.2 кОе и длительностью 0.12 с по сравнению с контрольным вариантом приводит к уменьшению интегральной оптической плотности ГРИ, т.е. к „отрицательному“ фотографическому эффекту его действия при формировании изображений, а для состарившихся — к небольшому „положительному“. Характерно, что интегральная оптическая плотность ГРИ D_3 на состарившейся фотопленке после ее обработки серией ИМП совпадает (в пределах погрешности измеренного значения D_3) со значением этого параметра для ГРИ на свежизготовленном фотоматериале. При этом обработка одиночным ИМП какого-либо действия на дальнейший фотографический процесс не оказала. Таким образом, явно выявились отличия в действии ИМП на фотоматериалы в момент их экспонирования и до этой процедуры [2].

Полученные результаты свидетельствуют, что те или иные режимы использования магнитных полей в галогенсеребряном фотографическом процессе запускают принципиально различные механизмы его протекания. Установление физической природы и сущности этих механизмов имеет большой практический интерес, открывающий перспективу управления СЧС фотоматериалов к магнитным полям по заданной программе.

Список литературы

- [1] Rothstein J. // Photographic. Sci. and Eng. 1959. Vol. 3. P. 225.
- [2] Волошина Т.В., Дронов М.А., Ефимова М.А. и др. // Химия высоких энергий. 2005. Т. 39. № 3. С. 213-217.
- [3] Певчев Ю.Ф., Калашикова В.И., Коновалова Л.П. // Журн. научной и прикладной фото- и кинематографии. 1970. Т. 15. С. 250-260.
- [4] Зеликман В.Л., Леви С.М. Основы синтеза и полива фотографических эмульсий. М.: Искусство, 1960. 356 с.
- [5] Мейкляр П.В. Физические процессы при образовании скрытого фотографического изображения. М.: Наука, 1972. 400с.
- [6] Бойченко А.П. // Журн. научной и прикладной фотографии. 2002. Т. 47. № 3. С. 50-52.
- [7] Бойченко А.П. // Журн. научной и прикладной фотографии. 2002. Т. 47. № 3. С. 53-56.
- [8] Волошина Т.В., Левин М.Н., Дронов М.А., Кавецкая Т.В. // Письма в ЖТФ. 2006. Т. 32. Вып. 2. С. 84-89.