

Краткие сообщения

07;12

Влияние парных световых импульсов на эффект Ротштейна

© А.П. Бойченко

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

(Поступило в Редакцию 28 марта 2012 г.)

На примере рентгеновской фотопленки „RETINA“ исследовано влияние на „эффект Ротштейна“ парных световых импульсов длительностью $1.5 \cdot 10^{-6}$ s и периодом их следования от $1.5 \cdot 10^{-6}$ s до $7.2 \cdot 10^{-6}$ s. Показано, что в зависимости от синхронизации второго светового импульса с одиночным импульсом электрического поля в фотослое напряженностями $6 \cdot 10^6$ и $1.5 \cdot 10^7$ V/m эффект изменения интегральной оптической плотности изображений меняется в большую сторону по сравнению с плотностью изображений, сформированных только парой световых импульсов. При этом отрицательного „эффекта поля“ на данной фотопленке не выявлено.

С тех пор как Ж. Ротштейном был впервые обнаружен эффект изменения светочувствительности (СЧС) галогенсеребряных (AgHal) фотоматериалов в импульсном электрическом поле прошло более полувека [1]. За это время многими исследованиями (преимущественно проведенными в Московском инженерно-физическом институте и Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе [2,3]) были установлены его основные закономерности, приводящие как к увеличению, так и уменьшению СЧС в зависимости от вида фотоматериала, температуры его экспонирования, степени синхронизации одиночного светового импульса по отношению к импульсу электрического поля и его направления.

Недавно при исследовании процессов взаимодействия барьерного газового разряда (БГР) с AgHal-фотоматериалами была обнаружена возможность реализации „эффекта Ротштейна“ в условиях, когда за время действия одиночного импульса электрического поля на фоточувствительный слой он подвергается многократной экспозиции световыми импульсами, излучаемыми разрядом [4]. При этом количество последних может быть от двух и более единиц (в зависимости от напряженности электрического поля в газоразрядном промежутке), а их длительность τ не превышает $2 \cdot 10^{-6}$ s. Кроме того, период следования вспышек T может стохастически изменяться от величины их длительности до 0.85 величины длительности импульса электрического поля T_E , возбуждающего разряд. Однако при описанных условиях „эффект Ротштейна“ до сих пор не исследовался. Настоящая работа посвящена первым результатам таких исследований.

Они проводились на рентгеновской фотопленке „RETINA“, проявившей наибольшую газоразрядную чувствительность [5]. При одиночном колоколообразном импульсе электрического поля с $T_E \sim 1.3 \cdot 10^{-5}$ s (на уровне 0.1) она экспонировалась парой световых

импульсов длительностью $1.5 \cdot 10^{-6}$ s. Эксперимент проводился при двух величинах напряженности поля в фотослое E : $\sim 6 \cdot 10^6$ V/m (при которой обычно зажигается БГР с данной фотопленкой) и $\sim 1.5 \cdot 10^7$ V/m, когда разряд стабильно горит в той же системе конденсатора. Для каждой напряженности поля период T экспонирующих импульсов света выбирался в трех вариантах его значений: $1.5 \cdot 10^{-6}$, $3.3 \cdot 10^{-6}$ и $7.2 \cdot 10^{-6}$ s. При этом передний фронт первого светового импульса фиксировался на уровне $0.4 E$ переднего фронта импульса электрического поля. Кроме того, каждый из перечисленных вариантов эксперимента осуществлялся при различных направлениях последнего (т.е. при разных полярностях прикладываемого напряжения к электроду, на котором находится фоточувствительный слой пленки). В указанном диапазоне значений T максимум излучения второго светового импульса оказывался на различных участках импульса поля E : для $T = 1.5 \cdot 10^{-6}$ s — на уровне $\sim 0.6 E$ его переднего фронта; для $T = 3.3 \cdot 10^{-6}$ s — на максимуме напряженности E и для $T = 7.2 \cdot 10^{-6}$ s — на уровне $\sim 0.5 E$ заднего фронта импульса электрического поля. Источником экспонирующего света, моделирующим излучение БГР, был выбран светодиод, имеющий в спектре максимум с длиной волны $\sim 4 \cdot 10^{-7}$ m. Излучение светодиода пропускать через светофильтр из стекла марки ФС-6. Светодиод питался от генератора импульсов Г5-63 (он позволяет получать на выходе как одиночные, так и парные импульсы напряжения от 0 до 100 V с регулируемой длительностью и временным сдвигом от 10^{-7} s), синхронизированного с двумя другими такими же генераторами, один из которых являлся запускающим высоковольтный импульсный генератор, а второй — служил линией задержки. Контрольным вариантом эксперимента являлись фотоматериалы, экспонированные только световыми импульсами с указанными значениями T . Все описанные варианты экспонирования

Эффект влияния парных световых импульсов на изменение интегральной оптической плотности изображений в импульсном электрическом поле на рентгеновской фотопленке „RETINA“

| Вариант | | | $T = 1.5 \cdot 10^{-6} \text{ s}$ | η | $T = 3.3 \cdot 10^{-6} \text{ s}$ | η | $T = 7.2 \cdot 10^{-6} \text{ s}$ | η |
|--------------------------------------|------------|---|-----------------------------------|--------|-----------------------------------|--------|-----------------------------------|--------|
| $E = 0, \text{ V/m}$ | | | 0.124 ± 0.006 | – | 0.123 ± 0.006 | – | 0.129 ± 0.005 | – |
| $E \sim 6 \cdot 10^6, \text{ V/m}$ | Полярность | + | 0.198 ± 0.009 | 0.6 | 0.254 ± 0.013 | 1.0 | 0.146 ± 0.006 | 0.1 |
| | | – | 0.240 ± 0.012 | 0.9 | 0.195 ± 0.010 | 0.6 | 0.133 ± 0.006 | 0 |
| $E \sim 1.5 \cdot 10^7, \text{ V/m}$ | | + | 0.127 ± 0.007 | 0 | 0.177 ± 0.008 | 0.4 | 0.144 ± 0.007 | 0.1 |
| | | – | 0.133 ± 0.007 | 0 | 0.215 ± 0.010 | 0.7 | 0.148 ± 0.007 | 0.1 |

фотопленки проводились в десятикратной повторности. Техническая организация эксперимента осуществлялась на установке, схема которой приведена на рисунке. Здесь 1 — латунный электрод Роговского, 2 — медная сеточка (с шагом 0.5 mm) для пропускания излучения от светодиода 3 через кварцевый оптоволоконный провод 4 и светофильтр 5, фотоэмульсионный слой пленки 6 и ее полимерная подложка 7, 8 — высоковольтный импульсный генератор с емкостным делителем напряжения 9 (состоит из высоковольтного вакуумного конденсатора C1 и низковольтного слюдяного C2 с коэффициентом деления 1 : 2200), подключенного к запоминающему двухканальному осциллографу 10 (PCS-500), с помощью которого определялись характеристики электрополевого и световых импульсов, а также их синхронизация, 11 — запускающий генератор импульсов с генератором 12, служащим линией задержки, 13 — генератор импульсов для питания светодиода 3.

После химико-фотографической обработки фотопленки (она обрабатывалась в проявителе СП-47 и нейтральном закрепителе [6] при температуре 23°C) полученные на ней изображения денситометрировались. Эффект изменения η их интегральной оптической плотности D (и соответственно СЧС) при экспонировании фотопленки парными световыми импульсами в электрическом поле осуществлялся по ранее приведенной формуле

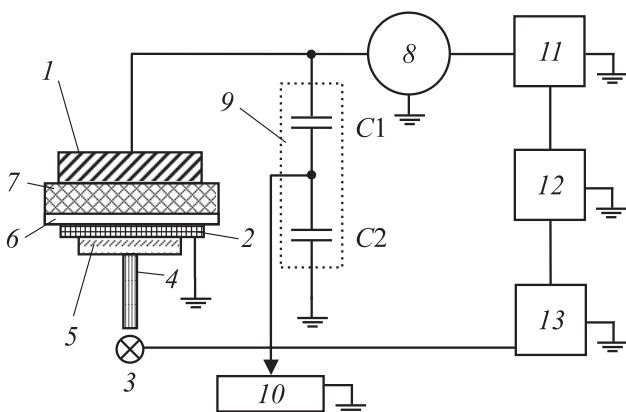


Схема экспериментальной установки для исследования фотографических процессов в импульсном электрическом поле (обозначения в тексте).

в [7]:

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

где D_1 — интегральная оптическая плотность изображения на фотопленке, экспонированной парой световых импульсов в электрическом поле, D_2 — интегральная оптическая плотность изображения на фотопленке, экспонированной только световыми импульсами (значения D_1 и D_2 получены при вычете оптической плотности вуали). Результаты эксперимента представлены в таблице.

Из нее видно, что в исследованном диапазоне значений T интегральная оптическая плотность изображений, сформированных только световыми импульсами, не меняется. Согласно [8,9], этот результат говорит о том, что в указанном диапазоне периода следования импульсов света его фотографическое действие находится за „критической частотой“, т.е. не зависит от T . При наложении электрического поля на AgHal-фоточувствительный слой наблюдается иная закономерность. Действие поля оказывается неравнозначным как при его различных напряженностях, так и направлениях, а также моментах синхронизации каждого светового импульса с ним. Однако в большинстве вариантов электрополевого воздействия приводит к достоверному увеличению интегральной оптической плотности изображений, т.е. к увеличению СЧС фотоматериала, что видно по значениям η . Как следует из данных таблицы, наибольший эффект изменения D наблюдается в поле напряженностью $6 \cdot 10^6 \text{ V/m}$. Причем максимальное значение η имеет место при импульсах положительной полярности, когда второй световой импульс совпадает с максимумом его напряженности ($T = 3.3 \cdot 10^{-6} \text{ s}$). Близкий по значению к вышеописанному эффект η наблюдается для импульса поля отрицательной полярности при синхронизации пары световых импульсов ($T = 1.5 \cdot 10^{-6} \text{ s}$) с его передним фронтом. Примечательно, что в поле с большей напряженностью $E \sim 1.5 \cdot 10^7 \text{ V/m}$ эффект влияния световых импульсов на „эффект Ротштейна“ оказывается ниже, чем для предыдущего варианта электрополевого воздействия. А в случае следующих друг за другом вспышек через $1.5 \cdot 10^{-6} \text{ s}$, синхронизированных с передним фронтом импульса поля, эффект η вовсе отсутствует

при двух его противоположных направлениях E . Минимальным эффект изменения D изображений оказывается при синхронизации второй световой вспышки только с задним фронтом импульса поля ($T = 7.2 \cdot 10^{-6}$ s). Причем при его отрицательной полярности и напряженности $E \sim 6 \cdot 10^6$ V/m изменений D не выявлено. Особо подчеркнем, что ни в одном из вариантов проведенного эксперимента с данной фотопленкой уменьшения „эффекта поля“ не наблюдалось.

Полученные результаты свидетельствуют, что действие парных световых импульсов (а возможно, и их большего количества) оказывает существенное влияние на „эффект Ротштейна“. В исследованном нами случае на примере AgHal-фотопленки „RETINA“ его наибольшее проявление оказывается при синхронизации максимума излучения второго светового импульса с максимумом напряженности импульса электрического поля. Этот результат является новым и снимает ограничение на возможность повышения СЧС фотоматериалов в полях менее 10^8 V/m, выходя за рамки ранее высказанных утверждений о том, что для крупнозернистых фотоматериалов (к которым относится фотопленка „RETINA“) в диапазоне E от 0 до 10^7 V/m СЧС понижается, а выше этого значения до $9 \cdot 10^7$ V/m — не меняется [10].

Список литературы

- [1] Rothstein J. // Photogr. Sci. Eng. 1959. Vol. 3. P. 225.
- [2] Певчев Ю.Ф., Калайникова В.И., Коновалова Л.П. // Журн. научной и прикладной фото- и кинематографии. 1970. Т. 15. № 4. С. 250–260.
- [3] Горлин Г.Б., Парицкий Л.Г., Рывкин С.М., Туланов В.Т. // Журн. научной и прикладной фото- и кинематографии. 1976. Т. 21. № 4. С. 59–61.
- [4] Бойченко А.П., Хонякин С.В. Научные итоги 2011 года: достижения, проекты, гипотезы. Сб. Матер. I Международной научно-практической конференции. Часть 2. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. С. 39–43.
- [5] Бойченко А.П. // Журн. научной и прикладной фото- и кинематографии. 2002. Т. 47. № 1. С. 71–75.
- [6] Микулин В.П. Фотографический рецептурный справочник. М.: Искусство, 1969. 319 с.
- [7] Фролов Д.Р., Бойченко А.П. // ЖТФ. 2012. Т. 24. Вып. 4. С. 150–152.
- [8] Картужанский А.Л. // Успехи научной фотографии. 1955. № 3. С. 76–85.
- [9] Картужанский А.Л. // Журн. научной и прикладной фото- и кинематографии. 1956. Т. 1. № 11. С. 10–18.
- [10] Диденко А.Я., Добродеев Н.А., Коноплич Р.Ф., Савкин В.И. // Журн. научной и прикладной фото- и кинематографии. 1991. Т. 36. № 4. С. 277–281.