

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

05;07;12

Журнал технической физики, т. 66, в. 7, 1996

ВЛИЯНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО  
ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ  
ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ИОДИДА СЕРЕБРА

© В.С.Гурин, Н.А.Поклонский, Н.И.Горбачук, И.И.Колковский

Белорусский государственный университет,  
200050 Минск, Белоруссия  
(Поступило в Редакцию 9 июня 1995 г.)

1. Низкая эффективность взаимодействия рентгеновских и  $\gamma$ -квантов с веществом требует использования высокочувствительных методов регистрации малых экспозиционных доз (единицы и десятки рентген) [1]. При фотографическом методе регистрации (за счет химического проявления центров скрытого изображения в галогениде серебра [2]) производится усиление первичного воздействия излучения. Это дает возможность измерения экспозиционных доз вплоть до  $X \approx 0.002 \text{ R}$  [1] (что соответствует поглощенным дозам  $\approx 10^{-5} \text{ Gy}$ ). Однако этим методом невозможно контролировать величину поглощенной дозы непосредственно в процессе облучения. Этому недостатка лишены методы, основанные на изменении электрических свойств материала под действием излучений.

В большинстве исследованных к настоящему времени полупроводников и диэлектриков заметное изменение электропроводности наблюдается при довольно больших поглощенных дозах: для монокристаллов GaS более  $10^5 \text{ рад}$  [3], для аморфного кремния  $\approx 10^4 \text{ рад}$  [4], для хелатных комплексов меди  $\approx 10^6 \text{ рад}$  [5]. В то же время в литературе отсутствуют систематические данные об изменении электропроводности свето- и радиационно-чувствительных галогенидов тяжелых металлов под действием рентгеновского излучения.

Цель работы — исследование влияния рентгеновского облучения на электросопротивление поликристаллических галогенидов серебра.

2. Эксперименты проводились на таблетках толщиной 0.1–2 мм, изготовленных прессованием (под давлением 2.5–3 МПа) поликристаллических порошков галогенидов серебра (AgCl, AgBr, AgI); размеры кристаллитов 0.1–10 мк. Сенсibilизация иодида серебра осуществлялась выдерживанием в атмосфере сероводорода (AgI:S) либо паров иода (AgI:I). Серебряные электроды толщиной 0.1–0.2 мк изготавливались методом вакуумного напыления.

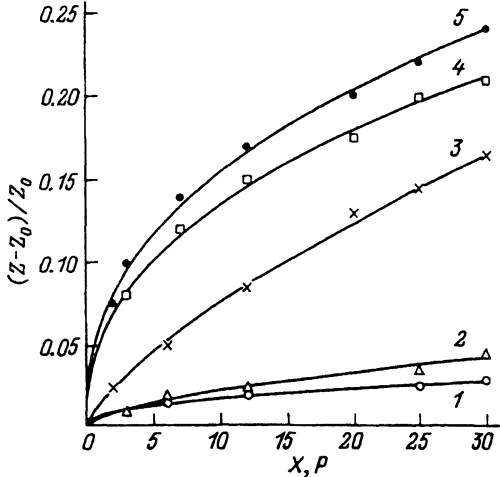


Рис. 1. Относительные изменения импеданса поликристаллических образцов на частоте 1 кГц после облучения различными экспозиционными дозами ( $X$ ) рентгеновского излучения.

1 — AgCl, 2 — AgBr, 3 — AgI, 4 — AgI:S, 5 — AgI:I.

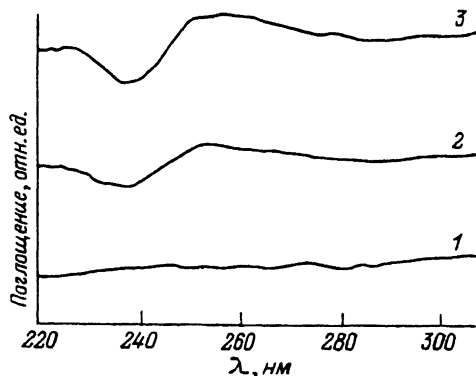


Рис. 2. Изменения спектров поглощения поликристаллических образцов AgI в результате рентгеновского и УФ облучения.

1 — до облучения, 2 — после рентгеновского облучения 30 Р, 3 — после УФ облучения с экспозицией 1 Дж/см<sup>2</sup>.

Рентгеновское облучение образцов производилось при напряжении на медном аноде 80 кВ и мощности экспозиционной дозы в плоскости образца 0.5 R/s. Облучение не вызывало видимых изменений поверхности.

Для предотвращения эффекта поляризации измерения импеданса  $Z$  образцов проводились на переменном токе частотой 1 кГц с амплитудой  $\approx 40$  мВ. Относительная погрешность измерения  $Z$  менее 2%. Спектры поглощения снимались в диапазоне длин волн 200–900 нм с разрешением не хуже 10 нм. Изготовление, облучение образцов и измерения производились при температуре  $T = 300$  К в отсутствие активного излучения.

3. На рис. 1 представлены зависимости относительного изменения импеданса  $(Z - Z_0)/Z_0$  от экспозиционной дозы  $X$  рентгеновского излучения для исследуемых материалов. Видно, что для несенсибилизированных поликристаллических галогенидов серебра наибольшее относительное изменение импеданса ( $Z_0 \approx 0.1$  МО) наблюдалось для AgI; сенсибилизация серой и иодом заметно увеличивала чувствительность к облучению. Относительное изменение импеданса  $(Z - Z_0)/Z_0$  слабо зависело от частоты тока в диапазоне 5 Гц–30 кГц; при дальнейшем увеличении частоты величина  $(Z - Z_0)/Z_0$  монотонно стремилась к нулю. Во всех случаях изменения  $Z$  были стабильны во времени. Качественно подобные зависимости  $Z$  от  $X$  имели место и при облучении  $\gamma$ -квантами  $Co^{60}$  дозами до 30 Р (активность точечного источника  $10^{10}$  Вк).

Рентгенографический анализ показал, что таблетки из AgI до и после облучения  $X = 30$  Р представляли собой смесь кубической и гексагональной модификаций. Влияние примесных атомов (I, S) на рентгенограммах не обнаруживалось.

Наиболее существенные изменения  $Z$  наблюдались у образцов из AgI, в котором проводимость осуществлялась ионами Ag и в отличие от AgCl и AgBr [6,7] преобладает над электронной (дырочной). Это указывает на то, что при облучении происходит радиационно-стимулированная агрегатизация [8] подвижных ионов серебра с образованием "уединенных" частиц металла. Подтверждением этому являются спектры поглощения исходных и облученных рентгеновским и ультрафиолетовым (УФ) излучением ртутной лампы образцов (рис. 2). После рентгеновского и УФ облучения в области длин волн  $\lambda \approx 230-280$  нм появляется "полоса", отсутствующая на необлученных образцах. Край фундаментального поглощения AgI находится в области 400-420 нм и не показан на спектрах. Поскольку при УФ облучении с экспозициями более 0.01 Дж/см<sup>2</sup> происходит фотолитическое разложение AgI с выделением фазы металлического серебра [9], подобным же образом проявляющейся на оптических спектрах [2], то можно заключить, что воздействие рентгеновского излучения также приводит к образованию частиц мелкодисперсного серебра.

Из анализа зависимости  $Z$  от температуры в интервале 300-400 К определены энергии активации электросопротивления (из линейной аппроксимации  $\lg Z - 1/T$  [6,10]) исходных (0.27 эВ) и облученных рентгеновским излучением ( $X = 30$  Р) образцов (0.18 эВ). Наблюдаемое снижение энергии активации ионной проводимости при облучении может быть вызвано тем, что делокализация подвижных ионов серебра происходит в облученных образцах с частиц радиолитического серебра, а в исходных — с дефектов Френкеля в объеме кристаллитов [11].

Увеличение относительного изменения импеданса  $(Z - Z_0)/Z_0$  в сенсублизованных S и I образцах AgI при воздействии ионизирующего излучения (рис. 1), возможно, обусловлено образованием ловушек для генерируемых излучением электронов [9].

Итак, поликристаллический AgI обнаруживает увеличение полного электрического сопротивления  $Z$  под действием рентгеновского излучения (при дозах до 30 Р); величина  $(Z - Z_0)/Z_0$  регулируется путем химической сенсублизации. Рост  $Z$  при облучении, вероятно, связан с образованием частиц радиолитического серебра, приводящим к уменьшению концентрации подвижных катионов.

#### Список литературы

- [1] Голубев В.П. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений. М.: Атомиздат, 1976. 504 с.
- [2] Мейклар П.В. Физические процессы при образовании скрытого фотографического изображения. М.: Наука, 1972. 399 с.
- [3] Наджафов А.И., Алекперов О.Э., Мамедов Л.В. // Изв. АН СССР. Сер. неорганич. материалы. 1991. Т. 27. № 11. С. 2432-2439.
- [4] Шлопак Н.В., Бумай Ю.А., Уляшин А.Г. // Письма в ЖТФ. 1991. Т. 17. Вып. 2. С. 25-29.
- [5] Наззан Н.К., Diefallah E., El-Gahnu M.A. // Radiat. Phys. Chem. 1991. Vol. 38. N 2. P. 169-173.
- [6] Hoshino H., Shimoji M. // J. Phys. Chem. Solids. 1974. Vol. 35. P. 321-326.
- [7] Lingras A.P., Simkovich G. // J. Phys. Chem. Solids. 1978. Vol. 39. P. 1225-1229.
- [8] Винецкий В.Л., Калнинь Ю.Х., Котомин Е.А., Овчинников А.А. // УФН. 1990. Т. 160. № 10. С. 1-33.
- [9] Джеймс Т.Х. Теория фотографического процесса. Л.: Химия, 1980. 672 с.
- [10] Govindacharyulu P.A., Bose D.N., Suri S.K. // J. Phys. Chem. Solids. 1978. Vol. 39. P. 961-966.
- [11] Резников В.А., Кетва Т.Э., Картужанский А.Л. // Журн. физ. химии. 1991. Т. 65. № 6. С. 1485-1491.