

- [7] Matthews D., Rosen M., Brown S. et al. // J. Opt. Soc. Am. B. 1987. V. 4. N 4. P. 575-587.
- [8] Ceglieo N.M. // Laser Interaction and Related Plasma Phenomena. 1986. V. 7 P. 39-51.
- [9] Nakano N., Kuroda H. // Phys. Rev. A. 1987. V. 35. N 11. P. 4712-4718; 4719-4728.
- [10] Maxon S., Dalhed S., Hagelstein P.L. et al. // Phys. Rev. Lett. 1989. V. 63. N 3. P. 236-239; N 17. P. 1896.
- [11] Duguaу M. // Phys. og Quantum Electronics. 1976. V. 3. P. 557-579.

Поступило в Редакцию
20 марта 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 12

26 июня 1990 г.

06.1; 06.2

© 1990

БИПОЛЯРНЫЙ ПЕРЕНОС НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА
В АМОΡФНЫХ ПЛЕНКАХ As_2Se_3 ,
ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ВЧ-РАСПЫЛЕНИЯ

Ш.Ш. Сарсембинов, О.Ю. Приходько,
М.Ж. Мальтекбасов, С.А. Жакепов,
С.Я. Максимова, В.Л. Аверьянов

В работах [1-3] показано, что условия и способ приготовления халькогенидных стеклообразных полупроводников (ХСП) в значительной степени влияют на их физико-химические свойства и особенности фотоструктурных превращений. Процессы переноса носителей заряда при этом практически не исследовались.

Известно [4, 5], что в массивных образцах ХСП составов $As-Se$ и $As-S$ и тонких пленках этих ХСП, полученных термическим испарением в вакууме, перенос заряда осуществляется носителями одного знака - дырками из-за значительного (\sim на три порядка величины) превышения подвижности дырок над подвижностью электронов. Величина дрейфовой подвижности дырок для состава As_2Se_3 составляет $\sim 10^{-5}$ см²/В·с при $T = 300$ К и напряженности электрического поля $E = 10^5$ В/см.

В данной работе приводятся результаты исследования переноса носителей заряда в пленках модельного ХСП - селенида мышьяка

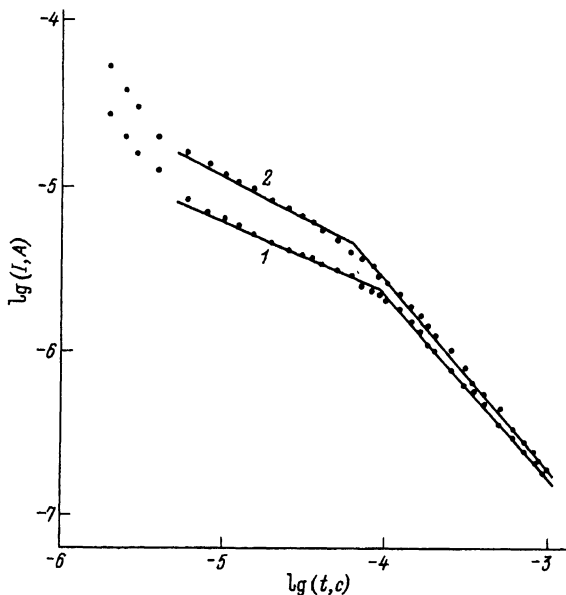


Рис. 1. Зависимость дырочного (1) и электронного (2) переходных фототоков от времени в пленках As_2Se_3 , полученных ВЧ-распылением ($E = 10^5$ В/см, $T = 300$ К).

(As_2Se_3), полученных методом ионно-плазменного высокочастотного (ВЧ) распыления.

Пленки As_2Se_3 толщиной 1–10 мкм получались распылением исходного материала в атмосфере аргона. Исследуемые образцы имели структуру типа „сэндвич“ с электродами из алюминия или золота. По результатам рентгенофлуоресцентного анализа состав полученных пленок не более чем на 5% отличается от состава исходного распыляемого материала. Как свежеприготовленные, так и отожженные (при $T = 460$ К в течение 30 минут) пленки имели аморфную структуру, что установлено электронографическим анализом на электронном микроскопе *JEM - 100 CX*.

Перенос носителей заряда в образцах исследовался по времяпролетной методике, позволяющей разделять дрейфовую подвижность электронов μ_n и дырок μ_p в материалах, у которых время пролета носителей заряда меньше времени диэлектрической релаксации [6]. Время пролета носителей заряда, по которому рассчитывалась их дрейфовая подвижность, определялось по кривым спада переходного фототока по методике, описанной в [4]. Измерения проводились в режиме одиночных импульсов с временем задержки между моментом подачи импульса напряжения на образец

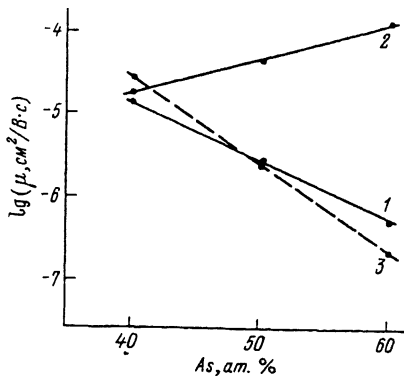


Рис. 2. Зависимость дрейфовой подвижности дырок (1, 3) и электронов (2) от концентрации мышьяка в пленках системы $As - Se$, полученных ВЧ-распылением (1,2) и термическим испарением в вакууме (3) ($E = 10^5$ В/см, $T = 300$ К).

и моментом фотоинжекции неравновесных носителей, равным 100 мкс. Фотоинжекция носителей заряда осуществлялась импульсом сильно поглощаемого лазерного излучения с длиной волны $\lambda = 0,337$ мкм и длительностью импульса $t_{имп} \sim 10$ нс. Измеренная по данной методике величина дрейфовой подвижности носителей заряда (дырок) и параметры дисперсионного переноса в пленках $As_2 Se_3$, полученных термическим испарением в вакууме, совпадают с литературными данными [4, 7, 8].

При изучении переноса носителей заряда в пленках, полученных ВЧ-распылением, установлено наличие сравнимых по величине дырочного и электронного переходных фототоков (рис. 1). Это свидетельствует о том, что в переносе заряда в исследуемых пленках участвуют и электроны, и дырки. Характер зависимостей наблюдаемых переходных фототоков соответствует дисперсионному переносу. Расчет показывает, что дрейфовые подвижности электронов и дырок практически одинаковы и составляют $\sim 10^{-5}$ см²/В·с при $E = 10^5$ В/см и $T = 300$ К. Можно видеть, что они сравнимы с величиной μ_p в пленках селенида мышьяка, полученных методом термического испарения в вакууме. Биполярный механизм переноса носителей заряда в исследуемых образцах подтверждается также симметрией спектральной зависимости фототока при разных полярностях приложенного напряжения, как это имеет место в ХСП системы $Ge - Pb - S$ с биполярной фотопроводимостью [9].

Установлено, что в интервале температур от 300 до 360 К дрейфовые подвижности электронов и дырок с увеличением температуры возрастают по экспоненциальному закону с равными значениями энергии активации ~ 0.6 эВ. С ростом напряженности электрического поля от $5 \cdot 10^4$ до $5 \cdot 10^5$ В/см μ_n и μ_p увеличиваются. Характер этой зависимости близок к линейному.

Следует отметить, что у пленок, полученных ВЧ-распылением, величина проводимости при комнатной температуре, энергия активации проводимости и оптическая ширина запрещенной зоны существенно не отличаются от величины этих параметров у пленок, полученных термическим испарением в вакууме.

Были также измерены дрейфовые подвижности носителей заряда в полученных ВЧ-распылением пленках системы $As-Se$ с избытком мышьяка ($AsSe$ и As_3Se_2). Установлено, что дрейфовая подвижность электронов в исследуемых пленках растет с увеличением в них содержания мышьяка, а дрейфовая подвижность дырок уменьшается (рис. 2). Так, например, в пленках состава As_3Se_2 при $E = 10^5$ В/см и $T = 300$ К величина $\mu_n \sim 10^{-4}$ см²/В·с, а $\mu_p \sim 5 \cdot 10^{-7}$ см²/В·с. Отметим, что в пленках аналогичных составов, полученных термическим испарением в вакууме, с ростом содержания мышьяка μ_p также уменьшается (рис. 2, кривая 3).

Полученные результаты интерпретируются на основе модели собственных заряженных дефектов в ХСП, в которой определяющая роль отводится дефектам мышьяка. Последнее, на наш взгляд, обусловлено новым метастабильным состоянием ХСП.

Таким образом, из приведенных данных следует, что перенос носителей заряда в пленках ХСП системы $As-Se$ существенно зависит от способа их приготовления. Используя метод ВЧ-распыления, можно получать пленки As_2Se_3 с биполярным механизмом переноса, а в пленках с избытком мышьяка реализовать доминирование электронного переноса, т.е. получать пленки с заданными свойствами. Полученные результаты являются важными для расширения возможностей практического использования халькогенидных стеклообразных полупроводников.

Авторы выражают благодарность В.М. Любину и Г. Юшке за консультации при выполнении работы.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Любин В.М., Лантратова С.С. Тез. докл. У Всесоюзн. конф. „Бессеребряные и необычные фотографические процессы“. Суздаль. 1985. Т. 3. С. 43-45.
- [2] Ганак К., Кикучи М. // Sol. State Comm. 1973. V. 13. N 6. P. 669-671.
- [3] Любин В.М., Федоров В.А. // ФТТ. 1981. Т. 23. № 8. С. 2315-2320.
- [4] Fisher F.D., Marshall J.M., Owen A.E. // Phil. Mag. 1976. V. 33. N 2. P. 261-275.

- [5] Архипов В.И., Казакова Л.П., Лебедев Э.А., Руденко А.И. // ФТП. 1987. Т. 21. В. 4. С. 724-727.
- [6] Spear W.E. // Phys. Soc. 1957. V. 70. N 45. P. 669-675.
- [7] Pfister G., Scher H. // Phys. Rev. 1977. V. 15. N 4. P. 2062-2083.
- [8] Коломиец Б.Т., Лебедев Э.А., Казакова Л.П. // ФТП. 1978. Т. 12. В. 9. С. 1771-1773.
- [9] Барановский С.Д., Бордовский Г.А., Казакова Л.П., Лебедев Э.А., Любин В.М., Савинова Н.А. // ФТП. 1984. Т. 18. В.6. С. 1016-1020.

Поступило в Редакцию
18 февраля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 12

26 июня 1990 г.

04; 05

© 1990

ЯДЕРНАЯ РЕАКЦИЯ НА КАТОДЕ В ГАЗОВОМ РАЗРЯДЕ

А.Б. Карабут, Я.Р. Кучеров,
И.Б. Савватимова

В настоящей работе приводятся данные по осуществлению ядерной реакции на катоде в газовом разряде в среде дейтерия.

Разряд зажигался (рис. 1) в водоохлаждаемой камере 1 между анодом 5 и сменным катодом 4, закрепленным на катододержателе 2. Катод был выполнен из Pb фольги толщиной 0.1 мм. Температура катода измерялась $W-Re$ и $X-K$ термopарами 3, градуировка обеспечивала абсолютную погрешность порядка одного градуса. Камера предварительно вакуумировалась и заполнялась дейтерием при давлении 2-10 мм рт.ст. В качестве источника электропитания использовался стабилизированный трансформаторный источник напряжения с величиной пульсации напряжения не более 5%. Ток разряда изменялся в пределах (10-500) мА, напряжение горения разряда составляло (50-500) В. В основной серии экспериментов использовались катоды из палладия.

В эксперименте быстрые нейтроны регистрировались с помощью сцинтилляционных детекторов (датчики радиометров РУП-1) и газоразрядных (He^3) нейтронных датчиков типа СНМ-18. В датчике радиометра используется сцинтиллятор из ZnS , активированного серебром. Сигналы с обоих типов датчиков через предусилители,