

ФТП, том 25, вып. 3, 1991

БИПОЛЯРНАЯ ФОТОПРОВОДИМОСТЬ В АМОРФНЫХ ПЛЕНКАХ As_2Se_3

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

Известно, что в массивных образцах мышьяксодержащих халькогенидных стеклообразных полупроводников (ХСП) и аморфных пленках этих материалов, полученных методом термического испарения в вакууме (ТИ пленках), имеют место монополярный дырочный перенос носителей заряда [1] и монополярная дырочная фотопроводимость [2]. В противоположность ТИ пленкам в пленках As_2Se_3 , полученных методом высокочастотного распыления (ВЧ пленках), нами установлен биполярный перенос носителей заряда, т. е. перенос, осуществляемый как дырками, так и электронами с одинаковой величиной подвижности $\sim 10^{-5}$ см²/В·с и энергией активации подвижности ~ 0.6 эВ [3]. В связи с этим представляется важным выяснение вопроса о влиянии способа получения пленок ХСП на другие неравновесные процессы.

Цель данной работы — изучение фотоэлектрических свойств аморфных пленок As_2Se_3 , полученных методом ВЧ распыления.

Исследовались образцы планарной и сэндвич-структуры с электродами из алюминия. Толщина слоя As_2Se_3 составляла 1—4 мкм. Распыление селенида мышьяка осуществлялось в атмосфере инертного газа со скоростью осаждения ~ 1 мкм/ч. Состав пленок по данным рентгенофлуоресцентного анализа, не более чем на 5 % отличался от состава исходного материала. Перед измерениями образцы подвергались отжигу при $T=440$ К в течение 30 мин. Методом дифракции электронов установлено, что до и после отжига пленки As_2Se_3 аморфны. Образцы имели темновую проводимость при комнатной температуре $\sim 10^{-14}$ — 10^{-13} Ом⁻¹·см⁻¹ и кратность изменения сопротивления $\sim 10^2$ — 10^3 при освещении гелий-неоновым лазером с длиной волны 0.63 мкм и интенсивностью излучения ~ 1.5 кв/см²·с. Стационная фотопроводимость измерялась при напряженности электрического поля 10^2 — 10^4 В/см.

Из рис. 1 видно, что кривые спектральной зависимости фотопроводимости исследуемых образцов, измеренные в режиме продольной фотопроводимости при разных полярностях освещаемого электрода, практически совпадают, тогда как для ТИ пленок As_2Se_3 наблюдается эффект фотовыпрямления, т. е. величина фототока в коротковолновой области спектра (0.4—0.6 мкм) существенно зависит от полярности приложенного напряжения [2]. Кроме того, у ТИ пленок форма и положение максимума спектральной зависимости фототока при разных полярностях освещаемого электрода различны.

Измерены люкс-амперные характеристики (ЛАХ) образцов при освещении гелий-неоновым лазером в интервалах температур и освещенностей, при которых величина фототока превышает темновой ток образцов. Эти измерения, как и измерения спектральной зависимости фототока при комнатной температуре, проводились в режиме продольной фотопроводимости. Установлено, что ЛАХ пленок в исследуемом интервале освещенностей являются сублинейными с показателем $n=0.6$ —0.8, причем форма ЛАХ не зависит от полярности приложенного напряжения. Измерения температурной зависимости ЛАХ, проведенные

в режиме поперечной фотопроводимости, показывают (рис. 2), что при температурах, превышающих комнатную, наклон ЛАХ не меняется. В отличие от этого в ТИ пленках в области температур, превышающих комнатную, на ЛАХ (в области малых освещенностей) появляется линейный участок ($n=1$), доминирующий при увеличении температуры [4].

Из анализа полученных результатов следует, что фотоэлектрические свойства аморфных ВЧ пленок As_2Se_3 существенно отличаются от свойств ТИ пленок этого состава. Нужно отметить, что установленная для ВЧ пленок симметрия спектральной зависимости фотопроводимости и люкс-амперной характеристики относительно полярности приложенного напряжения аналогичны наблюдаемым в [5] для пленок ХСП системы $Ge-Pb-S$, обладающих биполярной фото-

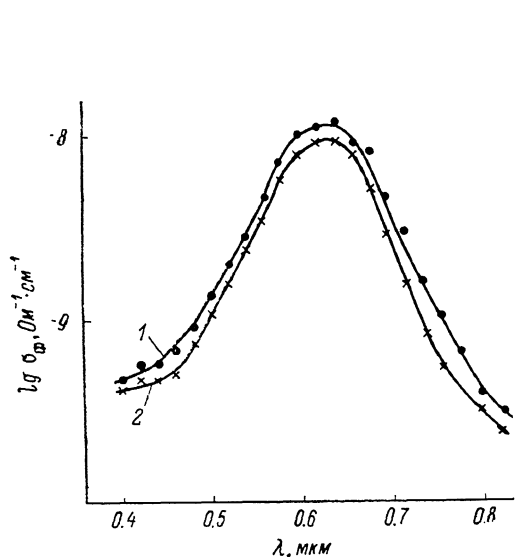


Рис. 1. Спектральная зависимость фотопроводимости аморфных ВЧ пленок As_2Se_3 при положительном (1) и отрицательном (2) потенциалах освещаемого электрода.

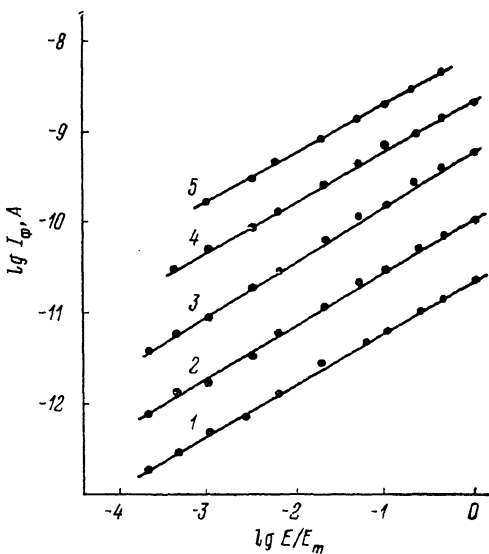


Рис. 2. Люкс-амперные характеристики аморфных ВЧ пленок As_2Se_3 .

$T, ^\circ C$: 1 — 20, 2 — 32, 3 — 62, 4 — 100, 5 — 140.

проводимостью. Исходя из этого и из биполярного переноса неравновесных носителей заряда в ВЧ пленках As_2Se_3 , можно заключить, что в этих пленках также имеет место биполярная фотопроводимость.

Электронные свойства ХСП определяются локализованными состояниями в их запрещенной зоне [6], и различие в характере переноса носителей заряда и фотоэлектрических свойств пленок As_2Se_3 , полученных разными методами, показывает, что спектр локализованных состояний у этих пленок существенно различается. Согласно существующим представлениям [7], спектр локализованных состояний в ТИ пленках содержит глубокие ловушки для электронов, что и обуславливает монополярность неравновесных процессов в этих пленках. Биполярный характер указанных процессов в ВЧ пленках свидетельствует о том, что в этом случае захват электронов на глубокие ловушки не имеет места, и ловушки для электронов и дырок одинаково распределены по энергиям.

Согласно моделям [8, 9], в As_2Se_3 , полученном традиционными методами, локализованные состояния в запрещенной зоне, контролирующие неравновесные процессы, связаны с собственными заряженными дефектами структуры материала, представляющими собой пары атомов мышьяка (P_4^+ и P_2^-) и селена (Se_3^+ и Se_1^-) с переменной валентностью, в случае преобладающей роли дефектов селена, которая, очевидно, сохраняется при избытке содержания мышьяка над стехиометрией.

Как нами было показано [10], увеличение содержания мышьяка в ВЧ пленках ХСП системы $As-Se$ приводит к переходу от биполярного переноса нерав-

повесных носителей заряда в пленках As_2Se_3 к монополярному — в пленках $AsSe$ и As_3Se_2 с преобладанием электронного переноса, что можно объяснить доминирующей ролью дефектов мышьяка. Исходя из этого, можно предположить, что неравновесные процессы в ВЧ пленках As_2Se_3 контролируются дефектами как селена, так и мышьяка.

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

Список литературы

- [1] Fischer F. D., Marschall J. M., Owen A. E. // *Phil. Mag.* 1976. V. 33. N 2. P. 268—275.
- [2] Аверьянов В. Л., Карпова Л. Н., Коломиец Б. Т., Любин В. М., Федорова Е. И. // *ФТП.* 1972. Т. 6. В. 9. С. 1709—1715.
- [3] Сарсембинов Ш. Ш., Приходько О. Ю., Мальтекбасов М. Ж., Джакелов С. А., Максимов В. К., Ждан Г. Т. // *Тез. докл. II Республ. конф. «Физика твердого тела и новые области ее применения».* Караганда, 1990. С. 118.
- [4] Kolomiets V. T., Lyubin V. M. // *Phys. St. Sol. (a).* 1973. V. 17. N 1. P. 11—46.
- [5] 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.
- [6] Мотт Н., Дэвис Э. *Электронные процессы в некристаллических веществах.* М., 1982. 662 с.
- [7] Street R. A. // *Phil. Mag.* 1978. V. 38. N 2. Part 2. P. 191—195.
- [8] Kastner M., Adler D., Fritzsche H. // *Phys. Rev. Lett.* 1976. V. 37. N 21. P. 1504—1510.
- [9] Стыс Л. Е., Фойгель М. Г. // *ФТП.* 1979. Т. 13. В. 11. С. 2987—2990.
- [10] Сарсембинов Ш. Ш., Приходько О. Ю., Мальтекбасов М. Ж., Джакелов С. А., Максимова С. Я., Калачев Л. П. // *Тез. докл. VII Всес. конф. по радиационной физике и химии неорганических материалов.* Рига, 1989. Ч. II. С. 466.

Казахский государственный университет
им. С. М. Кирова
Алма-Ата

Получено 10.08.1990
Принято к печати 9.11.1990

ФТП, том 25, вып. 3, 1991

ГЕТЕРОСТРУКТУРА С 2D-ЭЛЕКТРОНАМИ КАК ДАТЧИК ХОЛЛА

Кадушкин В. И., Ивашова Т. А.

Магниточувствительные элементы на основе эффекта Холла (датчик Холла ДХ) находят широкое практическое применение [1, 2]. Лучшими эксплуатационными характеристиками обладают эпитаксиальные пленочные ДХ на основе соединений $Al^{III}B^V$ (InSb, InAs и GaAs). Поскольку эффективность ДХ определяется подвижностью электронов μ , естественно ожидать выигрыша при использовании в качестве ДХ селективно легированных гетеросистем ГСЛ с двумерными электронами.

Нами исследованы некоторые характеристики ДХ из гетероструктур $n-Al_xGa_{1-x}As/GaAs$, выращенных методом молекулярно-лучевой эпитаксии.

Для оценки холловской эффективности нами выполнены комплексные измерения на гетероструктурах $n-Al_xGa_{1-x}As/GaAs$ с 2D-электронами, исследованных ранее с другими целями [3, 4]. Результаты измерений, представленные на рис. 1 и 2, относятся к ГСЛ с концентрацией n_s от $3 \cdot 10^{11}$ до $2 \cdot 10^{13}$ $см^{-2}$ и подвижностью μ в пределах $2.80 \div 0.87$ $м^2/V \cdot с$ (при $T=77$ К).

Магнитополевая зависимость чувствительности ДХ $\gamma-V/IB$ (V — холловское напряжение, I — управляющий ток, B — индукция магнитного поля) обнаруживает монотонное возрастание (до $B \approx 0.18$ Т) с выходом на плато: $\gamma \sim B^0$. С увеличением управляющего тока γ уменьшается пропорционально I^{-1} . Характер зависимости $\gamma(B)$ при этом не изменяется. Максимальная чувствительность достигнута в структуре с $n_s = 3.3 \cdot 10^{11}$ $см^{-2}$ для $T=77$ К при $I =$