

- [1] П и к о в с к и й А.С. // Изв. вузов. Радиофизика. 1986. Т. 29. № 12. С. 1438.
- [2] А ф р а й м о в и ч В.С., В е р и ч е в И.Н., Р а б и н о в и ч М.И. // Изв. вузов. Радиофизика. 1986. Т. 9. С. 1050.

Поступило в Редакцию
27 апреля 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 13

12 июля 1989 г.

Об.2; 11

ЭФФЕКТ СКАЧКООБРАЗНОГО УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОВОДИМОСТИ
СТИМУЛИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ
В ЛЕГИРОВАННЫХ СТЕКЛООБРАЗНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ

С.Г. К о н н и к о в, С.К. П а в л о в,
К.Д. Ц е н д и н, Е.И. Ш и ф р и н,
В.Х. Ш п у н т

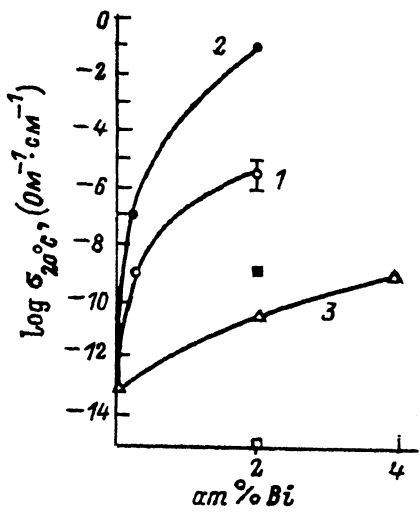
В последнее время наблюдается повышенный интерес к эффектам, которые могли бы быть перспективными с точки зрения создания запоминающих устройств. При этом особое внимание уделяется явлениям, позволяющим записывать и стирать информацию бесконтактным способом [1].

В настоящей работе приведены результаты исследования тонких пленок халькогенидных стеклообразных полупроводников (ХСП), легированных Bi . Оказалось, что при воздействии электронным пучком на легированные пленки, полученные методом термического испарения, наблюдается скачкообразное увеличение проводимости на несколько порядков величины. В случае нелегированных пленок эффект отсутствует.

Обнаруженное явление может явиться основой практического использования легированных ХСП для создания бесконтактных запоминающих устройств. Кроме этого, оно существенно дополняет представления о физике легирования ХСП, которые разрабатываются в настоящее время [2].

Исходные составы ХСП с металлами были получены традиционным методом синтеза при высоких температурах. Из синтезированного таким образом материала напылялись пленки, которые представляли собой слои толщиной 0,5–1,0 мкм, нанесенные методом термического испарения в вакууме на подложку с предварительно изготовленными планарными электродами. Межеlectродный зазор равнялся 10 мкм. Исследовались пленки составов $As_2Se(S)_3 \langle Bi \rangle$. Контроль состава пленок проводился на микроанализаторе САМЕВАХ. При

Зависимость проводимости при комнатной температуре от концентрации Bi в $As_2Se_3(Bi)$: Δ - для модифицированных пленок [6]; \circ - для свежеприготовленных пленок; \bullet - для пленок, подвергнутых обработке электронным пучком и в $As_2S_3(Bi)$; \square , \blacksquare - до и после обработки электронным пучком соответственно.



этом было показано, что химический состав пленок не изменялся при облучении электронным пучком и сохранялся постоянным по всей пленке.

На рисунке приведены значения проводимости пленок при комнатной температуре как до (кривая 1), так и после (кривая 2) обработки электронным пучком с энергией электронов ~ 20 кэВ. Основным полученным в настоящей работе результатом является обнаружение гигантского увеличения проводимости стимулированного электронным пучком и достигающего 4–5 порядков для $As_2Se_3 + 2\% Bi$ и 6 порядков для $As_2S_3 + 2\% Bi$. Из приведенных результатов видно, что величина эффекта зависит от концентрации примеси. Так, изменение проводимости составляет всего ~ 2 порядка при уменьшении примеси Bi до 0,2% в As_2Se_3 .

Обсудим качественно полученные результаты. Известно, что ХСП долгое время не поддавались легированию [3]. Это обстоятельство было объяснено правилом "8-N", согласно которому атомы примеси (из группы N) в неупорядоченной сетке стекла имеют возможность удовлетворить все свои валентные 8-N связи и таким образом, становясь электрически неактивными, не сдвигают уровень Ферми (E_F) из положения в середине запрещенной зоны, характерного для нелегированных ХСП [4]. Однако в последующем выяснилось, что описанное справедливо, когда примесь вводят в ХСП в процессе синтеза при высокой температуре, т.е. относительно равновесным способом. В случае же радиочастотного сораспыления ХСП с примесью на холодную подложку (т.н. метод модифицирования) удалось получить примесную проводимость в ХСП [5]. В работе [6] было показано, что при модифицировании As_2Se_3 элементами Ni и Fe происходит огромное увеличение проводимости (σ), связанное со сдвигом E_F из середины запрещенной зоны, т.е. была продемонстрирована электрическая активность $3d$ элементов. В этой же работе было показано, что не $3d$ -элементы, в частности Bi , введенный в As_2Se_3 методом модифицирования, не проявляют электрической активности, поскольку увеличение проводимости в этом случае целиком обус-

ловлено уменьшением ширины запрещенной зоны. Из данных, приведенных на рисунке, видно, что проводимость термически напыленных пленок $As_2Se_3 + Bi$ значительно превосходит проводимость пленок тех же составов, полученных методом модифицирования. Считая, что ширина запрещенной зоны и подвижность слабо зависят от способа приготовления пленок, все увеличение проводимости термически напыленных пленок по сравнению с модифицированными пленками можно отнести за счет проявления примесной проводимости в первых. Это может быть, например, связано с образованием кластеров твердых растворов $As - Se - Bi$ в матрице As_2Se_3 и появлением примесных состояний на их интерфейсах [7].

Отметим, что отжиг термически напыленных пленок в течение ~ 2 часов при температуре $150-185^\circ C$ приводил к почти такому же по величине скачку проводимости, как и при обработке их электронным пучком. Это обстоятельство позволяет предположить, что главное действие электронного пучка, увеличивающего проводимость, состоит в нагреве пленки. Оценка возможного нагрева пленки электронным пучком, проведенная в адиабатическом приближении, дала величину нагрева, равную $\Delta T \approx 100^\circ C$. Совпадение по порядку величин полученного значения температуры со значениями, использованными в эксперименте, подтверждает предположение о важности нагрева. Кроме того, само облучение высокоэнергетическими электронами может, по-видимому, приводить к переключению связей и появлению электрически активных состояний.

Подводя итог, можно предположить, что наблюдаемое гигантское увеличение проводимости в термически напыленных пленках $As_2Se_3(Bi)$ связано с тем, что часть атомов Bi проявляет электрическую активность. Обработка пленок электронным пучком или с помощью термического отжига увеличивает долю активных примесных атомов и тем самым увеличивает проводимость пленок.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Шварц К.К. Физика оптической записи в диэлектриках и полупроводниках. Рига: Знатье, 1986.
- [2] G e l m o n t B.L., K o l o m i e t s B.T., T s e n d i n K.D. // Phys. Stat. Sol. (a). 1985. V. 91. N 2. P. 319-337.
- [3] K o l o m i e t s B.T. // Phys. Stat. Sol. 1964. V. 7. N 3. P. 359-371, 713-731.
- [4] M o t t N.F. // Adv. Phys. 1967. V. 16. N 3. P. 49-81.
- [5] F l a s c k R., I z u M., S a p r u K., A n d e r s o n T., O v s h i n s k y S.R., F r i t z s c h e H. Proc. 7th Internat. Conf. Amorphous and Liquid Semicond., Edinburgh (England) 1977, p. 524-528.

- [6] K o l o m i e t s B.T., A v e r y a n o v V.L.,
L y u b i n V.M., P r i k h o d k o O.Yu.//
Solar Energy Mater. 1982. V. 8. N 1. P. 1-8.
- [7] К а л м ы к о в а Н.П., М а з е ц Т.Ф., С м о р г о н -
с к а я Э.А., Ц е н д и н К.Д. // ФТП, 1988. Т. 23. № 2.
С. 141-146.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе АН СССР,
Ленинград

Поступило в Редакцию
18 мая 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 13

12 июля 1989 г.

05.4; 09

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ОТКЛИК ШИРОКИХ
СВЕРХПРОВОДЯЩИХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ
МОСТИКОВ $YBa_2Cu_3O_{7-x}$

С.Н. Е р м о л о в, Н.А. К и с л о в,
В.А. К у л и к о в, В.А. М а р ч е н к о,
Л.В. М а т в е е ц, А.В. Н и к у л о в,
В.Ж. Р о з е н ф л а н ц, А.Ю. С е р е б р я к о в,
А.В. Ч е р н ы х

Поликристаллические образцы $YBa_2Cu_3O_{7-x}$, представляющие собой систему слабосвязанных сверхпроводниковых гранул, могут быть использованы в качестве чувствительных элементов приемников СВЧ-излучения. В [1] исследовались характеристики таких детекторов на основе точечных контактов из $YBa_2Cu_3O_{7-x}$. Однако более перспективным является использование пленочных структур, обладающих стабильностью характеристик [2].

В настоящей работе приведены результаты исследования отклика широких пленочных мостиков из высокотемпературной керамики $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ на СВЧ-излучение с частотой $f = 39$ ГГц при различных температурах $4.2 < T < T_c$.

ВАХ таких образцов имеют вид, характерный для высокотемпературной керамики, т.е. $d^2V/dI^2 > 0$ при $V > 0$. ВАХ измерялись при различных уровнях СВЧ-мощности, при этом, как и в [2], ступеньки тока не наблюдались. Для больших уровней мощности критический ток подавлялся и ВАХ приближалась к прямой линии (рис. 1). Вид ВАХ позволяет сделать вывод, что межгранулярная связь с исследуемых мостиках осуществлялась на основе эффекта близости [3].

Измерение отклика производилось в макете 8 мм приемника [4]. Подложка с напыленной структурой вставлялась в прорезь шириной 0.5 мм в середине широкой стенки волновода основного сечения с