

## РЕГИСТРАЦИЯ РАСПАДА АКУСТИЧЕСКОГО СОЛИТОНА, ВОЗНИКШЕГО ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ПРОБОЕ ПЛЕНКИ СТЕКЛООБРАЗНОГО ПОЛУПРОВОДНИКА

Э.Н.Воронков<sup>1)</sup>

Московский энергетический институт  
111250 Москва, Россия

Поступила в редакцию 21 июня 1999 г.

Приводятся результаты эксперимента, демонстрирующего возникновение солитона при некоторых режимах импульсного пробоя стеклообразной полупроводниковой пленки в магнитном поле. Возбуждение волны осуществлялось токовым шнуром, перемещавшимся во внешнем магнитном поле между двумя параллельными электродами со скоростью, близкой к скорости звука. Для того чтобы разделить направление движения акустической волны и направление движения токового шнура вдоль подложки, были нанесены электроды, имевшие изгиб, изменявший направление движения шнура. В месте изгиба электродов были обнаружены два расходящихся под углом друг к другу "замороженных" фронта структурного возбуждения, свидетельствовавшие о распаде солитона в момент исчезновения токового шнура.

PACS: 43.25.+y

Возбужденная электронная подсистема в стеклообразных полупроводниках передает энергию структурной матрице, что приводит к возникновению метастабильного состояния структуры, распространение которого может сопровождаться генерацией направленной акустической волны. В данном сообщении приводятся результаты эксперимента, демонстрирующего возникновение акустического солитона при некоторых режимах импульсного пробоя стеклообразной полупроводниковой пленки ( $As_2SeTe_2$  толщиной 5 мкм). Пленка была нанесена вакуумным напылением на стеклянную подложку размером  $20 \times 70 \times 1,5$  мм. На поверхности пленки имелись металлические (Al) полоски – электроды с расстоянием между ними 1 мм. Импульсный пробой осуществлялся в зазоре между этими электродами во внешнем магнитном поле в 2 Тл.

Выбор в качестве объекта халькогенидного стеклообразного полупроводника (ХСП) обусловлен тем, что эти материалы могут обладать метастабильным структурным состоянием [1, 2] Кроме того, в них возбудить электронную подсистему значительно проще, чем в классических стеклах. Использование пленок ХСП так же позволяет осуществлять визуальную регистрацию происходивших в материале структурных изменений, поскольку эти материалы легко кристаллизуются и плавятся.

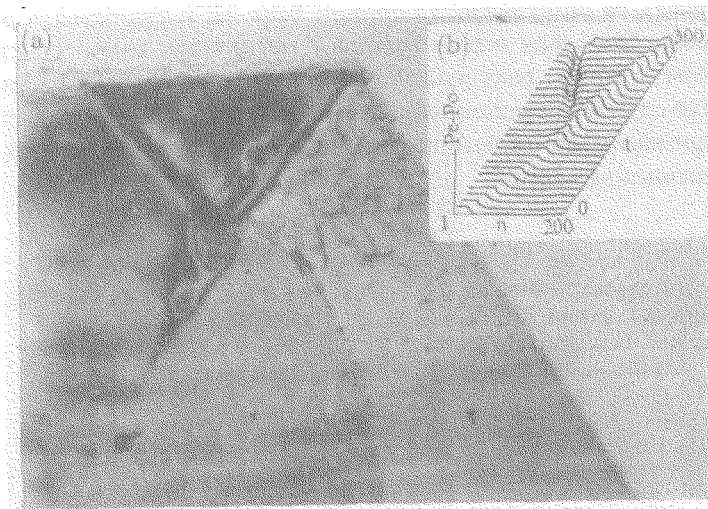
Возбуждение электронной подсистемы осуществлялось подаваемыми на электроды импульсами напряжения амплитудой до 800 В и длительностью до 4 мс. Амплитуда максимального тока импульса задавалась такой, чтобы она была достаточной для стримерного, но недостаточной для лидерного пробоя. Это позволило создать устойчивый, перпендикулярный контактам, токовый шнур. Возникающий при этом заполненный электронно-дырочной плазмой канал перемещался внешним магнитным

<sup>1)</sup> e-mail: edward@b14s1nt.mpei.ac.ru

полем вдоль образца, осуществляя возбуждение во всей области, через которую он прошел. Доля этой области составляла большую часть площади всего образца.

Поскольку скорость перемещения шнура была близка к скорости звука, использованный способ возбуждения структуры исключал перегрев материала джоулевым теплом, что, с одной стороны, позволяло повысить мощность возбуждения, а с другой стороны, давало возможность регистрировать изменения, возникающие в результате взаимодействия между возбужденной электронной подсистемой и "холодной" в начальный момент матрицей.

Следует отметить, что после прохождения токового шнура внешний вид и свойства пленки практически не изменялись, если не принимать во внимание некоторое повышение удельного сопротивления. Видимыми свидетельствами того, что пленка была возбуждена были: уменьшение отражения (пленка становилась более темной) и проявление макродефектов, если они имелись (царапины, посторонние вкрапления), в результате декорирования кристаллизовавшимся вокруг них материалом.



а) Фотография участка пленки со следами распада солитона (возбуждение распространялось слева направо); б) результаты моделирования распада солитона [4]

Расчеты, выполненные в [3], показывают, что распространение возбуждения в плазме частично подвижными ионами может приводить к появлению акустического солитона. Для того чтобы разделить направление движения акустической волны и направление движения плазменного шнура вдоль подложки, а также отделить область пленки, в которой произошло возбуждение электронной подсистемы, от области, в которой оно отсутствовало, были использованы электроды, имевшие изгиб, изменявший направление движения шнура. После подачи на такой образец импульса напряжения в месте изгиба электродов были обнаружены два "замороженных" фронта структурного возбуждения, расходившиеся под углом друг к другу (рисунок 1а). Перед гребнем переднего фронта наблюдались выплески материала, что свидетельствует о том, что этот фронт распространялся со значительным выделением энергии. Тильный фронт представлял впадину. Наблюдаемая в месте изгиба электродов картина объясняется тем, что изгиб привел к резкому уменьшению напряженности электрического поля в достигшем его шнуре и, соответственно, к прекращению в

нем тока, то есть накачки электронной подсистемы, следствием чего явилось "замораживание" структуры материала в том состоянии, в котором она находилась в этот момент.

Появление двух фронтов позволяют объяснить результаты работ по численному моделированию динамики солитонов в бистабильных средах. На рисунке 1b приведены результаты моделирования, показывающие распад топологического солитона [4]. Обращает на себя внимание совпадение выполненного эксперимента с результатами приведенных в [4] расчетов. Особенность эксперимента по отношению к расчетам заключается в том, что в нашем случае распространение стационарной волны было связано не с бистабильностью системы, а с постоянным притоком энергии, переводившим систему в более высокое по энергии метастабильное состояние. Прекращение притока энергии привело к распаду солитона.

В заключение следует отметить, что использование магнитного поля при экспериментах по пробую полупроводников и диэлектриков позволяет не только значительно поднять плотность не разрушающего образца тока, но и исследовать ряд быстротекущих процессов, благодаря осуществляемой магнитным полем пространственной развертке. Вместе с тем, полученные результаты позволили продемонстрировать важную (в ряде случаев определяющую) роль когерентных акустических волн, которая в экспериментах по пробую твердых тел обычно маскируется более поздним действием тепловых эффектов.

- 
1. М.И.Клингер, В.Г.Карпов, ЖЭТФ **82**, 1687 (1982) [Sov. Phys. JETP **55**, 976 (1982)].
  2. С.А.Дембовский, А.С.Зюбин, Ф.В.Григорьев, ФТП **32**, 944 (1998).
  3. K.Saeki, Phys. Rev. Lett. **80**, 1224 (1998).
  4. Л.И.Маневич, А.В.Савин, В.В.Смирнов, С.Н.Волков, УФН **164**, 937 (1999).