

- [1] Доватор Н.А., Житников Р.А. // Письма в ЖЭТФ. 1980. № 31. С. 92-96.
- [2] Muller В., Bloom М. // Can. J. Phys. 1960. N 38. P. 1318-1323.
- [3] Harper W. // Rev. Mod. Phys. 1972. N 44. P. 169-249.
- [4] Афанасьев Ю.В., Студенцов Н.В., Хорев В.Н., Чечурин Е.Н., Шелкин А.П. Средства измерений параметров магнитного поля. Л.: Энергия, 1979. 272 с.
- [5] Legowski S. // J. Chem. Phys. 1964. N 41. P. 1313-1319.
- [6] Доватор Н.А., Дмитриев С.П. Тез. П Всесоюз. семинара по оптической ориентации атомов и молекул. Л.: ФТИ, 1989. С. 60.
- [7] Mason E.A., Margero T.P. // Adv. in At. and Mol. Phys. 1970. N 6. P. 156-180.
- [8] Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. М.: ГИФМЛ, 1962. 892 с.

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

Поступило в Редакцию  
17 марта 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 13

12 июля 1990 г.

08

© 1990

О СКОРОСТИ ДОМЕНА И АБСОЛЮТНОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ  
ПРИ АКУСТОЭЛЕКТРОННОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ  
В ПЕРЕХОДНОМ РЕЖИМЕ

В.М. Рысаков

Несмотря на интенсивное изучение процесса развития акустической неустойчивости при акустоэлектронном взаимодействии в пьезополупроводниках (см. например, [1-2]), многие его стороны остались до сих пор не понятыми. В частности, до сих пор нет полной ясности относительно механизмов, влияющих на образование и развитие движущегося акустоэлектрического домена. Экспериментально [3, 4] было обнаружено повышение концентрации электронов в области домена, однако этот эффект не привлекался для объяснения каких-либо его свойств. Лишь недавно [5] было показано, что та-

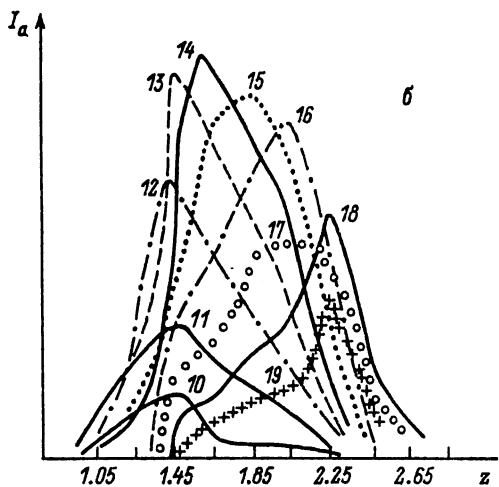
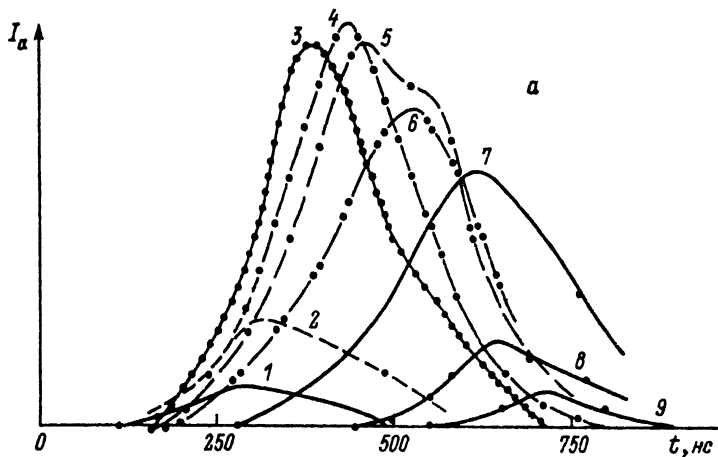


Рис. 1. Зависимость интенсивности акустического потока  $I_a$  от времени  $t$  для продольных координат  $z = 1.05$  мм (1), 1.25 (2), 1.45 (3), 1.65 (4), 1.85 (5), 2.05 (6), 2.25 (7), 2.45 (8), 2.65 (9) (а) и от продольной координаты для моментов времени  $t = 220$  нс (10), 275 (11), 330 (12), 385 (13), 440 (14), 495 (15), 550 (16), 605 (17), 660 (18), 715 (19) (б).

кое перераспределение может играть существенную роль в расширении динамического диапазона и определении длины домена.

В этой работе будет экспериментально показано, что при образовании движущегося акустоэлектрического домена из ударного затравочного пакета (в переходном режиме) возникает абсолютная неустойчивость, которая приводит к аномалиям в скорости его движения. Эти эффекты могут быть объяснены в рамках тех же [5]

предположений о влиянии перераспределения поля и заряда, что и другие особенности доменного режима. Часто наблюдаемые аномалии в скоростях и интенсивностях домена, явно связанные с неоднородностью образца, обсуждаться не будут.

Как правило, в ранее проводившихся экспериментах определялась лишь зависимость временного положения максимума домена от координаты. Используемая нами аппаратура нового поколения с многоканальным цифровым накоплением и высоким временным разрешением позволяла анализировать полный профиль домена во времени и, соответственно, пространственное распределение потока и его изменение во времени. Именно это и дало возможность получить новую информацию о развитии процесса.

На рис. 1 приведены характерные „осциллограммы“ развития акустоэлектрического домена (фоточувствительный образец  $CdS$ , продольная ориентация, домен образован косыми  $T_2$  волнами), и соответствующее распределение потока во времени. Из рисунков видно, что домен образуется из затравочного пакета и начинает регистрироваться только спустя инкубационное время после переднего фронта приложенного импульса поля. В начале этого процесса домен практически неподвижен, с течением времени увеличивается лишь его амплитуда и уменьшается протяженность, что соответствует режиму абсолютной неустойчивости. Только после того, как интенсивность домена приблизится к уровню насыщения, начинается его движение, он как бы срывается с места своего зарождения и начинает наблюдаться его обычное движение по образцу. Когда же интенсивность домена по какой-либо причине (в данном случае — из-за образования нового домена, не показанного на рисунке и расположенного ближе к аноду), заметно уменьшается по сравнению с уровнем насыщения, то домен опять практически останавливается и затухает во времени, оставаясь в одной и той же точке.

Аналогичная ситуация наблюдается и в том случае, когда импульс поля прекращается раньше, чем рост интенсивности домена — после выключения поля неподвижный до домен срывается с места и, затухая, движется к аноду.

Эти два экспериментальных факта хорошо укладываются в общую картину образования домена из затравочного пакета, которая предложена в [5] и в которой учитывается как перераспределение поля, так и заряда. Действительно, передний фронт импульса тянущего поля ударно возбуждает неоднородный прикатодный контактный слой. Можно ожидать, что толщина этого слоя порядка дебаевского радиуса, поэтому частота заполнения затравочного пакета близка к частоте максимального усиления. В то же время амплитуда этого пакета незначительно превосходит уровень тепловых шумов. Вследствие относительно малой крутизны фронта импульса прикладываемого поля (о чем, в частности, свидетельствует близость инкубационного времени для домена к теоретической величине, рассчитанной для уровня тепловых шумов) и частотной фильтрации за счет коэффициента усиления, огибающая затравочного пакета имеет колоколообразную форму, а частота заполнения близка к частоте максимально-

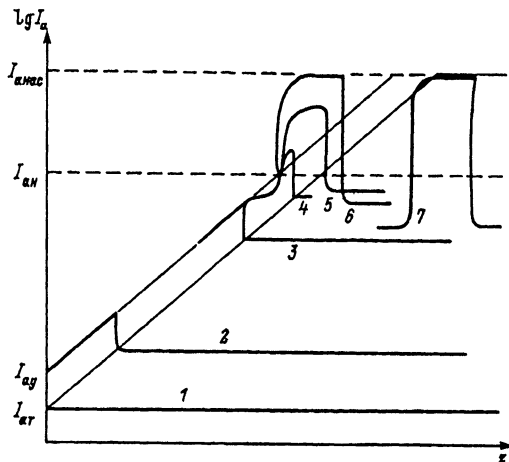


Рис. 2. Упрощенная модель развития домена. Распределения акустического потока в последовательные моменты времени 1-7.  $I_{ар}$  и  $I_{ау}$  тепловая и ударная затравки,  $I_{ан}$  - уровень начала нелинейности,  $I_{анас}$  - уровень насыщения.

го усиления (рис. 2, тепловыми шумами в первом приближении пренебрежем). В линейном режиме усиления, т.е. в диапазоне 6-8 порядков, форма распределения изменяется мало, в основном оно как целое сдвигается со скоростью звука (однако вследствие малой амплитуды в этой области пакет экспериментально обычно не наблюдается). Наконец, наступает момент, когда наивысшая точка пакета достигает уровня, при котором образуемый волной пьезопотенциал сравнивается с тепловой энергией электронов, т.е. достигает уровня  $e\Phi_i \approx 0.1$  к<sub>Б</sub>Т. Это ограничивает продольную подвижность электронов, что приводит как к увеличению поля, так и заряда в районе максимума. Соответственно это приводит к лавинообразному нарастанию коэффициента усиления и увеличению динамического диапазона примерно на два порядка, как это было описано ранее [5]. Благодаря этому лавинообразное нарастание амплитуды домена во времени превосходит нарастание амплитуды за счет движения домена по образцу, и именно в этот момент домен обычно обнаруживается экспериментально. Таким образом, во время переходного процесса при формировании домена из затравочного пакета наблюдается режим абсолютной неустойчивости, не свойственный, вообще говоря, акустоэлектронной неустойчивости, имеющей обычно конвективный характер [6].

В соответствии с [5], после лавинообразного нарастания коэффициента усиления происходит его быстрый спад и в результате формируется домен длиной, определяемой максимально возможным избыточным зарядом, и медленно меняющейся амплитудой. В лавинообразно сформированном домене вновь начинает проявляться его движение как целого (рис. 1, 2).

Когда вследствие какой-либо причины амплитуда уменьшается, и коэффициент усиления, пройдя максимум, начинает лавинообразно уменьшаться, домен опять как бы останавливается: скорость уменьшения его амплитуды начинает превалировать над скоростью уменьшения за счет затухания, домен просто распадается в этой точке, т.е. лавинообразно уменьшается ниже уровня возможного наблюдения. Этот эффект прекрасно виден на рис. 1.

Таким образом, предложенная ранее [5] модель учета влияния перераспределения заряда по образцу в доменном режиме не только объясняет экспоненциальный рост домена с линейным коэффициентом усиления в диапазоне около двух порядков, не только позволяет правильно теоретически определить длину домена, но и объясняет тонкие особенности поведения скорости домена в режиме средней нелинейности. Все это с высокой степенью вероятности позволяет считать предложенный механизм перераспределения заряда по образцу в доменном режиме реальным и показывает необходимость разработки строгой теории этого процесса.

В заключение благодарю Ю.В. Аристова за помощь в проведении экспериментов.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] M e y e r N.I., J o r g e n s e n M.H. // Festcorperprobleme. 1970. V. 10. P. 21-124.
- [2] K u z m a n y H. // PSS(a). 1974. V. 25. N 1. P. 9-68.
- [3] B u t l e r M.B.N., S a n d b a n k C.P. // IEEE Trans., ED. 1967. V. ED14. N 10. P. 663-668.
- [4] M o s e k i l d e E. // Appl. Phys. Lett. 1968. V. 12. N 8. P. 273-275.
- [5] Р ы с а к о в В.М. Когерентизация и доменизация акустических потоков в процессе развития акустической неустойчивости. 1988. Л. Препринт ФТИ АН СССР № 1222. 60 с.
- [6] Г у р е в и ч В.Л., Л а й х т м а н Б.Д. // ФТТ 1965. Т. 7. № 11. С. 3218-3226.

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

Поступило в Редакцию  
2 февраля 1990 г.