

- [2] Гросс Е. Ф. Исследования по оптике и спектроскопии кристаллов и жидкостей. М., 1976.
- [3] Вайсбурд Д. И., Семин Б. Н., Таванов Э. Г., Матлис С. Ф., Балычев И. Н., Геринг Г. И. Высокоэнергетическая электроника твердого тела. Новосибирск, 1982.
- [4] Алукер Э. Д., Дейч Р. Г., Думбадзе Т. С. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. № 23. С. 2132—2136.
- [5] Синхротронное излучение. Свойства и применения: Пер. с англ. / Под ред. К. Кунца. М., 1981.
- [6] Зинин Э. И., Пустоваров В. А., Роголев А. Л. // Тез. докл. VIII Всес. конф. ВУФ-89. Иркутск, 1989. С. 282—283.
- [7] Пермогоров С. А., Травников В. В. // ФТТ. 1980. Т. 22. № 9. С. 2651—2658.
- [8] Пермогоров С. А. // Экситоны / Под ред. Э. И. Рашба, М. Д. Стерджа. М., 1985.

Уральский политехнический институт  
им. С. М. Кирова  
Свердловск

Поступило в Редакцию  
14 мая 1990 г.  
В окончательной редакции  
24 октября 1990 г.

© Физика твердого тела, том 33, № 3, 1991  
Solid State Physics, vol. 33, N 3, 1991

## АКУСТИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ В СТРУКТУРЕ МДП

*Э. П. Гаршка, К. Ю. Сакалаускас*

В 1976 г. Мисава, Моритани и Накаи [1] наблюдали возникновение сдвиговых колебаний в пластине Si, а также в МДП структурах на основе Al—Si и Al—SiO<sub>2</sub> при приложении к ним переменного электрического поля. Явление исследовалось оптическим методом; делалось предположение, что причиной возникновения колебаний может быть электрострикционный или пьезоэлектрический эффект. В работе [2] дана теория электромеханических колебаний для эксперимента Мисавы и др.: теоретический подход учитывает распределение электрического заряда во всей системе МДП и предполагает, что наличие колебаний в пленках обусловлено только кулоновскими и упругими силами.

В данной работе исследована структура Si—SiO<sub>2</sub>, которая подвергалась деформации акустической волной, проходящей перпендикулярно плоскости пленок Si—SiO<sub>2</sub>, и решалась как бы противоположная работам [1, 2] задача, причем акустическая волна пропусклась как со стороны пленки SiO<sub>2</sub>, так и в обратном направлении, т. е. со стороны пластинки Si. Экспериментальная установка включала в себя традиционные узлы установки акустических исследований. Радиоимпульс длительностью 5 мкс и частотой заполнения 5 МГц подавался на преобразователь LiNbO<sub>3</sub>, импульс акустических колебаний по буферному волноводу поступал на образец Si—SiO<sub>2</sub>. На образец через металлические контакты поступало постоянное напряжение смещения. С образца через конденсатор снимался генерируемый в слое электрический переменный сигнал, который после усиления селективным усилителем поступал на осциллограф.

Экспериментально наблюдалось возникновение переменного электрического напряжения на контакте Si—SiO<sub>2</sub> при прохождении через контакт акустической волны. Мы измерили зависимость амплитуды переменного электрического напряжения от величины внешнего постоянного смещения на контакте и определили связь амплитуды колебаний с высотой потенциального барьера на поверхности раздела образца. Эксперимент проводился на образцах Si толщиной ~300 мкм, толщина слоя SiO<sub>2</sub> ~1.3 мкм. Амплитуда возбуждающего волну радиоимпульса не превышала 60 В. Для контроля прохождения акустического сигнала предусмотрена возможность подключения на выходе системы второго преобразователя LiNbO<sub>3</sub>, настроенного на частоту колебаний. Величина отклика на струк-

туре зависела от полярности приложенного постоянного напряжения. При подключении отрицательного полюса к  $\text{SiO}_2$  и положительного к  $\text{Si}$  наблюдался равномерный рост отклика, а при обратной полярности отклик получался равным нулю при напряжении около 3 В; при увеличении напряжения амплитуда возрастала. Это переменное напряжение на структуре линейно зависело от величины возбуждающей акустическую волну радиоимпульса (рис. 1).

На рис. 2 показана зависимость амплитуды генерируемого на контакте  $\text{Si}-\text{SiO}_2$  электрического сигнала от величины постоянного смещения на контакте. При исследовании обратного эффекта электроакустического преобразования зарегистрировано возникновение продольных объемных акустических волн при подаче высокочастотных колебаний и постоянного смещения на контакт. В ходе эксперимента определено влияние заряда, накопленного в приконтактной области  $\text{Si}-\text{SiO}_2$ . При нарушении пленки  $\text{SiO}_2$  или в случае отсутствия ее эффект преобразования не наблюдается.

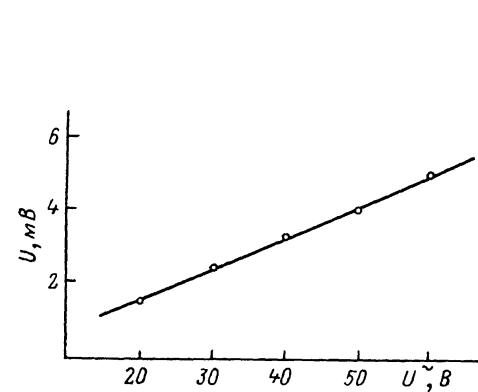


Рис. 1. Зависимость выходного сигнала от возбуждающей акустическую волну напряжения.  $U^{\sim}=0$ .

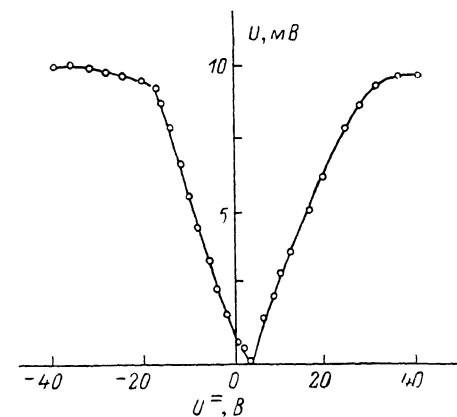


Рис. 2. Зависимость амплитуды возбуждаемого на контакте  $\text{Si}-\text{SiO}_2$  электрического сигнала от постоянного смещения на контакте.  $U^{\sim}=20$  В.

При исследовании нескольких образцов с разной величиной плотности накопленного заряда установлено, что положение минимума взаимодействия как функции напряжения смещения прямо пропорционально величине плотности заряда накопленных носителей.

В работе [1] показано, что акустическая волна в пленке  $\text{SiO}_2$  создается вследствие электрострикционного или пьезоэлектрического эффекта в  $\text{SiO}_2$  (пленка  $\text{SiO}_2$  является изотропной и маловероятно, чтобы в ней проявлялись пьезоэлектрические свойства), а эффектом электрострикции обладают многие оксидные материалы. В работе [2] теоретически рассчитано возможное преобразование электрического сигнала в деформации при учете кулоновских сил в структуре  $\text{Al}-\text{SiO}_2-\text{Si}-\text{Al}$ . Сравнение наших экспериментальных результатов с теоретической моделью [2] показывает их удовлетворительное согласие. Однако строгое утверждение существования только электрострикционных сил взаимодействия затруднительно, так как образцы  $\text{SiO}_2$  с идеально одинаковыми теоретическими и реальными параметрами трудно получить. Акустическая волна создается в пленке  $\text{SiO}_2$ , но для этого необходима пластина  $\text{Si}$  с определенной концентрацией носителей и возможностью возникновения определенного объемного заряда в промежуточном слое; объемный заряд создается вблизи поверхности раздела  $\text{Si}-\text{SiO}_2$  при соприкосновении  $\text{Si}$  пластины с нанесенным слоем  $\text{SiO}_2$ . Этот объемный заряд компенсируется внешним электрическим полем при соответствующей его полярности, а при полной компенсации электрический сигнал становится равным нулю, что свойственно для линеаризованной электрострикции.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- {1} Misawa K., Moritani A., Nakai J. // Jap. J. Appl. Phys. 1976. V. 15. N 11. P. 2103—2111.  
{2} Grendel M. // Acta Phys. Slovaca. 1984. V. 34. N 6. P. 342—350.

Вильнюсский государственный университет  
им. В. Капсукаса

Поступило в Редакцию  
18 мая 1990 г.  
В окончательной редакции  
29 октября 1990 г.

---