

УДК 621.3.082.782

## **ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СКОРОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАРЯДА ИНВЕРСИОННОГО СЛОЯ В СТРУКТУРАХ МЕТАЛ-СТЕКЛО-ПОЛУПРОВОДНИК**

**Б. Х. Кучкаров<sup>1</sup>, О. О. Маматкаримов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Наманганский государственный Университет, Республика Узбекистан, г. Наманган

<sup>2</sup> Наманганский инженерно-технологический институт, Республика Узбекистан, г. Наманган

E-mail: bxquchqarov@mail.ru

Исследовано влияние ультразвукового воздействия на плотность электронных состояний, локализованных на межфазной границе раздела Si-стекло. Предложена методика определения величин скорости поверхностной и объемной генерации носителей заряда, на основе расчета временной зависимости ширины области пространственного заряда (ОПЗ) и сравнении её с экспериментальной зависимостью. Ультразвуковая обработка структур Al-n-Si – стекло – Al, частотой 2.5 мГц мощностью 0.5 Вт, в течение 40 минут приводит к уменьшению скорости формирования заряда инверсионного слоя. Это обусловлено уменьшением интегральной плотности электронных состояний, локализованных на межфазной границе раздела полупроводник-стекло, при этом энергетический спектр объемных электронных состояний в полупроводнике не меняется.

*Ключевые слова: ультразвуковое облучение, C-V характеристики, локализованные состояния, релаксация, генерация носителей, диэлектрические потери, межфазные границы, изотермической релаксации емкости*

© Кучкаров Б. Х., Маматкаримов О. О., 2019

---

### **Введение**

Структуры типа металл - диэлектрик - полупроводник (МДП) на основе кремния в настоящее время являются основой широкого класса полупроводниковых приборов и структурных элементов интегральных схем. При этом характеристики границы раздела полупроводник - диэлектрик могут оказывать существенное влияние на параметры изготавливаемых приборов и структурных элементов [1,2]. Исследованиям влияния, на параметры границ раздела, таких воздействий как термическая обработка и  $\gamma$ -облучение посвящено достаточно много работ [3]-[6]. Что касается влияния

ультразвуковых воздействий, в имеющихся работах не достаточно изучены изменения интегральной плотности состояний на межфазной границе полупроводник-диэлектрик. Так, в работе [7] показано, что ультразвуковое воздействие может привести как к уменьшению, так и к увеличению заряда, локализованного на межфазных границах раздела  $\text{SiO}_2$ - p-Si. В работе [8] показано, ультразвуковое облучение приводит к перестройке напряженных валентных связей на межфазной границе раздела полупроводник-стекло, с одновременным увеличением сечения захвата локализованных на них электронов.

Целью настоящей работы являлось исследование влияния ультразвукового воздействия на плотность электронных состояний, локализованных на межфазной границе раздела Si-стекло.

## Исследуемые образцы

Тестовые структуры изготавливались путём нанесения стекла на подложку Si, n – типа проводимости, с кристаллографической ориентацией  $\langle 100 \rangle$ . Нанесение стекла осуществлялась при помощи электрофореза из суспензии, содержащей мелкодисперсную шихту стекла ( $\text{SiO}_2$ -PbO- $\text{B}_2\text{O}_3$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ) и изопропилиновый спирт, с последующим оплавлением при температуре 670 - 680 градусов по Цельсию и отжигом в бескислородной атмосфере. Толщина полученных слоёв стекла составляла  $d = (2 \pm 0,2) \times 10^{-4}$  см. Массовое содержание входящих в стекло оксидов составляло:  $\text{SiO}_2$  – 30 %; PbO – 50%;  $\text{B}_2\text{O}_3$  – 15%. Также исследуемые стёкла содержали оксиды алюминия и тантала с массовыми долями 5% и оксиды щелочных металлов  $\text{K}_2\text{O}$  и  $\text{Na}_2\text{O}$ , массовые доли которых не превышали 0.01%

МДП структуры изготавливались при помощи вакуумного осаждения алюминия на поверхность слоя стекла. Диаметр управляющих электродов - 3 мм. Изготовленные структуры подвергались облучению продольными ультразвуковыми волнами частотой 2.5 МГц мощностью 0.5 Вт, в течение 40 минут. Ультразвуковое воздействие проводилось аналогичное, описанное в [9]. Звукопроводом между пьезопреобразователем и исследуемой структурой являлась жидкость.

## Метод исследования

В качестве основного метода исследования использовался метод изотермической релаксации емкости структуры металл-диэлектрик - полупроводник (МДП) в процессе увеличения заряда инверсионного слоя [9-10]. В соответствии с общепринятой моделью структуры МДП, временная зависимость емкости этой структуры, после импульсного увеличения прикладываемого напряжения, (без учета влияния формирующегося заряда инверсионного слоя) может быть выражена при помощи следующего соотношения:

$$C(t) = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} K C_{\text{д}} K + x(t) K, \quad (1)$$

здесь:  $K$  – площадь управляющего электрода,  $C_{\text{д}}$  – емкость слоя диэлектрика,  $\epsilon$  диэлектрическая проницаемость полупроводника,  $\epsilon_0$  электрическая постоянная,  $x(t)$  временная зависимость ширины области пространственного заряда (ОПЗ) полупроводника. Величина  $C_{\text{д}}$  определяется по высокочастотной вольт-фарадной характеристике, при помощи метода, описанного в работе [11] можно найти значения  $C(t)$  для

каждого момента времени  $t$ , из экспериментальной релаксационной характеристики структуры МДП используя выражения (7) указанной работы:

$$x = \left( x_0 + \frac{S}{A} \right) \exp \left( -\frac{At}{N} \right) - \frac{S}{A}, \quad (2)$$

здесь  $x$  – толщина слоя объёмного заряда полупроводника структуры МДП,  $x_0$  – начальная толщина этого слоя,  $A$  – скорость генерации носителей заряда в объеме полупроводника,  $N$  – концентрация легирующей примеси. Полученную расчетную временную зависимость ширины ОПЗ, изменяющуюся в процессе формирования заряда инверсионного слоя, можно использовать для определения величин скорости поверхностной и объёмной генерации носителей заряда при сравнении её с экспериментальной зависимостью.

Для изучения энергетического спектра объёмных состояний, локализованных в кремнии, использовалась методика идентификации, описанная в [10], для чего изготавливались диоды Шоттки типа  $Au-n-Si$ , путем химического удаления слоя стекла и вакуумного осаждения  $Au$ .

## Полученные результаты и их обсуждение

На рис. 1 приведены вольт-фарадные характеристики (нормализованные к величине ёмкости слоя стекла) одной из исследуемых структур, измеренные в темноте, до воздействия ультразвуком – зависимость 1 и после воздействия – зависимость 2.

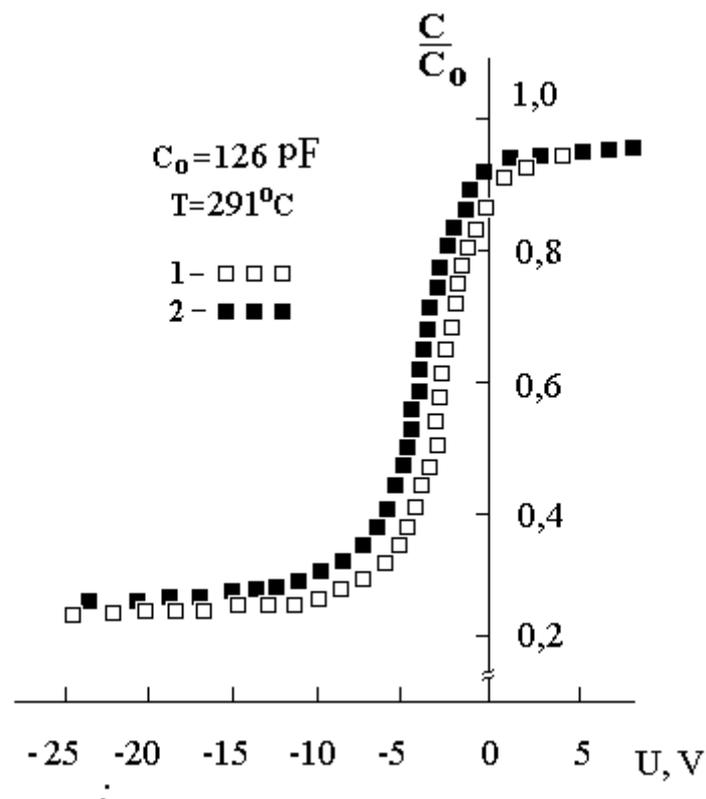


Рис. 1. Вольт-фарадные характеристики одной из исследуемых структур. 1- контрольная. 2-измеренная после воздействия ультразвуком

Из приведенных зависимостей видно, что после воздействия ультразвуком вольт-фарадная характеристики сдвигается в сторону отрицательных напряжений и не значительно изменяет свою форму. Согласно существующим теориям, параллельный сдвиг вольт-фарадных характеристик структур МДП (изготовленных на основе полупроводника  $n$  – типа проводимости) в сторону отрицательных напряжений указывает на образование положительного (фиксированного) заряда в структур стекла. А изменение формы вольт-фарадных характеристик таких структур, свидетельствует об увеличении заряда поверхностных состояний, которые перезаряжаются при изменении величины прикладываемого напряжения. Наличие подвижного заряда в структуре свинцово-боро-силикатного стекла обусловлено локализацией, инжескированных из полупроводника, электронов в близи легко поляризуемых ионов свинца и накоплением их на потенциальных барьерах включений кристаллической фазы [3]. Так как изменение степени поляризации ионов свинца при помощи ультразвуковых воздействий указанной мощности представляется маловероятным, то основной причиной, приводящей к увеличению положительного заряда может быть изменение высоты потенциальных барьеров между включениями кристаллической фазы.

Действительно, уменьшение высоты потенциальных барьеров приводит к тому, что инжескированные прикладываемым обогащающим напряжением, из полупроводника электроны, не локализуясь в больших количествах в потенциальных ямах при смене полярности напряжения экстрагируются обратно в объем полупроводниковой подложки. Для подтверждения этого предположения в структурах подвергнутых ультразвуковому воздействию измерялся тангенс угла диэлектрических потерь при различных температурах ( $-10$   $+50^{\circ}$  С) и частотах (100 кГц 1 МГц) (рис.2).

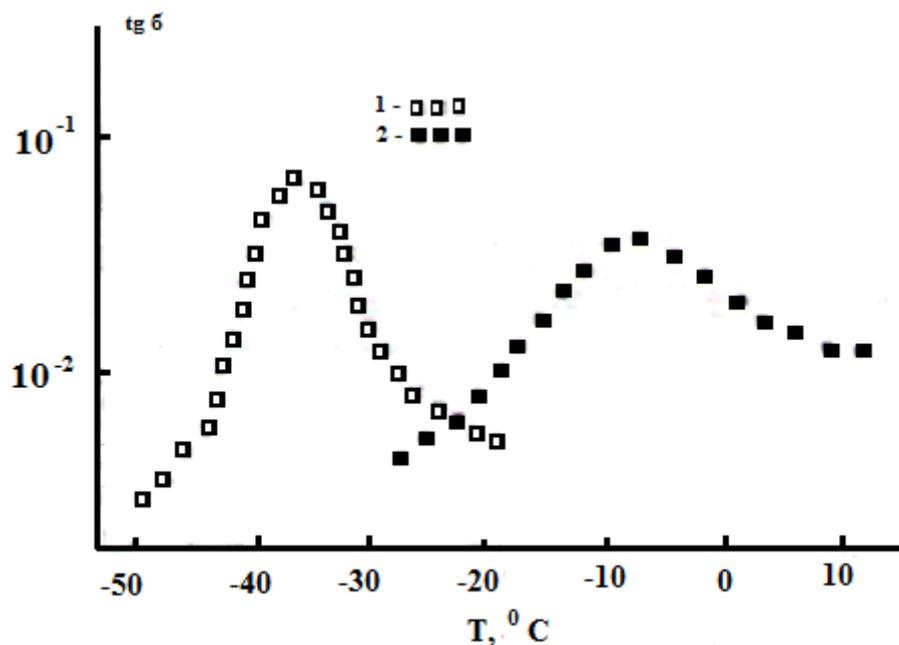


Рис. 2. Температурные зависимости тангенса угла диэлектрических потерь. (контрольной (1) и для подвергнутой воздействию ультразвуком (2) структуры)

Сравнение полученных температурно- частотных зависимостей тангенс угла диэлектрических потерь позволило установить, что во всех измеренных структурах тангенс угла диэлектрических потерь имеет характерный релаксационный максимум, а в структурах подвергнутых ультразвуковому воздействию релаксационный

максимум диэлектрических потерь уменьшается и становится менее ярко выраженным. Такое поведение релаксационного максимума так же указывает на увеличение величины подвижных зарядов встроенных в структуру стекла.

В соответствии с существующими теориями, скорость формирования инверсионного заряда определяется концентрацией генерационных центров, как в объеме полупроводника, так и плотностью состояний, локализованных на границе раздела полупроводник-диэлектрик. Для определения вклада в процесс релаксации поверхностных и объемных центров использовались расчетную временную зависимость изменяющуюся в процессе формирования заряда инверсионного слоя, при сравнении ее с экспериментальной зависимостью.

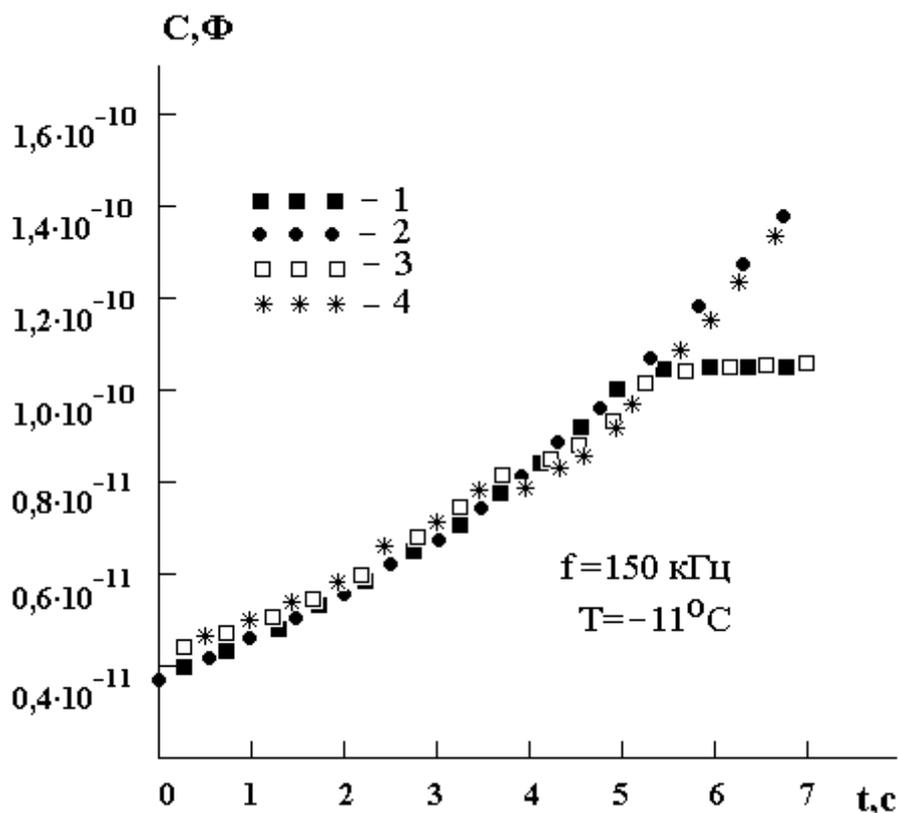


Рис. 3. Экспериментальные (1,3) и теоретические (2,4) зависимости релаксации емкости исследуемых структур (3, 4 - контрольные; 1,2 – подвергнутые ультразвуковому воздействию)

На рис. 3 приведены экспериментальная (1) и теоретическая (2) зависимости  $C(t)$  для одного из контрольных образцов, полученные после переключения напряжения  $V_1 \rightarrow V_2$  ( $V_1=8 \text{ В}$ ,  $V_2=15 \text{ В}$ ). Величины скорости объемной (A) и поверхностной (S) генерации найдены при помощи формул (1,2) методом оптимального подбора:  $A=9 \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1} \text{ см}^{-3}$  и  $S=4 \cdot 10^9 \text{ с}^{-1} \text{ см}^{-2}$ . Зависимость (3), измеренная при аналогичных условиях, соответствуют образцу, подвергнутому воздействию ультразвуком. Из приведенных зависимостей видно, что расчетные (2,4) и экспериментальные (1,3) зависимости хорошо совпадают при значениях  $A=(8-9) \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1} \text{ см}^{-3}$ ,  $S=(1-2) \cdot 10^9 \text{ с}^{-1} \text{ см}^{-2}$ . На наш взгляд, это указывает на то, что при данных ультразвуковых воздействиях концентрация и энергетическое распределение примесных центров, имеющих в объеме

полупроводника, практически не изменяются, а уменьшение скорости поверхностной генерации ( $S=4 \cdot 10^9 \text{ с}^{-1}\text{см}^{-2}$  – в контрольных и  $S=(1-2) \cdot 10^9 \text{ с}^{-1}\text{см}^{-2}$  – в обработанных ультразвуком структурах) обусловлено изменением плотности поверхностных состояний.

Для подтверждения этого предположения со структур, подвергнутых воздействию ультразвуком, химическим способом (обработка в парах плавиковой кислоты) удалялся слой стекла и при помощи вакуумного осаждения Au (без подогрева подложки) изготавливались диоды Шоттки типа Au-p-Si. Далее, для изучения энергетического спектра объемных состояний, локализованных в кремнии, использовалась методика идентификации, описанная в [10] и определялись энергетическое распределение и концентрация примесных центров, локализованных в базовой области диодов. Анализ полученных результатов показал следующее. Во всех диодах Шоттки, как в контрольных, так и в изготовленных на пластинах, подвергавшихся ультразвуковому воздействию, энергетическое положение примесных центров E-0.27 эВ и E-0.54 эВ, а так же их концентрация ( $n=(3-5)10^{12} \text{ см}^{-3}$ ) практически идентичны (разброс этих значений для различных диодов составлял 5-7%), что лежит в пределах ошибки эксперимента. На наш взгляд, это подтверждает то, что указанное ультразвуковое воздействие не влияет на параметры объемных генерационных центров и, следовательно, на скорость объемной генерации носителей заряда. Непосредственное измерение плотности поверхностных состояний, выполненное при помощи метода высокочастотных вольт-фарадных характеристик (на частоте 150 кГц, в интервале температур от -5 до -18<sup>0</sup> С) показало (рис. 4), что в структурах, подвергнутых указанному ультразвуковому воздействию, распределение интегральной плотности поверхностных состояний по ширине запрещенной зоны полупроводника уменьшается по сравнению с контрольными структурами.

Причём наиболее заметно это уменьшение в диапазоне энергий больших, чем  $E = E-0.4 \text{ эВ}$ . Уменьшение скорости поверхностной генерации и его изменение со временем после ультразвукового воздействия может быть вызвано уменьшением числа и ширины граничной фазы разделений кристаллических включений в составе стекла.

Для проверки этого из структур МДП химическим способом удалялись управляющий Al электрод и в паре муравьиной кислоты удалялись слои стекла. После микрофотографировалась поверхность стекла.

На рис. 5 приведены в 2800 раз увеличенные микрофотографии для двух поверхностей стекла. Сравнивая фотографии, можно сказать, что после ультразвукового воздействия поверхность стекла стало более однородной.

Уменьшение скорости поверхностной генерации носителей заряда и изменение её временной зависимости в ходе до формирования заряда инверсионного слоя, наблюдаемое после ультразвукового воздействия, хорошо коррелирует с уменьшением числа и протяженности межфазных границ раздела кристаллических включений, входящих в состав стекла.

Ультразвуковая обработка структур Al-p-Si – стекло Al, частотой 2.5 МГц мощностью 0.5 Вт, в течение 40 мин. приводит к уменьшению интегральной плотности электронных состояний и не влияет на энергетический спектр объемных электронных состояний в полупроводнике.

Ультразвуковое воздействие может способствовать улучшению генерационно-рекомбинационных свойств межфазной границы раздела кремний-свинцово-боросиликатное стекло указанного состава за счет перестройки напряженных валентных связей на этой границе

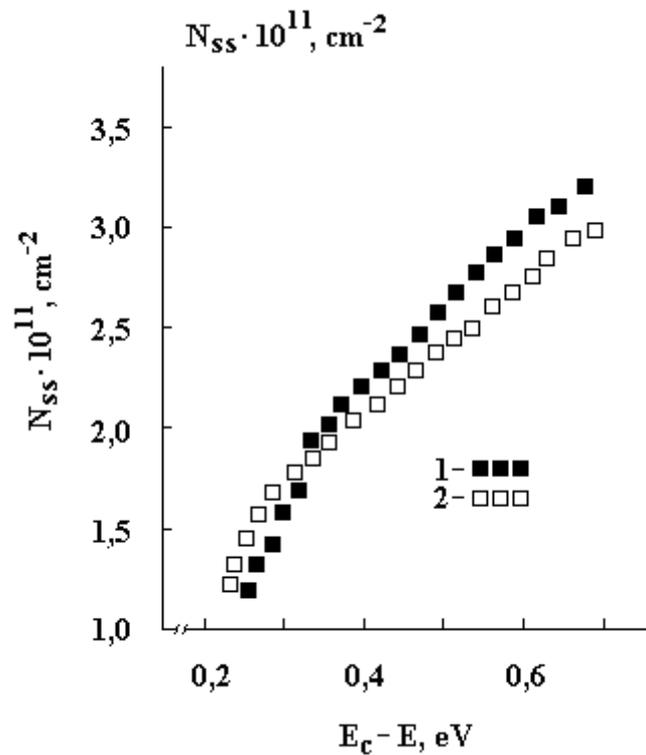


Рис. 4. Распределения интегральной плотности поверхностных состояний для исследованных структур (1-контрольная структура, 2-структура подвергнутая ультразвуковому воздействию)

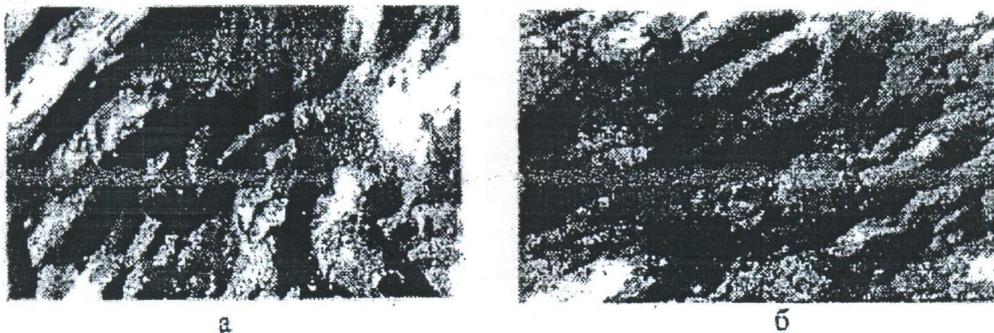


Рис. 5. Микрофотография поверхности исследованных структур а) до воздействия ультразвука. б) после воздействия ультразвука с мощностью  $P=0.5 \text{ W/cm}^2$  в течение  $t=90$  мин

Облучение ультразвуком (частотой 2.5 мГц мощностью 0.5 Вт в течение 40 минут) структур полупроводник (n-Si) стекло ( $\text{SiO}_2\text{-PbO-B}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Ta}_2\text{O}_5$ ) приводит к увеличению положительного заряда, встроенного в структуру стекла.

## Список литературы/References

- [1] Першенков В. С, Попов В. Д, Шальнов А. В., *Поверхностные радиационные эффекты в ИМС*, Энергоатомиздат, М., 1988, 187 с. [Pershenkov V. S, Popov V. D, Shal'nov A. V.,

- Poverkhnostnyye radiatsionnyye efekty v IMS*, Energoatomizdat, M., 1988, 187 pp., (in Russian)].
- [2] Чистов Ю. С., Сыноров В. Ф., *Физика МДП –структур*, ВГУ, Воронеж, 1986, 156 с. [Chistov YU. S., Synorov V. F., *Fizika MDP –struktur*, VGU, Voronezh, 1986, 156 pp., (in Russian)].
- [3] Барабан А. П., Булавинов В. В., Конора П. П., *Электроника слоев SiO<sub>2</sub> на кремнии*, ЛГУ, Л., 1988, 302 с. [Baraman A. P., Bulavinov V. V., Konora P. P., *Elektronika sloev SiO<sub>2</sub> na kremnii*, LGU, L., 1988, 302 pp., (in Russian)].
- [4] Меньшикова Т. Г., и др., “Влияние ионизирующего излучения на планарно-неоднородные МДП структуры. Электроника и информатика”, *Материалы международной научно-технической конференции*. Т. 1, Москва, 2005, 139. [Men'shikova T. G., i dr., “Vliyaniye ioniziruyushchego izlucheniya na planarno-neodnorodnyye MDP struktury. Elektronika i informatika”, *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoj konferentsii*. V. 1, Moskva, 2005, 139, (in Russian)].
- [5] Левин М. Р., Татаринцев А. Б., Иванков Ю. В., “Моделирование воздействия ионизирующих излучений на МДП структуру”, *Конденсированные среды и межфазные границы*, **4:3** (2002), 195-202. [Levin M. R., Tatarintsev A. B., Ivankov YU. V., “Modelirovaniye vozdeystviya ioniziruyushchikh izlucheniya na MDP strukturu”, *Kondensirovannyye sredy i mezhfaznyye granitsy*, **4:3** (2002), 195-202, (in Russian)].
- [6] Меньшикова Т. Г., Бормонтон А. Е., Ганжа В. В., “Влияние флуктуаций встроенного заряда на электрофизические характеристики МДП структур”, *Вестник ВГУ. Серия: Физика. Математика.*, 2005, № 1. [Menshikova T. G., Bormontov A. Ye., Ganzha V. V., “Vliyaniye fluktuatsiy vstroyennogo zaryada na elektrofizicheskiye kharakteristiki MDP struktur”, *Vestnik VGU. Seriya: Fizika. Matematika.*, 2005, № 1, (in Russian)].
- [7] Заверюхина Б. Н., Заверюхина Н. Н., Власов С. И., Заверюхина Е. Б., “Акустостимулированное изменение плотности и энергетического спектра поверхностных состояний в монокристаллах р-кремния”, *Письма в ЖТФ*, **34:6** (2008), 36-42. [Zaveryukhina B. N., Zaveryukhina N. N., Vlasov S. I., Zaveryukhina Ye. B., “Akustostimulirovannoye izmeneniye plotnosti i energeticheskogo spektra poverkhnostnykh sostoyaniy v monokristallakh r-kremniya”, *Pis'ma v ZHTF*, **34:6** (2008), 36-42, (in Russian)].
- [8] Власов С. И., Заверюхин Б. Н., Овсянников А. В., “Влияние ультразвуковой обработки на генерационные характеристики границы раздела полупроводник-стекло”, *Писма в ЖТФ*, **35:7** (2009), 41-45. [Vlasov S. I., Zaveryukhin B. N., Ovsyannikov A. V., “Vliyaniye ul'trazvukovoy obrabotki na generatsionnyye kharakteristiki granitsy razdela poluprovodnik-steklo”, *Pisma v ZHTF*, **35:7** (2009), 41-45, (in Russian)].
- [9] Власов С. И., Овсянников А. В., Исмаилов Б. К., Кучкаров Б. Х., “Влияние ультразвуковой обработки на скорость формирования заряда инверсионного слоя в структурах металл-стекло –полупроводник”, *Материалы международной научно-практической конференции. Структурная релаксация в твердых телах*, Винница, 2012, 234-236. [Vlasov S. I., Ovsyannikov A. V., Ismoilov B. K., Kuchkarov B. Kh., “Vliyaniye ul'trazvukovoy obrabotki na skorost' formirovaniya zaryada inversionnogo sloya v strukturakh metall-steklo –poluprovodnik”, *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Strukturnaya relaksatsiya v tverdykh telakh*, Vinnitsa, 2012, 234-236, (in Russian)].
- [10] Зайнабидинов С. З., Власов С. И., Насиров А. А., *Неравновесные процессы на границе раздела полупроводник –диэлектрик*, Университет, Ташкент, 1995, 113 с. [Zaynabidinov S. Z., Vlasov S. I., Nasirov A. A., *Neravnovenyye protsessy na granitse razdela poluprovodnik –dielektrik*, Universitet, Tashkent, 1995, 113 pp., (in Russian)].
- [11] Власов С. И., Овсянников А. В., Исмаилов Б. К., Кучкаров Б. Х., “Влияние давления на свойства структур Al-SiO<sub>2</sub>-n-Si <Ni>”, *Физика полупроводников, квантовая электроника и оптоэлектроника*, **15:2** (2012), 166-169. [Vlasov S. I., Ovsyannikov A. V., Ismailov B. K., Kuchkarov B. Kh., “Vliyaniye davleniya na svoystva struktur Al-SiO<sub>2</sub>-n-Si <Ni>”, *Fizika poluprovodnikov, kvantovaya elektronika i optoelektronika*, **15:2** (2012), 166-169, (in Russian)].

## Список литературы (ГОСТ)

- [1] Першенков В. С, Попов В. Д, Шальнов А. В Поверхностные радиационные эффекты в ИМС. М.: Энергоатомиздат, 1988 187 с.
- [2] Чистов Ю. С, Сыноров В.Ф. Физика МДП –структур. Воронеж: ВГУ, 1986. 156 с.
- [3] Барабан А. П., Булавинов В. В, Конора П. П. Электроника слоев SiO<sub>2</sub> на кремнии. Л.: ЛГУ, 1988. 302 с.
- [4] Меньшикова Т. Г., и др. Влияние ионизирующего излучения на планарно-неоднородные МДП структуры. Электроника и информатика // Материалы международной научно-технической конференции. Москва. 2005. Ч. 1. С. 139.
- [5] Левин М. Р., Татаринцев А. Б., Иванков Ю. В. Моделирование воздействия ионизирующих излучений на МДП структуру // Конденсированные среды и межфазные границы. 2002. Т. 4. №3. С. 195-202.
- [6] Меньшикова Т. Г, Бормонтов А. Е., Ганжа В. В. Влияние флуктуаций встроенного заряда на электрофизические характеристики МДП структур // Вестник ВГУ. Серия: Физика. Математика. 2005. №1.
- [7] Заверюхина Б. Н., Заверюхина Н. Н., Власов С. И, Заверюхина Е.,Б. Акустостимулированное изменение плотности и энергетического спектра поверхностных состояний в монокристаллах р-кремния // Письма в ЖТФ. 2008. Т. 34. вып. 6. С. 36-42.
- [8] Власов С. И., Заверюхин Б. Н., Овсянников А. В. Влияние ультразвуковой обработки на генерационные характеристики границы раздела полупроводник-стекло. Писма в ЖТФ. 2009. Т. 35. вып. 7. С. 41-45.
- [9] Власов С. И. Овсянников А. В., Исмаилов Б. К., Кучкаров Б. Х. Влияние ультразвуковой обработки на скорость формирования заряда инверсионного слоя в структурах металл-стекло –полупроводник // Материалы международной научно-практической конференции. Структурная релаксация в твердых телах. Винница. 2012. С. 234-236.
- [10] Зайнабидинов С. З., Власов С. И., Насиров А. А. Неравновенные процессы на границе раздела полупроводник –диэлектрик. Ташкент: Университет, 1995. 113 с.
- [11] Власов С. И., Овсянников А. В., Исмаилов Б. К., Кучкаров Б. Х. Влияние давления на свойства структур Al-SiO<sub>2</sub>-p-Si <Ni>. // Физика полупроводников, квантовая электроника и оптоэлектроника. 2012. Т. 15. №2. С.166-169.

**Для цитирования:** Кучкаров Б. Х., Маматкаримов О. О. Влияние ультразвукового воздействия на скорость формирования заряда инверсионного слоя в структурах метал-стекло-полупроводник // *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки.* 2019. Т. 29. № 4. С. 125-134. DOI: 10.26117/2079-6641-2019-29-4-125-134

**For citation:** Kuchkarov B. H., Mamatkarimov O. O. Influence of ultrasonic action on the rate of charge formation of the inversion layer in metal-glass-semiconductor structures, *Vestnik KRAUNC. Fiz.-mat. nauki.* 2019, **29**: 4, 125-134. DOI: 10.26117/2079-6641-2019-29-4-125-134

Поступила в редакцию / Original article submitted: 16.09.2019

DOI: 10.26117/2079-6641-2019-29-4-125-134

MSC 82D37

## **INFLUENCE OF ULTRASONIC ACTION ON THE RATE OF CHARGE FORMATION OF THE INVERSION LAYER IN METAL-GLASS-SEMICONDUCTOR STRUCTURES**

**B. H. Kuchkarov<sup>1</sup>, O. O. Mamatkarimov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Namangan State University

<sup>2</sup> Namangan Engineering and Technology Institute

E-mail: bxquchqarov@mail.ru

The effect of ultrasonic action on the density of electronic states localized at the Si-glass interface is studied. A method is proposed for determining the surface and volume generation rates of charge carriers using the calculated time dependence of the space charge region width (SCR) when comparing it with the experimental dependence. Ultrasonic treatment of Al-n-Si - glass - Al structures with a frequency of 2.5 MHz and a power of 0.5 W for 40 minutes leads to a decrease in the rate of charge formation of the inversion layer. This is due to a decrease in the integral density of electronic states localized at the semiconductor-glass interface and does not affect the energy spectrum of bulk electronic states in a semiconductor.

*Key words: ultrasonic irradiation, CV characteristics, localized states, relaxation, carrier generation, dielectric loss, interfaces, isothermal relaxation of capacitance*

© Kuchkarov B. H., Mamatkarimov O. O., 2019