

УДК 537.525

PACS: 73.40.NS

**ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА СВОЙСТВА  
КРЕМНИЕВЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ****М.Н.АГАЕВ, Г.М.САДЫХЗАДЕ, И.Г.ПАШАЕВ, М.Г.ГАСАНОВ***Бакинский Государственный Университет**agaevm50@mail.ru*

*В данной работе изучено влияние ультразвуковой обработки на свойства кремниевых солнечных элементов Al-Ni/Si-n+-p-p+. Ультразвуковая обработка влияет на свойства кремниевых солнечных элементов, так как мощность ультразвуковой волны порядка 0,5 Вт/см<sup>2</sup> приводит к значительному увеличению обратного тока исходного образца.*

**Ключевые слова:** ультразвуковая обработка, солнечный элемент.

В последние годы не ослабевает интерес к проблеме целенаправленного изменения физических свойств полупроводниковых материалов и приборов на их основе путем внешнего контролируемого воздействия. В русле решения этой проблемы, в настоящее время, большое внимание уделяют воздействию ультразвуковых волн, прохождение которых через полупроводник сопровождается изменением его свойств, в частности, фоточувствительности, электропроводности, интенсивности излучательной рекомбинации, шумовых характеристик [1, 5, 7]. Необходимо отметить, что если раньше использовался ультразвук килогерцового диапазона частот, то сейчас используется ультразвук мегагерцового диапазона частот.

Несмотря на общее согласие практически всех публикаций по данной тематике, что ультразвуковая обработка (УЗО) влияет на дефектную подсистему Si, остается неясным вопрос о конкретных механизмах этого воздействия.

При этом ознакомление с периодической литературой [1-7] показывает, что имеющиеся многочисленные работы посвящены исследованиям влияния ультразвукового воздействия на электрофизические свойства полупроводниковых диодов и приборов подобного типа.

Хорошо известно, что наличие посторонних примесей, загрязняющих полупроводниковый материал, несовершенство кристаллической

решётки, наличие в полупроводниковом материале различного рода дефектов, ловушечных и рекомбинационных центров, сильно влияют на величину обратного тока  $I_{обр}$ , степень рекомбинации носителей тока в области p-n перехода  $A$ , время жизни  $\tau$  и диффузионную длину  $L$  не основных носителей [6,7].

Так как ультразвуковое воздействие является эффективным способом повышения внутренней энергии твердых тел, в зависимости от коэффициента поглощения и от интенсивности ультразвука, возможны различные структурные изменения, оказывающие влияние на фотоэлектрические и электрофизические свойства материалов, а также на процесс пластической деформации. Последний связан с локальным изменением ширины запрещенной зоны при прохождении через кристалл ультразвуковой волны. В данной работе изучено влияние УЗО на свойства кремниевых СЭ. Исследуемые СЭ обрабатывались продольными ультразвуковыми волнами в диапазоне частот  $f_{уз}=25\text{МГц}$  и акустической мощностью в интервале  $W_{уз}=0,1-2\text{Вт/см}^2$  с тыльной стороны образца в течение времени  $t=90-200\text{мин}$ . Звукпроводом между пьезокерамическим преобразователем, электрически соединенным с ультразвуковым генератором и исследуемым солнечным элементом (СЭ) служило силиконовое масло. УЗО проводилась при температуре  $300\text{К}$ . Подвергнутые УЗО исследуемые СЭ, были изготовлены по единой технологии и имели идентичную структуру и компонентный состав.

На рисунках 1 и 2 представлены диодные характеристики исследуемых кремниевых СЭ до и после УЗО при различных режимах. Как видно из рис.1, после УЗО-1 ( $W_{уз}=0,1\text{Вт/см}^2$ ,  $t=200\text{мин}$ ,  $f_{уз}=25\text{МГц}$ ) обратный ток образца увеличился на несколько порядков, что свидетельствует об ухудшении барьерных свойств p-n перехода. На наш взгляд, это связано с тем, что столь мощная акустическая волна приводит к возникновению новых и активизации уже имеющихся дефектов. Как известно, обратный ток определяется по формуле:

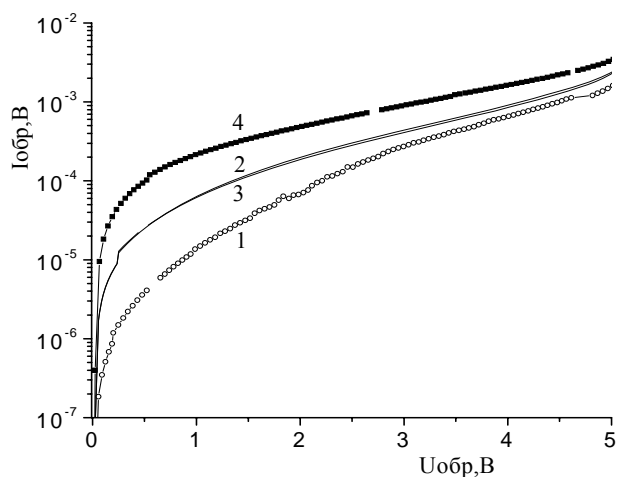
$$I_o = q \left( n_p \sqrt{\frac{D_n}{\tau_n}} + p_n \sqrt{\frac{D_p}{\tau_p}} \right), \quad (1)$$

следовательно, одной из причин, приводящей к увеличению обратного тока является уменьшение времени жизни и диффузионной длины не основных носителей в области p-n перехода и базы СЭ.

Следующий этап ультразвуковой обработки образца рис.1 УЗО-2 ( $W_{уз}=0,5\text{Вт/см}^2$ ,  $t=200\text{мин}$ ,  $f_{уз}=25\text{МГц}$ ) привел к незначительному уменьшению обратного тока. Это, на наш взгляд, свидетельствует об улучшении дефектного состояния области p-n перехода, что приводит к увеличению времени жизни и диффузионной длины не основных носителей в области p-n перехода и базы СЭ. Последующий этап ультразву-

ковой обработки образца рис.1 УЗО-3 ( $W_{y3}=2\text{Вт/см}^2$ ,  $t=90$  мин.,  $f_{y3}=25\text{МГц}$ ) заново привел к увеличению обратного тока, однако после подачи УЗО с мощностью  $W_{y3}=2\text{Вт/см}^2$  ожидался выход из строя СЭ или по крайней мере, увеличение обратного тока на несколько порядков, чего, как видно из рис.1 не произошло, хотя в предыдущих экспериментах при УЗО СЭ с подобной мощностью образцы выходили из строя. Как видно, предыдущая ультразвуковая обработка образца, УЗО-1 ( $W_{y3}=0,1\text{Вт/см}^2$ ,  $t=200$  мин.,  $f_{y3}=25\text{МГц}$ ), привела дефектное состояние области р-п перехода и базы в такое устойчивое состояние, что последующее, более мощное ультразвуковое воздействие не способно вывести из строя СЭ. Данный факт навел нас на мысль, что для улучшения дефектного состояния области р-п перехода и базы, а, следовательно, и для улучшения электрофизических и фотоэлектрических параметров СЭ целесообразно использовать УЗО СЭ с мощностью порядка  $W_{y3}=0,1\text{Вт/см}^2$ .

На рис.2 представлены изменения прямого тока образца после УЗО СЭ. Как можно видеть, характер изменений прямого тока соответствует характеру изменений обратного тока, в связи с чем мы не будем подробно останавливаться на описании этого эксперимента.



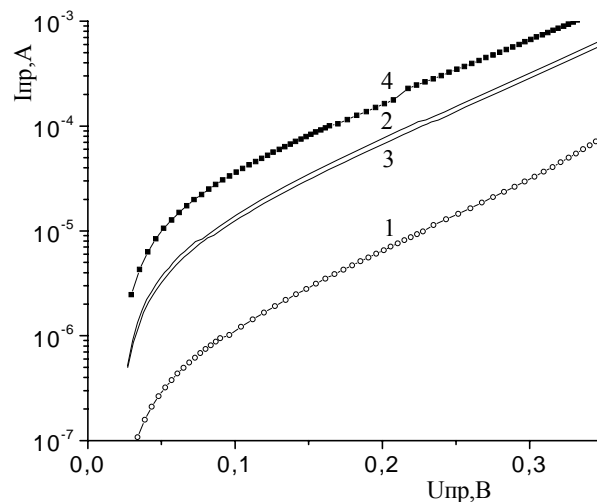
**Рис. 1.** Изменение обратного темного тока Al-Ni/Si-n+-p-p+ после УЗО ( $T=300\text{К}$ ).

Кривые: 1 – исходная, без УЗО;

2 – после УЗО-1 ( $W_{y3}=0,1\text{Вт/см}^2$ ,  $t=200\text{мин.}$ ,  $f_{y3}=25\text{МГц}$ );

3 – после УЗО-2 ( $W_{y3}=0,5\text{Вт/см}^2$ ,  $t=200\text{мин.}$ ,  $f_{y3}=25\text{МГц}$ );

4 – после УЗО-3 ( $W_{y3}=2\text{Вт/см}^2$ ,  $t=90$  мин.,  $f_{y3}=25$  МГц).



**Рис. 2.** Изменение прямого темнового тока Al-Ni/Si-n+-p-p+ после УЗО (T=300K.)  
Обозначения, те же, что и на рисунке 1.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гонтарук А.Н., Корбутяк Д.В., Корбут Е.В. Деграционно-релаксационные явления в светоизлучающих p-n структурах на основе фосфида галлия, стимулированные ультразвуком // Письма в ЖТФ, 1998, т.24, №15 с.64-68.
2. Аскеров Ш.Г., Олих Я.М., Гусейнов Н.А. и др. Ультразвуковая обработка  $\gamma$ -облученных кремниевых солнечных элементов / Труды пятой Международной научно-технической конференции "Микроэлектронные преобразователи и приборы на их основе". Баку-Сумгаит, 2005, с.138-141.
3. Ермолович И.Б., Миленин В.В., Конакова Р.В. и др. Влияние ультразвуковой обработки на микропроцессоры формирования барьеров Шоттки гетеросистем M-n-p+GaAs (M=Pt, Cr, W) // Письма в ЖТФ, 1996, т.22, в.6, с.33-36.
4. Островский И.В., Стебленко Л.П., Надточий А.Б. Образование поверхностного упроченного слоя в бездислокационном кремнии при ультразвуковой обработке // ФТП, 2000, т.34, №3, с. 257-260.
5. Островский И.В., Надточий А.Б., Подолян А.А. Образование поверхностного упроченного слоя в бездислокационном кремнии при ультразвуковой обработке // ФТП, 2002, т.36, №4, с.389-391.
6. Парчинский П.Б., Власов С.И., Муминов Р.А. и др. Влияние ультразвука на параметры структур металл-диэлектрик-полупроводник // Письма в ЖТФ, 2000, т.26, №10, с.40-45.
7. Парчинский П.Б., Власов С.И., Лигай Л.Г. и др. Влияние ультразвукового воздействия на генерационные характеристики границы раздела кремний-диоксид кремния // Письма в ЖТФ, 2003, т.26, №10, с.40-45.

## SİLİSİUM ƏSASINDA HAZIRLANMIŞ GÜNƏŞ ELEMENTİNƏ XARİCİ FAKTORUN TƏSİRİ

M.N.AĞAYEV, Q.M.SADIXZADƏ, İ.G.PAŞAYEV, M.H.HƏSƏNOV

### XÜLASƏ

Bu işdə Al - Ni/Si – n+ - p – p+ silisium Günəş elementinin xassələrinə ultrasəs emalının təsiri öyrənilmişdir. Ultrasəs emalı silisium Günəş elementlərinin xassələrinə təsir edir, belə ki, 0,5 BT/sm<sup>2</sup> tərtibli gücə malik ultrasəs dalğası ilkin nümunənin əksinə cərəyanının əhəmiyyətli dərəcədə artmasına gətirib çıxarır.

**Açar sözlər:** ultrasəs emalı, Günəş elementi.

## THE INFLUENCE OF THE EXTERNAL PROCESSING ON THE PROPERTIES OF SOLAR ELEMENTS

M.N.AGAYEV, G.M.SADIKHZADE, I.G.PASHAYEV, M.H.HASANOV

### SUMMARY

The article studies the influence of ultrasonic processing on the properties of solar elements Ni/Si – n+ - p – p+ made on the basis of silisium. This processing substansially influences the properties of solar elements as the ultrasonic processing of initial samples using powers higher than 0,5 wt/sm<sup>2</sup> leads to a considerable increase in the opposite currents.

**Key words:** ultrasonic processing, solar elements.

*Поступила в редакцию 05.03.2010 г.*

*Принято к печати 10.03.2011 г.*