



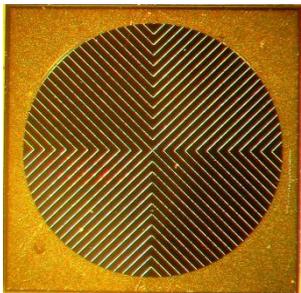
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе
Российской академии наук

Политехническая ул., 26, С.-Петербург, 194021
Телефон: (812) 297-2245 Факс: (812) 297-1017
post@mail.ioffe.ru http://www.ioffe.ru

Постростовые технологии фотоэлектрических преобразователей

Малевская Александра Вячеславовна
E-mail: amalevskaya@mail.ioffe.ru



Последовательность постростовых технологических операций



Оборудование выходного контроля



- Сканирующий электронный микроскоп



- Оптический микроскоп

- Профилометр для контроля топографии поверхности;

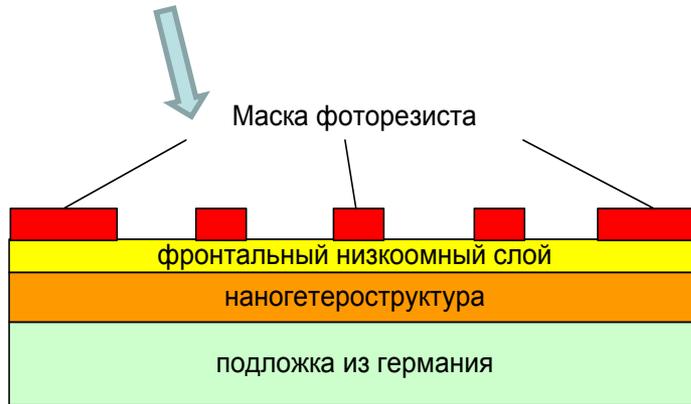
- Зонд для контроля переходного сопротивления омических контактов;

- Контроль коэффициента отражения АОП

Формирование антиотражающего покрытия (АОП)

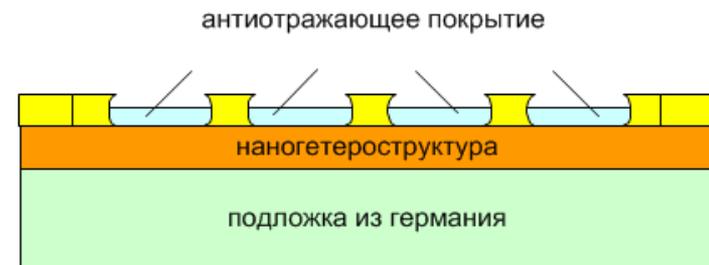
Подготовка:

- Фотолитография с нанесением, экспонированием и стабилизацией фоторезиста

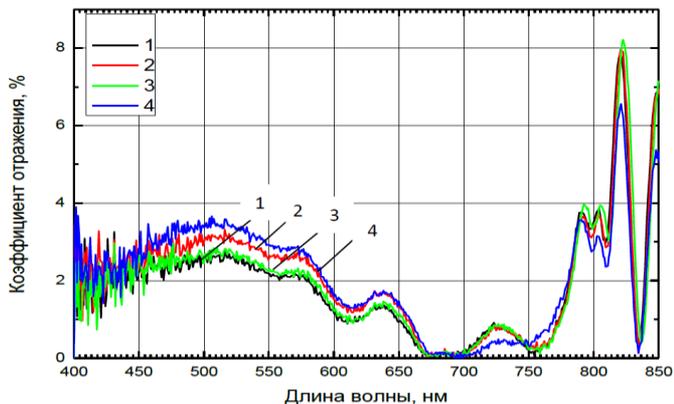


Технологические процессы

- Жидкостное химическое травление контактного слоя GaAs
- Напыление АОП на основе слоев TiO_xSiO_2 , Ta_2O_5 , S_3N_4
- Удаление фоторезиста
- Температурная стабилизация АОП

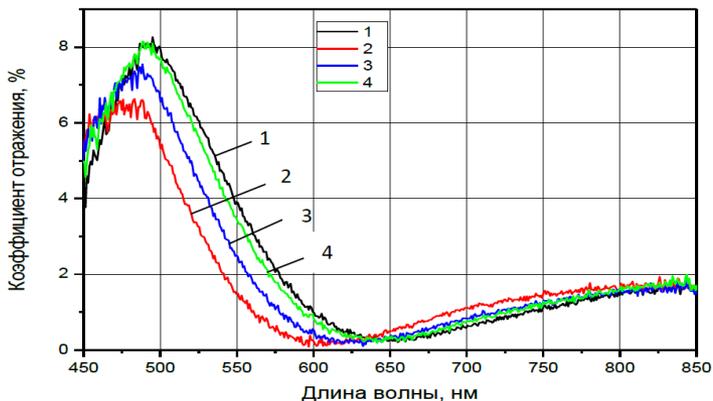


Антиотражающее покрытие $\text{TiO}_x/\text{SiO}_2$ для каскадных солнечных элементов (КСЭ)

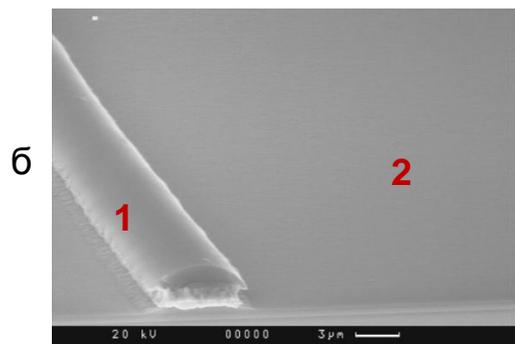
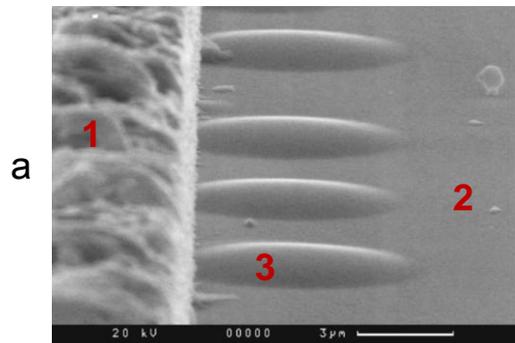


Спектральные зависимости коэффициентов отражения от поверхности гетероструктуры GaInP/GaAs/Ge с АОП покрытием $\text{TiO}_x/\text{SiO}_2$ для разных составов травителей для контактного слоя GaAs:

- 1 – 0,5% NH_4OH , 1,1% H_2O_2 ; 2 – 1,2% NH_4OH , 28% H_2O_2 ;
- 3 – 0,25% NH_4OH , 0,6% H_2O_2 ; 4 – 40% лимонная кислота, 6% H_2O_2 .



Спектральные зависимости коэффициентов отражения от поверхности гетероструктуры AlInP/GaAs с АОП покрытием $\text{TiO}_x/\text{SiO}_2$ для разных режимов ионно-лучевой обработки: 1 – без обработки; 2,3,4 – при ускоряющее напряжение 100В, 300В, 500В соответственно.

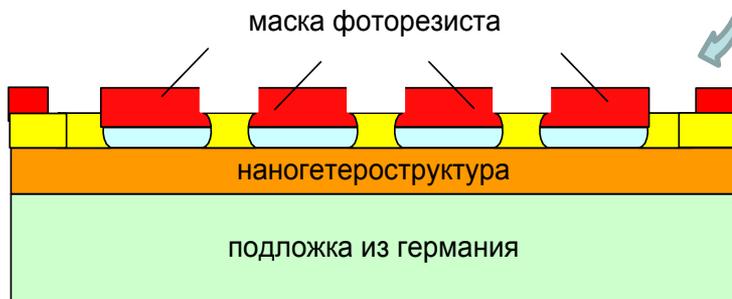


Фотографии СЭМ поверхности солнечного элемента после нанесения АОП покрытия $\text{TiO}_x/\text{SiO}_2$: (а) – без ионно-лучевой обработки, (б) – с ионно-лучевой обработкой, где 1 – шина омического контакта, 2 – $\text{TiO}_x/\text{SiO}_2$, 3 – отслоение $\text{TiO}_x/\text{SiO}_2$.

Формирование омических контактов

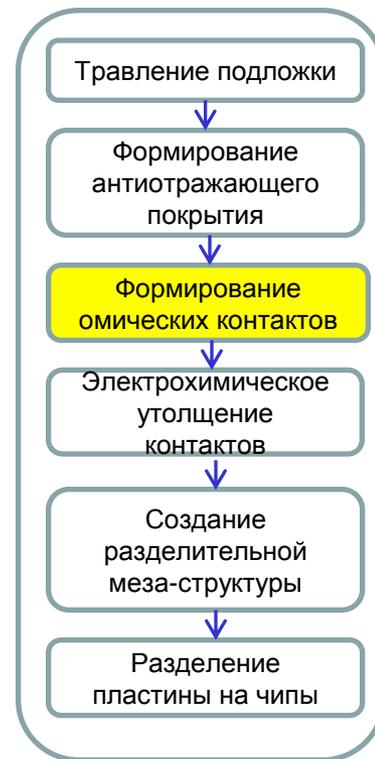
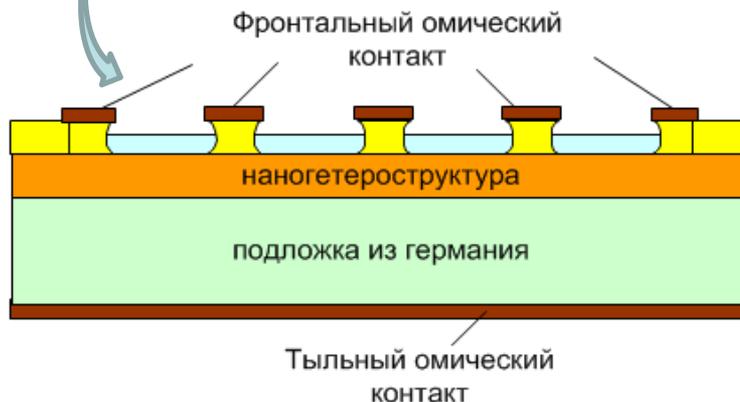
Подготовка:

- Фотолитография с нанесением, экспонированием и стабилизацией фоторезиста



Технологические процессы

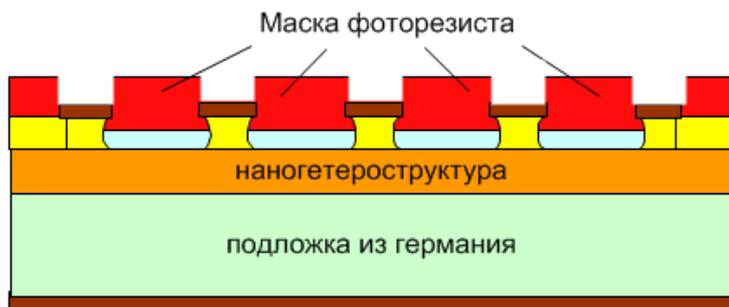
- Напыление фронтального омического контакта n-типа Au(Ge)/Ni/Au
- Удаление фоторезиста
- Напыление тыльного омического контакта p-типа Ag(Mn)/Ni/Au, Cr/Au
- Вжигание омических контактов



Электрохимическое утолщение контактов

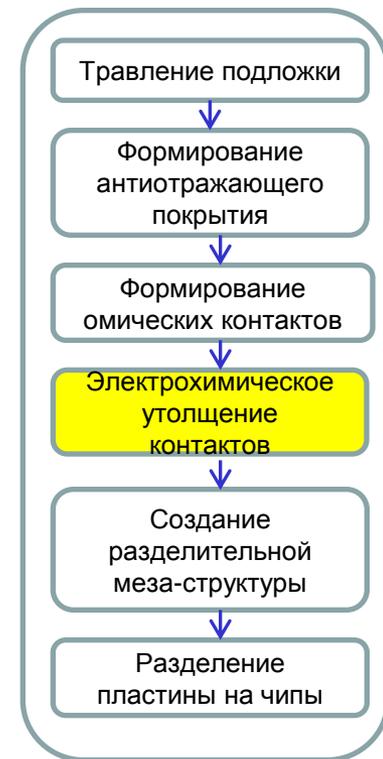
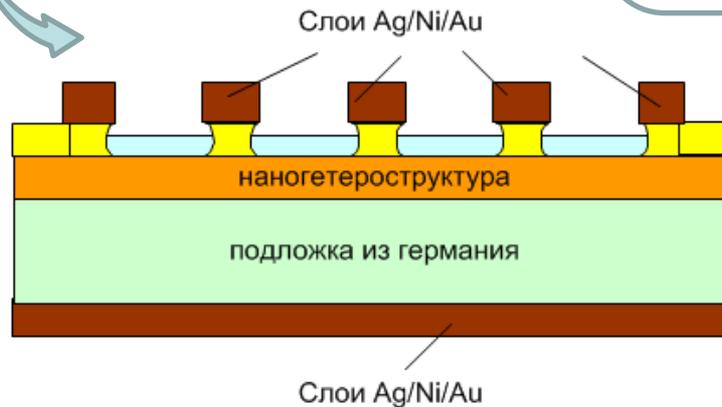
Подготовка:

- Фотолитография с нанесением, экспонированием и стабилизацией фоторезиста



Технологические процессы

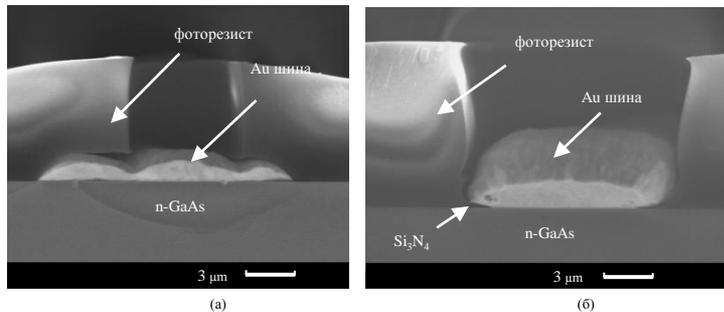
- Электрохимическое осаждение Ag/Ni/Au, Au/Ni/Au
- Удаление фоторезиста



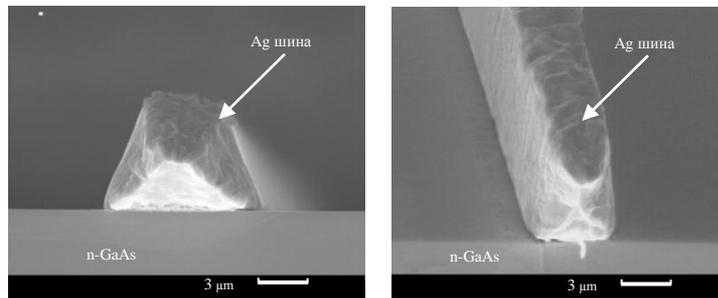
Влияние материала и конфигурации контактных шин на эффективность GaInP/GaAs/Ge КСЭ

Разработаны различные конфигурации контактных шин путем электро-химического осаждения слоев серебра и золота. Достигнуто:

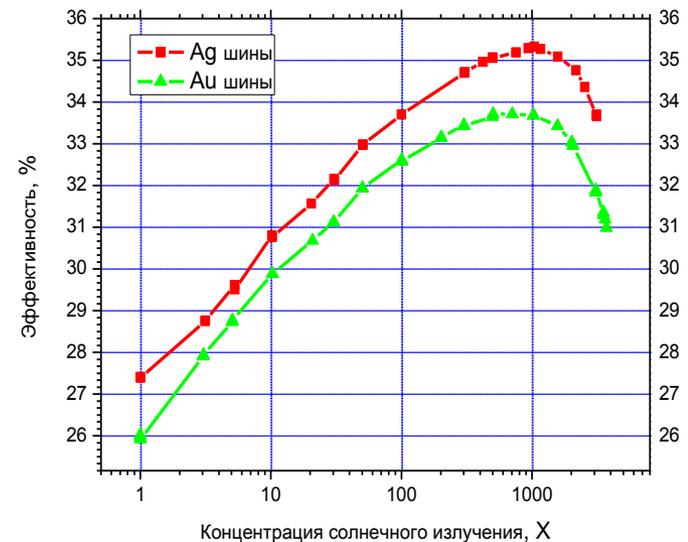
- уменьшение потерь на затенение фоточувствительной поверхности КСЭ;
- увеличение степени поглощения солнечного излучения, за счет отражения от боковых стенок контактных шин;
- уменьшение омических потерь за счет увеличения толщины токосъемных шин;
- увеличение КПД КСЭ на 1,5% при степени концентрирования солнечного излучения 1000 солнц;
- увеличение рабочего диапазона степени концентрирования до 1500 солнц без существенного снижения КПД.



Фотографии СЭМ с осажденным слоем Au на поверхность структуры через маску фоторезиста (а) и через двуслойную маску из Si₃N₄ и фоторезиста (б).



Фотографии СЭМ осажденного слоя Ag в виде усеченной пирамиды с широким нижнем основанием с использованием разной конфигурации масок фоторезиста.

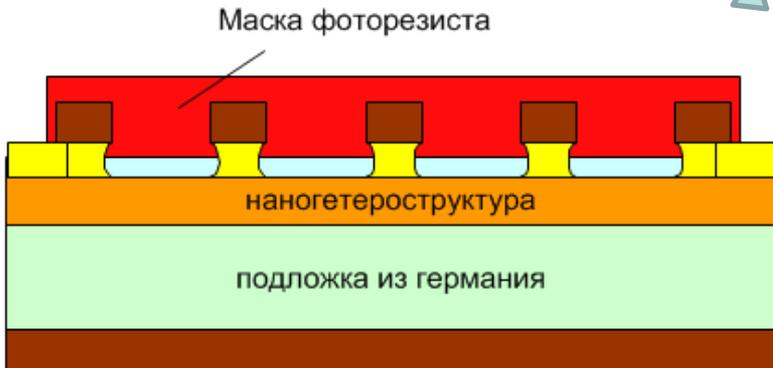


Эффективность GaInP/GaAs/Ge КСЭ с контактными шинами выполненными из Ag и Au.

Формирование разделительной меза-структуры

Подготовка:

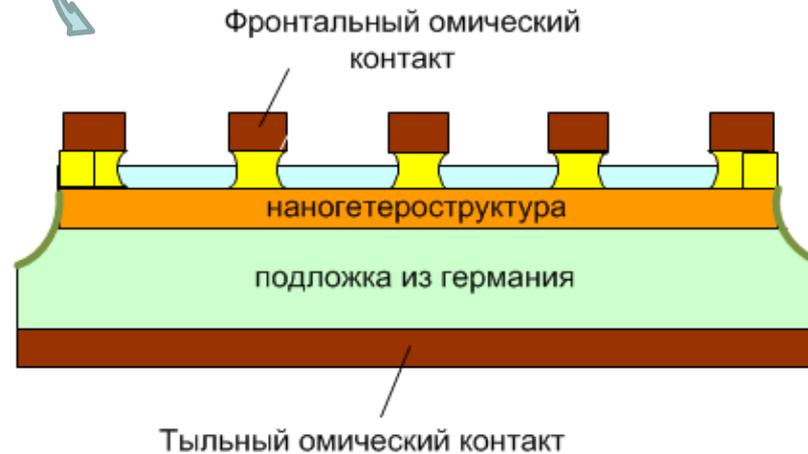
- Фотолитография с нанесением, экспонированием и стабилизацией фоторезиста



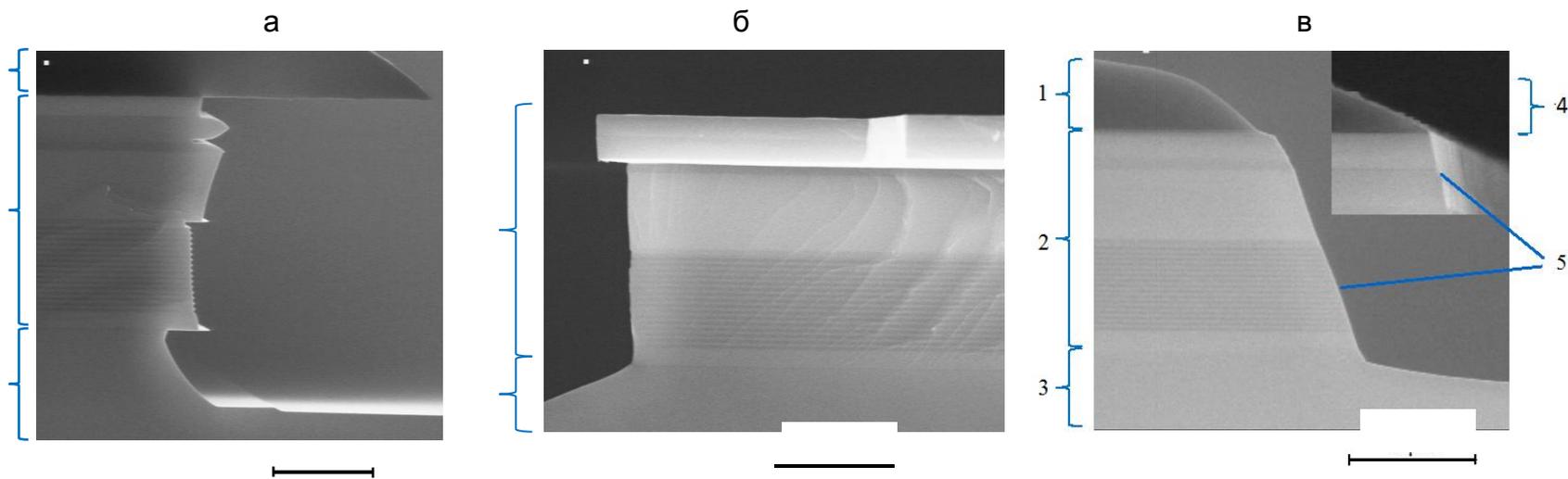
Технологические процессы

Альтернативные технологии:

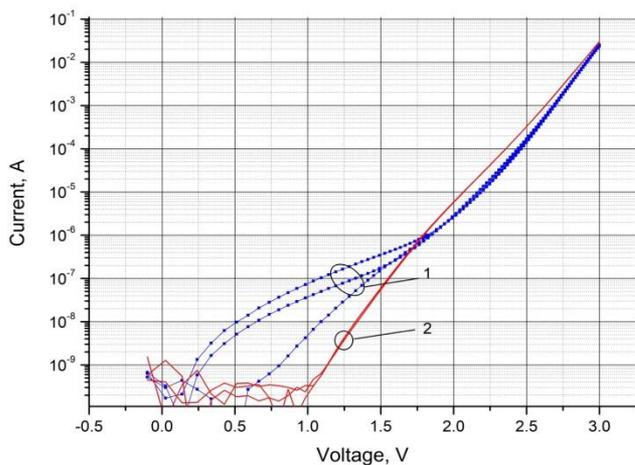
- 1) Жидкостное химическое травление
- 2) Плазмо-химическое травление



Травление разделительной мезы в гетероструктуре GaInP/GaInAs/Ge

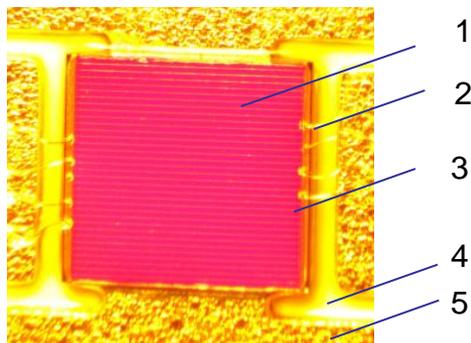


Профиль гетероструктуры GaInP/GaInAs/Ge после (а) жидкостного химического травления в травителях $K_2Cr_2O_7:HBr:H_2O$ и глицерин:KOH: H_2O через маску, (б) в сильноразбавленном травителе $HBr:H_2O_2:H_2O$, (в) плазмо-химического травления в потоке рабочего газа BCl_3 , где: 1 – маска фоторезиста, 2 – гетероструктура, 3 – германиевая подложка, 4 – маска TiO_x/SiO_2 /фоторезист, 5 – боковая поверхность мезы

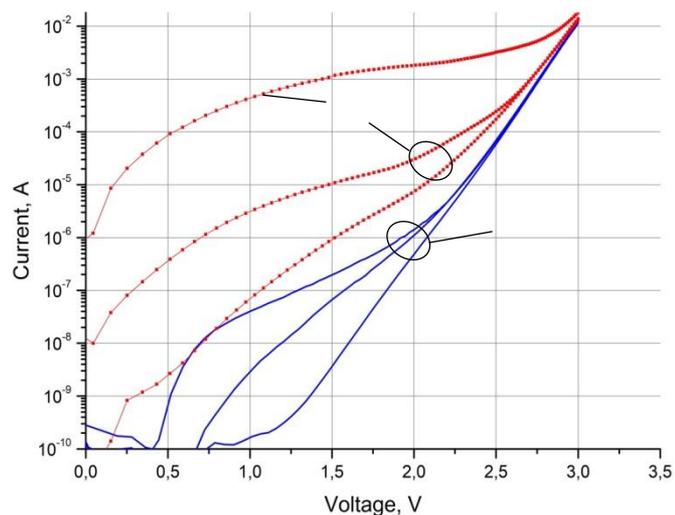


Темновые вольт-амперные характеристики КСЭ после создания разделительной меза-структуры методами: 1 – жидкостного химического травления, 2 – плазмо-химического травления.

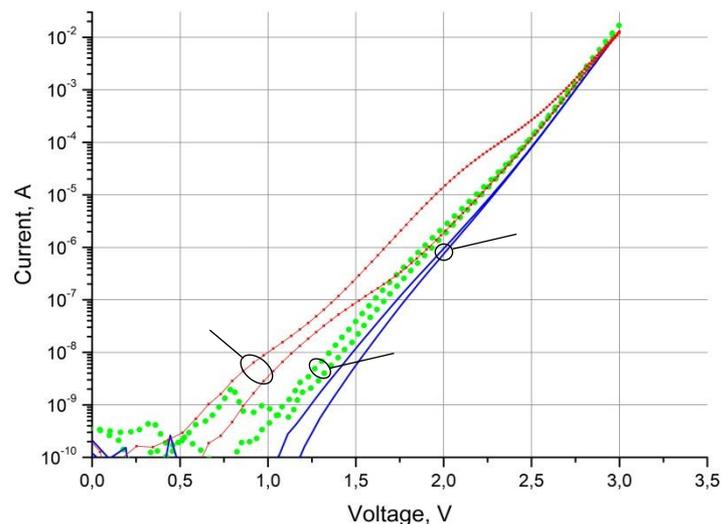
Пассивация и защита мезы солнечных элементов на основе гетероструктуре GaInP/GaInAs/Ge



Фотография распределения электролюминесценции КСЭ после герметизации на теплопроводящей плате, где 1 – КСЭ, 2 – золотая проволока, 3 – защитное стекло, 4 – кремний, 5– теплопроводящая плата.



Темновые вольтамперные характеристики КСЭ без защитного покрытия до проведения процесса термоциклирования при повышенной влажности (1) и после термоциклирования (2).



Темновые вольтамперные характеристики КСЭ до проведения процесса термоциклирования при повышенной влажности (1), после термоциклирования КСЭ с покрытием Si_3N_4 (2) и с герметизацией силиконом (3).

ВЫВОД

Разработка отдельных этапов пост-ростовой обработки гетероструктур позволяет достичь следующих результатов:

- Снизить отражение солнечного излучения от фоточувствительной поверхности гетероструктуры КСЭ, за счет разработки технологии нанесения антиотражающих покрытий;
- Снизить удельное переходное сопротивление омических контактов, при оптимизации материалов и технологии напыления омических контактов на основе многослойных покрытий: Cr/Au, Cr(Ni)/Ag/Au, Ag(Mn)/Ni/Au, Au(Ge)/Ni/Au;
- Увеличить проводимость контактных шин, за счет электро-химического осаждения материалов с высокой электрической проводимостью: Ag, Au;
- Снизить токи утечки при формировании разделительной меза структуры и нанесении пассивирующих и защитных покрытий.