

**ПРИМЕНЕНИЕ  $\alpha$  - AlNi В КАЧЕСТВЕ ОМИЧЕСКОГО КОНТАКТА  
В КРЕМНЕВЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ****Ш.Г.АСКЕРОВ, М.Н.АГАЕВ, И.Г.ПАШАЕВ,  
Р.Ф.МЕХТИЕВ, М.Г. ГАСАНОВ***Бакинский Государственный Университет  
magayev@mail.ru*

*Исследованы солнечные элементы (СЭ) на основе кремниевого р-п-перехода с металлизацией из аморфного металлического сплава  $Al_{30}Ni_{20}$ . Применение аморфных металлических сплавов позволял снизить стоимость солнечных батарей, повысить стабильность и надежность СЭ и получить солнечные батареи большой площадью и необходимой конфигурации. Для снижения потерь при отражении от поверхности были использованы просветляющие покрытия.*

В последние годы XX столетия внимание физиков и материаловедов привлечено к таким конденсированным средам, для которых характерно неупорядоченное расположение атомов в пространстве.

Среди твердых конденсированных сред особого внимания заслуживают, так называемые, металлические стекла – аморфные металлические сплавы с неупорядоченным расположением атомов в пространстве. До недавнего времени понятие «металл» связывалось с понятием «кристалл», атомы которого расположены в пространстве строго упорядочено. Однако в начале 60-х годов в научном мире распространилось сообщение о том, что получены металлические сплавы, не имеющие кристаллической структуры. Металлы и сплавы с беспорядочным расположением атомов стали называть аморфными металлическими стеклами отдавая должное той аналогии, которая существует между неупорядоченной структурой металлического сплава и неорганическим стеклом.

Открытие аморфных металлов внесло большой вклад в науку о металлах, существенно изменив наши представления о них. Оказалось, что аморфные металлы разительно отличаются по своим свойствам от металлических кристаллов, для которых характерно упорядоченное расположение атомов.

Формирование аморфной структуры металлов и сплавов приводит к фундаментальным изменениям магнитных, электрических, механических, сверхпроводящих и других свойств. Некоторые из них оказались очень интересными как для науки, так и для практики. Ценность других свойств полностью еще не раскрыта.

В современной фотоэнергетике особое внимание уделяется разработке высокоэффективных солнечных элементов, какими являются монокристаллические кремниевые солнечные элементы (СЭ) [1-4]. Основная цель дальнейших разработок – снижение стоимости СЭ [3] за счет совершенствования технологии их изготовления, повышение КПД и снижения рабочей поверхности СЭ.

Одним из приоритетных направлений является повышение надежности полупроводниковых фотопреобразователей.

В данной работе исследован аморфно металлический сплав  $Al_{80}Ni_{20}$ , пригодный для использования в качестве омического контакта к кремниевому солнечному элементу (рис.1)

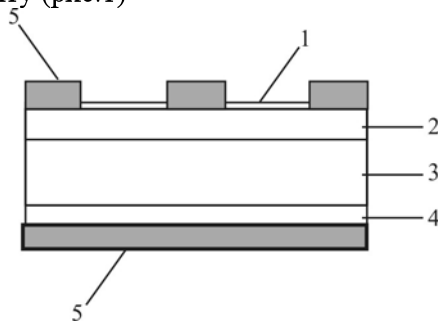


Рис.1. Схема исследуемого элемента.

- 1- Просветляющее покрытие фосфорсиликатное стекло; 2-  $n^+ - Si : P (N_D = 1 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3})$ ;
- 3-  $p - Si$  КДБ10 ( $N_A = 1 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ ); 4-  $p^+ - Si (N_A = 1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3})$ ;
- 5- Омический контакт из аморфного металлического сплава  $Al_{80}Ni_{20}$ .

Приборы на основе полупроводниковых соединений требуют при своем изготовлении нанесения металлических контактов, омических или активных с барьером Шоттки. Наиболее подходящим для металлизации является Al имеющий многие преимущества благодаря своим некоторым качествам: простота и удобство нанесения покрытий, высокая проводимость, хорошая адгезия, широкая доступность и низкая стоимость. Однако большая диффузионная способность Al приводит к проникновению и образованию в конечном итоге границы Al-Si, что отрицательно влияет на барьерные свойства солнечных элементов. Понижение же высоты барьера уменьшает эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую энергию.

Для повышения надежности солнечных батарей необходимо предотвращение причины возникновения деградации. Как известно одной из причин деградации приборов является миграция атомов материала омического контакта в полупроводник. Транспортными путями миграция атомов являются границы зерен, для предотвращения миграции атомов перспективно использование аморфно металлического сплава  $Al_{80}Ni_{20}$ .

Пленка аморфного сплава Al-Ni была получена методом электронно-лучевого испарения в вакууме. Условия испарения выбраны, таким образом, чтобы состав пленки соответствовал сплаву  $Al_{80}Ni_{20}$ . Известно, что такой сплав склонен к аморфизации [2].

Условия получения сплава  $Al_{80}Ni_{20}$  :

Рабочий вакуум  $P = 5 \cdot 10^{-5}$  мм.рт.ст.

Температура подложки  $T = 250^{\circ}C$

Ток испарения  $I_{Al} = 12 \mu A$

Ток испарения  $I_{Ni} = 2,2 \mu A$

Время испарения  $t = 300$  сек.

В качестве подложки использовались кремниевые солнечные элементы

на основе р-п-перехода. Омический контакт наносился на солнечный элемент с освещаемой стороны в виде рисунка сетки с определенным шагом, с обратной стороны в виде сплошной пленки.

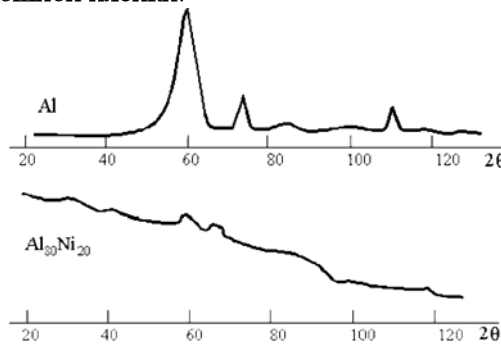


Рис. 2. Рентген-структурный анализ пленок Al и Al<sub>80</sub>Ni<sub>20</sub>

На рис.2 представлена рентгенодифракционная картина, полученная для чистой пленки Al и Al<sub>80</sub>Ni<sub>20</sub>. Эта кривая получена дифрактометре Дрон-2. Первичный пучок ( $\lambda$  –длина волны,  $\lambda=1,54\text{нм}$ ) монохроматизировали кристаллом пирографита. Как видно из рентгенограмм, для пленки алюминия наблюдаются интерференционные максимумы (рис.2), характерные для поликристаллических пленок чистых металлов. В случае для Al<sub>80</sub>Ni<sub>20</sub> такая картина отсутствует, что свидетельствует об аморфности пленки (рис.2). Для подтверждения этого вывода провели также микроскопические и электронномикроскопические исследования [1-3]. Определено сопротивление омического контакта Al-Ni/(n<sup>+</sup>)-Si. Сопротивление омического контакта металл-полупроводник, как было показано в [5] на примере In-n-GaAs, обратно пропорционально концентрации носителей:  $R_c \sim 1/N_d$  Ом·см<sup>2</sup>. В дальнейшем эта закономерность была подтверждена во многих работах и, согласно [5-6], является общей для различных полупроводников, в том числе для n<sup>+</sup>-Si, и способов изготовления контактов. По мере развития технологии сопротивление контактов снижалось, при этом функциональная зависимость по-прежнему сохраняется (рис.3).

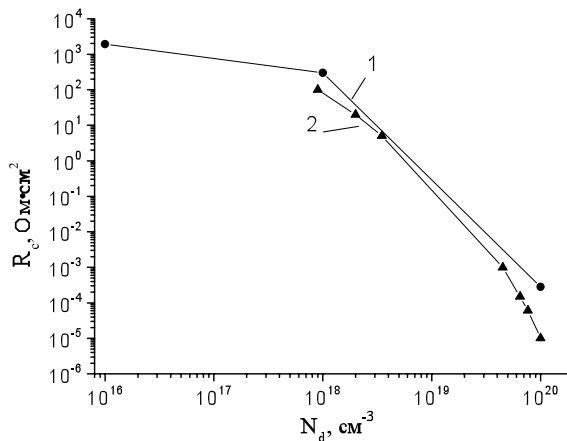
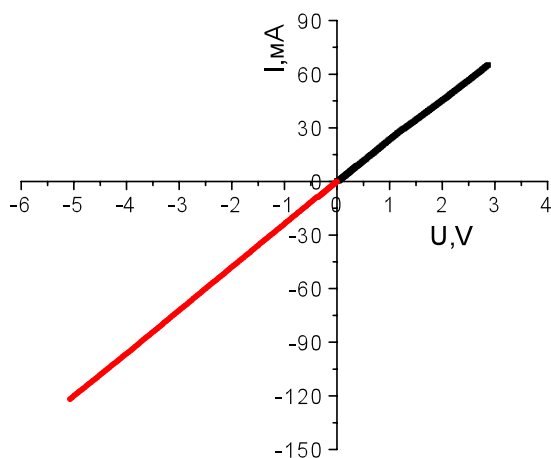


Рис. 3. Зависимость сопротивления омических контактов металл/n-Si  $R_c$  от концентрации электронов в полупроводнике  $N_d$  при  $T=300\text{К}$  и  $=100\text{мВт/см}^2$ .

Кривые: 1 – Al<sub>80</sub>Ni<sub>20</sub>/n<sup>+</sup>-Si; 2 – Al/n<sup>+</sup>-Si

Механизм протекания тока в омических контактах определяется на основании концентрационных зависимостей контактного сопротивления. При очень высоких концентрациях носителей основным механизмом протекания тока было туннелирование через барьер[5], высота барьера для туннелирующих носителей тока на контактах  $Al_{80}Ni_{20}/n^+-Si$  ( $n \approx 1 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$ ) оказалось равной 0,45эВ. Контактное сопротивление омического контакта  $Al-Ni/(n^+)-Si$ . В качестве омического контакта к солнечным элементам использован аморфный металлический сплав  $Al_{80}Ni_{20}$ . По методике «линии передачи» [5] определено контактное сопротивление омического контакта  $R_c = 28 \cdot 10^{-5} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$ .

Также для доказательства того, что данный контакт является омическим, на рис.4 показана вольтамперная характеристика омического контакта. Как видно из рисунка, ВАХ линейная в обоих направлениях.



**Рис.4.** ВАХ омического контакта исследуемого солнечного элемента  $Al-Ni/Si-n^+-p-p^+$  при  $T=300\text{K}$  и  $=0 \text{ мВт/см}^2$ .

Выбор  $Al_{80}Ni_{20}$  обусловлен тем, что пленки металлических сплавов с аморфной структурой обладает рядом уникальных свойств. Так, в релаксированных аморфно металлических сплавах нет границ зерен, дислокаций, свойственных кристаллическому состоянию, структура более гомогенна, диффузия по вакансиям сильно замедлена. При этом, конечно, выбран сплав, температура кристаллизации которого выше технологической температуры формирования солнечной батареи. Так, в случае термоотжига при температуре 473 К и выше  $Al_{80}Ni_{20}$  пленки из аморфного состояния переходят в поликристаллическое [3].

Характерным свойством аморфных металлических сплавов АМС является также относительная технологическая простота воспроизводства каких-либо геометрических конфигураций на больших площадях, что при производстве солнечных батарей играет немаловажную роль.

Таким образом, применение (АМС) в солнечной энергетике позволяет, во-первых, снизить стоимость солнечных батарей, что очень актуально в настоящее время, во-вторых, повысить стабильность и надежность СЭ и в-третьих, получить солнечные батареи большой площадью и необходимой конфигурации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аскеров Ш.Г., Агаев М.Н., Гасанов М.Г., Оруджов В.А., Гусейнов Н.А. Известия Академии Наук Азербайджана, 2003, т.23, №5, с.66-69.
2. Аскеров Ш.Г., Пашаев И.Г., Асланов Ш.С. Современные проблемы неорганической и физической химии, научная конф., 1997, с. 179-181.
3. Аскеров Ш.Г. Автореферат докторской диссертации, Баку: 1992, с.41
4. Заяц Н.С., Бойко В.Г., Генцарь П.А., Литвин О.С., Пагуша В.П., Сопинский Н.В. Физика и техника полупроводников, 2008, т. 42, в.2, с.207 – 211.
5. Гольдберг Ю.А. ФТП, 1994, т.28, в.10, с.1681-1698.
6. Олемской А.И., Торопов Е.А. ФММ, 1991, № 9, с.5-29.

#### $\alpha$ - Al – Ni XƏLİTƏSİNİN SİLİSİUM GÜNƏŞ ELEMENTLƏRİNDƏ OMİK KONTAKT KİMİ TƏTBİQİ

Ş.Q.ƏSGƏROV, M.N.AĞAYEV, İ.G.PAŞAYEV,  
R.F.MƏHDİYEV, M.H.HƏSƏNOV

#### XÜLASƏ

Amorf metal  $Al_{80}Ni_{20}$  xəlîtəsi ilə metallaşmış p – n keçidi əsasında Günəş elementləri (GE) tədqiq olunmuşdur. Amorf metallik xəlîtələrin tətbiqi Günəş batareyalarının maya dəyərini aşağı salır, onların etibarlılığını və stabilliyini artırır, böyük sahəli və zəruri konfigurasiyalı Günəş elementlərinin alınmasına imkan yaradır. Səthdən qayıdarkən enerji itkisini azaltmaq məqsədi ilə şəffaf örtüklərdən istifadə olunmuşdur.

#### USE OF $\alpha$ - Al – Ni AS OPTIC CONTACT IN SILISIUM – SOLAR ELEMENTS

Sh.Q.ASKEROV, M.N.AGHAYEV, I.Q.PASHAYEV,  
R.F.MEHDIYEV, M.H.HASANOV

#### SUMMARY

Solar cells (SC) on the basis of p – n of junction with metallization from amorphous metal alloy  $Al_{80}Ni_{20}$  are investigated. The usage of amorphous metal alloys leads to reduce costs of solar elements, to increase stability and reliability of solar cells, and lance fabricate solar elements with large surfaces and required configurations. The transparent covers have been used to reduce the energy losses at reflectance from the surface.