

УДК 621.315.592

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАДЕЖНЫХ КРЕМНИЕВЫХ
ФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С ПРОДОЛЖИТЕЛЬНЫМ
СРОКОМ СЛУЖБЫ****Р.Ф.МЕХТИЕВ, В.Г.САФАРОВ, М.Н.АГАЕВ, М.Г.ГАСАНОВ***Бакинский Государственный Университет
agayevm50@mail.ru*

Предложено использование аморфно металлического сплава $Al_{80}Ni_{20}$ в качестве омического контакта и токособирающей дорожки к кремниевому фотопреобразователю (ФП) на основе $p-n$ перехода. Описана технология получения кремниевых фоточувствительных структур и нанесения пленки с аморфной структурой. Приведены данные рентген структурного анализа подтверждающего аморфность металлического сплава $Al_{80}Ni_{20}$. Определены основные параметры ФП сразу после получения.

Ключевые слова: фотоэлектрические преобразователи, аморфная металлическая пленка.

Приоритетной задачей, стоящей перед современной фотоэнергетической является снижение себестоимости преобразованной солнечной энергии. Этого можно достигнуть совершенствованием технологии их изготовления, использованием более дешевых и новых материалов, повышением надежности и увеличением срока службы фотопреобразователей. [1]

Для повышения надежности фотопреобразователя, необходимо изучить причины приводящие к деградации и использовать различные методы для ее предотвращения.

Обоснование применяемого материала. Причиной широкого распространения Al в качестве омического контакта в микроэлектронике являются: малые значения сопротивления R_k получаемые для контактов Al/p-Si, хорошая теплопроводность, низкая стоимость материала.

Однако применение поликристаллического Al в солнечной энергетике имеет ряд недостатков. Во – первых, Al не удобный металл для дальнейшей сборки фотопреобразователи в солнечную батарею, так как ему можно сделать контакт только сваркой или термокомпрессией. В

связи с этим, поверх Al приходится наносить другие металлы, к примеру, Ag. Во – вторых, сопротивление R_k контактов Al/p-Si растет с повышением температуры, следовательно, при работе на повышенном уровне освещенности такой омический контакт не пригоден [2].

Существует еще одна причина отказа от использования поликристаллического Al в качестве омических контактов.

Как известно одной из причин деградации полупроводниковых приборов является миграция атомов материала омического контакта в полупроводник [2,3]. В поликристаллическом металле транспортными путями для мигрирующих атомов являются границы зерен и различные дефекты (дислокации, вакансии и др.) Для предотвращения миграции атомов перспективно использование релаксированных аморфно металлических сплавов, в которых нет ни границ зерен, ни дислокаций, свойственных кристаллическому состоянию, структура гомогенна и как следствие диффузия сильно замедлена [4].

В работе исследована возможность применения металлической пленки $Al_{80}Ni_{20}$ с аморфной структурой в качестве омического контакта и токособирающей дорожки при изготовлении солнечных батарей [5], характерным свойством , которого также является относительная технологическая простота лужения в проведении сборочных процессов, что при производстве солнечных батарей играет немаловажную роль, так как исключает использование таких дорогих металлов, как золото, серебро и т.д. Структура изготовленного ФП представлена на рис.1 .

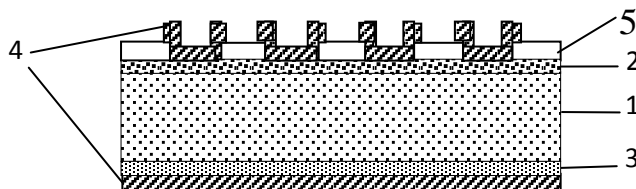


Рис.1. Готовый образец солнечного элемента Al - Ni/Si-n+-p-p+.

1- p-Si КДБ10 ($N_A=1 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$)

2 - n⁺-Si : P ($N_D=1 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$)

3 - p⁺-Si ($N_A=1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$)

4 - Омический контакт из аморфного металлического сплава $Al_{80}Ni_{20}$

5 - Просветляющее покрытие (ФСС) фторосиликатное стекло

Технология получения фотопреобразователей. Для получения мелких диффузионных n⁺ и p⁺ областей использовалась серийная установка ДОМ – 3 . Температура рабочей зоны реактора составляла 950° С, в качестве технологических газов использовались N₂? O₂. Источником фосфора являлся PCl₃. В качестве подложек применялись пластины монокристаллического кремния типа КДБ – 10 (111) толщиной 280 мкм.

Значение удельного сопротивления подложки составили в среднем 9 Ом·см: соответствующая величина концентрации примеси составляет примерно $1 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$. Процесс получения фотопреобразователя до нанесения омического контакта можно представить следующими основными технологическими операциями: 1. Химическая обработка (перекись аммиачных растворов). 2. Окисление ($T = 1050^\circ \text{C}$, O_2 , N_2 , $\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}$). 3. Удаление SiO_2 с тыльной стороны ($\text{H}_2\text{O} : \text{HF}$). 4. Химическая обработка (перекись аммиачных растворов). 5. Диффузия бора (BBr_3). 6. Удаление SiO_2 с фронтальной стороны ($\text{H}_2\text{O} : \text{HF}$), 7. Химическая обработка (перекись аммиачных растворов), 8. Диффузия фосфора (PCl_3). До металлизации фоточувствительные структуры разделили на три группы. Затем, на первую группу структур напылили пленку поликристаллического Al. На вторую группу структур напылили пленку поликристаллического Ni. На третью группу структур напылили пленку аморфно металлического сплава $\text{Al}_{80}\text{Ni}_{20}$. Процесс создания металлизации к структурам имеет ряд последовательных технологических циклов: 1. Фотолитография (вскрытия окон на фронтальной стороне). 2. Химическая обработка (перекись аммиачных растворов). 3. Нанесение металлической пленки на фронтальную сторону. 4. Фотолитография по металлу. 5. Нанесение металлической пленки на тыльную сторону. 6. Скрайбирование.

В конечном итоге на фронтальной стороне структуры мы получали рисунок с одинаковым шагом, а с тыловой стороны сплошной металлический контакт.

На изготовленных структурах определялись: • тип проводимости диффузионного слоя, • толщина области n^+ (d_n); • удельное поверхностное сопротивление подложек ($R_{s \text{ пл}}$) и диффузионных слоев ($R_{s \text{ дс}}$); • объемное удельное сопротивление подложек ($\rho_{v \text{ пл}}$) и диффузионных слоев ($\rho_{v \text{ дс}}$); • концентрация примеси (N); • ток короткого замыкания ($I_{\text{кз}}$) и напряжение холостого хода ($U_{\text{хх}}$).

Значения d_{p-n} определялось методом сферического шлифа в нескольких «точках» структуры по границе раздела с помощью микроскопа.

Измерение $R_{s \text{ пл}}$ и $R_{s \text{ дс}}$ проводилось 4 – х зондовым методом [5]. Величины $\rho_{v \text{ пл}}$ и $\rho_{v \text{ дс}}$ рассчитывались по формуле: $\rho_{v \text{ дс}} = R_s d$, где d – толщина подложки или диффузионного слоя.

Величина N определялась по экспериментально измеренным зависимостям удельного сопротивления от концентрации примеси в кремнии n – типа при легировании фосфором [6].

Величина $I_{\text{кз}}$ и $U_{\text{хх}}$ определялись из нагрузочной вольтамперной характеристики.

Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры	$I_{кз}$	U_{xx}	$R_{s p+}$	$R_{s n+}$	ρ_v	$\rho_{v n+}$
Структуры	mA	V	Om .cm	Om .cm	ρ_{p+} $\mu .cm$	$\rho_{v n+}$ $\mu .cm$
I группа (Al)	22	5,2	140	40	700	2,8
II группа (Ni)	19,5	4,9	140	40	700	7,3
III группа (Al ₈₀ Ni ₂₀)	22,1	5,1	140	40	700	12

Метод получения аморфной металлической пленки. Для напыления пленки аморфного сплава Al – Ni была использована промышленная установка « ОРАТОРИЯ - 9» позволяющая получать пленки методом электроннолучевого испарения в вакууме. Условия испарения выбирались таким образом, чтобы состав пленки соответствовал сплаву Al₈₀Ni₂₀. В таблице 2 указаны условия, при которых удалось получить нужное концентрационное соотношение.

Таблица 2

Рабочий вакуум	$P=5 \cdot 10^{-5}$ мм.рт.ст.
Температура подложки	$T=250^{\circ}C$
Ток испарения, Al	$I_{AL}=12$ мкА
Ток испарения, Ni	$I_{Ni}=2,2$ мкА
Время испарения	$T=300$ сек.
Толщина пленки	$d_{AlNi}=0,5$ мкм

Структурный анализ пленок Al, Ti, Al₈₀Ni₂₀. Для выявления структуры металлических пленок после нанесения, был проведен рентген структурный анализ на дифрактометр Дрон – 2. На рис 2 представлены рентген дифракционные картины, полученные для чистой пленки Al, Ti и Al₈₀Ni₂₀. Первичный пучок (λ – длина волны, $\lambda = 1,54$ ангстрем) монохроматизировали кристаллом пирографита. Как видно из рентгенограмм, для пленки алюминия и никеля наблюдаются интерференционные максимумы (рис.2 а, б), характерные для поликристаллических пленок чистых металлов. В случае Al₈₀Ni₂₀ интерференционные максимумы сильно сглажены, что свидетельствует об аморфности пленки (рис.2с). Для подтверждения этого вывода были проведены также электронно – микроскопические исследования [7].

Заключение. Кремниевый фотопреобразователь на p – n переходе с омическим контактом Al₈₀Ni₂₀, изготовленный в 1987 году, после 25 летней эксплуатации уменьшает свою эффективность менее чем на 12%.

Данный факт свидетельствуют о надежности и продолжительном сроке службы солнечной батарей.

Таким образом, можно сделать заключение, что использование $\text{Al}_{80}\text{Ni}_{20}$, во-первых, повысит стабильность и надежность солнечных батарей и во-вторых, понизит себестоимость преобразуемой солнечной энергии.

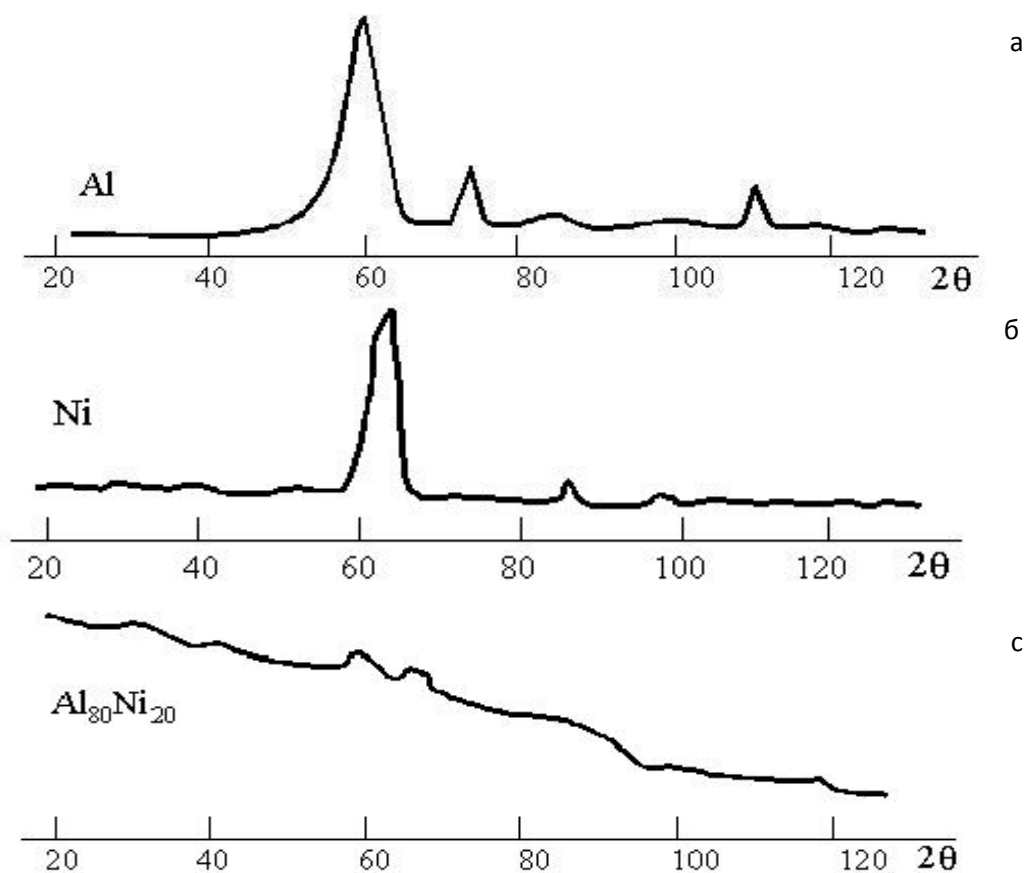


Рис. 2.3. Рентген структурный анализ пленок а - Al, б - Ni и с - $\text{Al}_{80}\text{Ni}_{20}$

ЛИТЕРАТУРА

1. Августин В.Л., Белоусов Т.Н. Современное состояние фотопреобразования энергии с использованием кремниевых солнечных элементов / Оптоэлектроника и полупроводниковая техника, 1995, в.30, с.120 – 154.
2. Стриха В.И., Кильчицкая С.С. Солнечные элементы на основе контакта металл – полупроводник, 1992
3. Заявлин В.Р. Температурная деградация солнечной фотоэлектрической батареи / Гелиотехника, 1999, №5, с. 3-17.
4. Золотухин И.В., Калинин Ю.Е. Аморфные металлические сплавы / УФН, 1990, т.160, №9, с.75-100.
5. Аскеров Ш.Г., Агаев М.Н., Гасанов М.Г., Оруджов В.А., Гусейнов Н.А. Солнечные элементы на основе р – n перехода из р – Si металлизацией из аморфного металли-

ческого сплава $Al_{80}Ni_{20}$ / Известия Академии Наук Азербайджана, 2003, т. XXIII, №5(II), с. 66-69.

6. Л.П.Павлов, Методы определения основных параметров полупроводниковых материалов, М.: Высшая школа, 1975.
7. Ш.Г.Аскеров, И.Г.Пашаев, Ш.С.Асланов, Современные проблемы неорганической и физической химии, науч. Конф. 1997, с. 179 – 181.

UZUN XİDMƏT MÜDDƏTLİ, ETİBARLI, SİLİSİUM ƏSASINDA FOTOÇEVİRİCİLƏRİN HAZIRLANMA TEXNOLOGİYASI

R.F.MEHDIYEV, V.Q.SƏFƏROV, M.N.AĞAYEV, M.Q.HƏSƏNOV

XÜLASƏ

$Al_{80}Ni_{20}$ amorf metallik xəlitəsinin p – n keçidi əsasında olan silisium fotoceviricilərində omik kontakt və cərəyan daşıyan yollar kimi istifadəsi təklif edilmişdir. Silisium aotohəssas strukturların alınması və amorf strukturlu təbəqənin gərilməsi texnologiyası təsvir edilmişdir. $Al_{80}Ni_{20}$ metallik xəlitəsinin amorf luğunu təsdiq edən rentgen struktur təhlili aparılmışdır. Fotoceviricilərin əsas parametrləri təyin edilmişdir.

Açar sözlər: fotoelektrik cevirici , amorf metal təbəqə

THE TECHNOLOGY OF OBTAINING OF THE RELIABLE SILICON PHOTOTRANSFORMERS WITH THE LONG SERVING DURATION

R.F.MEHDIYEV, V.G.SAFAROV, M.N.AGHAYEV, M.G.HASANOV

SUMMARY

We offer to use an amorphous alloy $Al_{80} Ni_{20}$ as ohmic contact and currentcollecting tracks to silicon photoconverters (PC) based on p-n junctions. Technological processer for the production of silicon photosensitive structures and film coatings with an amorphous structure are described. The data of the X-ray structure analysis of the metal alloy $Al_{80} Ni_{20}$ confirming amorpism were obtained. The key PC parameters are determined.

Key words: amorphous metallic film, phototransformers

Поступила в редакцию: 08.05.2013 г.

Подписано к печати: 24.05.2013 г.