

У статті описана методика нанесення малюнка нікелевій металізації на поверхню кремнієвих ФЭП з використанням електролітів різного складу. Запропоновано низькотемпературний електроліт, використання якого дозволяє отримувати нікелеву металізацію високої якості

Ключові слова: фотоелектричні перетворювачі, нікелева металізація, низькотемпературні електроліти

В статье описана методика нанесения рисунка никелевой металлизации на поверхность кремниевых ФЭП с использованием электролитов различного состава. Предложен низкотемпературный электролит, использование которого позволяет получать никелевую металлизацию высокого качества

Ключевые слова: фотоэлектрические преобразователи, никелевая металлизация, низкотемпературные электролиты

Article describes the technique of application of nickel metal coating at surface of silicone photovoltaic cells with use of different electrolyte. Possibility for application of low temperature electrolyte technology is shown

Keywords: photoelectric cell, nickel metallization, low temperature electrolyte

ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ НИКЕЛЕВОЙ ЛИЦЕВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ФЭП ИЗ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ НИКЕЛИРОВАНИЯ

Ю. В. Попадинец
Технический директор*
Контактный тел. 050-414-00-91
E-mail: popadynetsyv@gmail.com

Д. А. Сидоров
Научный сотрудник
*ООО «ПиВи»
ул. Алексия, 10, г. Свалява, Украина, 89300
Контактный тел. 066-159-94-40
E-mail: siddmitryi@gmail.com

Введение

Значительное улучшение эффективности кремниевых солнечных элементов может быть достигнуто только путем формирования пассивирующего слоя на верхней стороне [1]. Основной задачей пассивирующего слоя является выдерживать высокие пиковые температуры, необходимые для нанесения лицевого контакта методом трафаретной печати и обеспечения низкоомности контакта с кремниевой пластиной [1]. В настоящее время выполняются исследования для достижения данной цели [2, 3]. Металлизация лицевой стороны, которая не требует высокотемпературного этапа, позволяет использовать существующие концепции пассивации независимо от ее термостабильности (как для Si так и для других PECVD слоев) [1,3,4].

В данной статье представлен процесс металлизации, который не требует отжига, или позволяет проводить отжиг при температурах не более 400°C. Данный процесс основан на процессе нанесения защитной маски методом термопереноса, офсетной печати и фотолитографии для нанесения тонких дорожек химического никеля с низким сопротивлением контакта к кремниевой пластине, пассивированной по стандартной промышленной технологии.

Технология нанесения лицевого контакта оценивалась независимо от тыльного контакта кремниевой пластины. Для нанесения тыльного контакта была использована стандартная технология напыления алюминия.

Никель является сильным кандидатом для формирования лицевых контактов, благодаря своим физическим свойствам и способности к избирательному нанесению на кремний [5].

Химическое никелирование заключается в селективном осаждении металла на поверхности катализатора путем погружения в электролит. Процесс основан на химическом восстановлении никеля на поверхности чистого кремния, выступающего в роли катализатора. В качестве химического восстановителя используется гипофосфита натрия - $\text{NaH}_2\text{PO}_2\text{O}$. В результате химического взаимодействия, на каталитической для данной реакции поверхности кремния происходит осаждение металлического никеля.

Для осаждения нужно рисунка никелевых дорожек необходимо сформировать данный рисунок на поверхности кремниевой пластины, и удалить слой нитрида кремния (SiN_x) используемый как антибликовое защитное покрытие, с покрываемых никелем участков. Для реализации данной задачи применяют различные

методики, такие как лазерная абляция [6], лазерная химической обработки (ЛХО) [7], травильные пасты [8], струйная печать рисунка [9] и т.д.

В данной работе приведены результаты исследований процесса химического нанесения никеля. Показана возможность низкотемпературного – 35-40°C, нанесения никелевого покрытия на кремниевую пластину, что позволяет снизить как энергетические затраты, так и сделать процесс никелирования более безопасным.

Эксперимент

Процесс нанесения никеля включает в себя три основных этапа (рис. 1): нанесение защитной маски, формирующей рисунок никелевого покрытия; удаление с открытых участков SiN_x ; нанесение никеля на открытые участки кремния.

В качестве защитной маски, формирующей рисунок никелевого покрытия, использовали фоторезист Elpremer SD 2054.

Для удаления слоя SiN_x проводилось травление в плавиковой кислоте (HF).

Нанесение никеля производилось из раствора химического никелирования состава: 20-25 г/л $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 15-20 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 15-25 г/л NaH_2PO_2 . pH раствора регулируется до 8,5-9 добавлением 20% раствора аммиака.

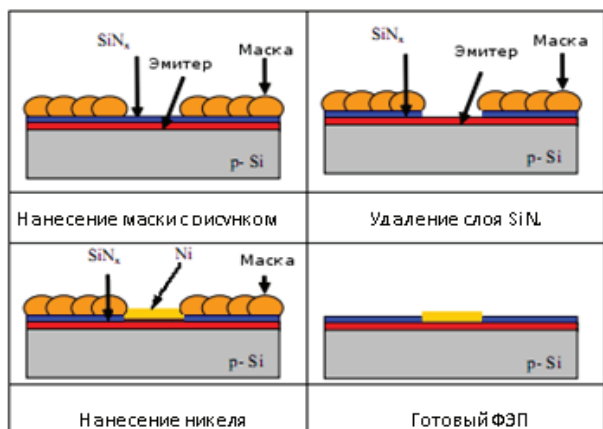


Рис. 1. Этапы нанесения никелевых тоководов.

Результаты и обсуждения

Одним из ключевых этапов химического нанесения никеля является удаления слоя SiN_x . Качество удаления слоя нитрида кремния определяет как скорость роста никелевого покрытия, так и сохраняемость – адгезию, переходное сопротивление никель-кремний, во время эксплуатации. При травлении пластин в HF в течении 10-12 минут (рис. 2а) слой SiN_x полностью удаляется. Однако такой режим удаления приводит к подтравливанию рисунка и утолщению дорожек. В связи с этим мы провели отработку травления при повышенной температуре. Травление пластин в 20% HF при 50-55°C позволило провести удаление SiN_x в течении 1,5-2мин (рис 2б). Такой режим дал возмож-

ность получить пластины с никелевыми дорожками заданной толщины, с более высокой точностью и воспроизводимостью, и значительно сократить время обработки.

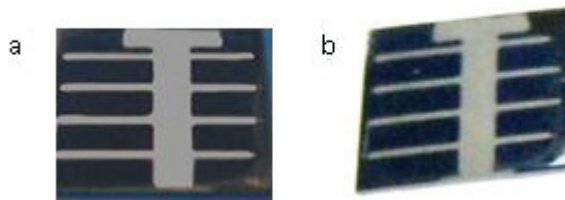


Рис. 2. Никелевое покрытие на образцах: а) протравленных в HF при 20°C в течении 10мин; б) протравленных в HF при 50°C в течении 1,5 мин

Наиболее важными характеристиками получаемых никелевых покрытий для ФЭП производства является низкое контактное сопротивление и длительная сохраняемость в процессе эксплуатации. При классической методике никелирования температура раствора поддерживается на уровне 85-90°C. Такие покрытия имеют высокие внутренние напряженности. Кроме того, различны коэффициент термического расширения для кремния и никеля приводит к образованию механических напряженностей на границе раздела никель-кремний, что значительно снижает время эксплуатации ФЭП и может приводить к ухудшению его характеристик в процессе эксплуатации – старению. Для решения данной проблемы мы провели отработку низкотемпературного режима никелирования.

Для отработки режима проведены следующие эксперименты:

а) нанесение никеля по классической высокотемпературной технологии из электролита 20-25 г/л $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 15-20 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 15-25 г/л NaH_2PO_2 . pH раствора регулируется до 8,5-9 добавлением 20% раствора аммиака. Температура нанесения 85-90°C. Время роста покрытия – 5-6 мин. Полученные образцы имеют высокое качество покрытия (рис 3а) и электрические показатели (табл 1). В тоже время на некоторых образцах через неделю проявилось частичное отслаивание никеля;

б) нанесение никеля из электролита того же состава 20-25 г/л $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 15-20 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 15-25 г/л NaH_2PO_2 . pH раствора регулируется до 8,5-9 добавлением 20% раствора аммиака. Процесс проводили при температуре 30-35°C. Для данных образцов процесс роста никеля был значительно замедлен – 20-25 мин. Полученные образцы по электрическим характеристикам (табл. 1) мало отличаются от образцов, полученных в эксперименте а. Однако, следует отметить, что данные образцы имели отдельные непокрытые (рис. 3б) участки. Тем не менее сохраняемость образцов улучшилась – отслоение никеля не наблюдается;

в) в третьем эксперименте проведено осаждение никеля из электролита с концентрацией восстановителя в три раза большей, чем в экспериментах а) и б). 20-25 г/л $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 15-20 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 60-65 г/л

NaH₂PO₂. pH раствора регулируется до 8,5-9 добавлением 20% раствора аммиака. Процесс проводили при температуре 30-35°C. Для данных образцов время роста никеля составило 5-6 мин, как и для образцов эксперимента а). По качеству (рис 3в) и электрическим характеристикам полученные образцы не уступают образцам эксперимента а). Для подтверждения качества полученного покрытия сделан СЭМ снимок образца (рис. 3). Видно, что полученное никелевое покрытие сплошное и не имеет дефектов. Адгезия покрытия к кремнию отличная и не ухудшается с течением времени.

Зависимость характеристик ФЭП от технологии нанесения никеля

№ Эксперимента	Эксперимент а)			Эксперимент б)			Эксперимент в)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
OCV, В	0,535	0,534	0,534	0,525	0,526	0,525	0,537	0,535	0,537
Икз, мА/см ²	45	47	48	38	42	35	48	48	49
Фактор заполнения	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

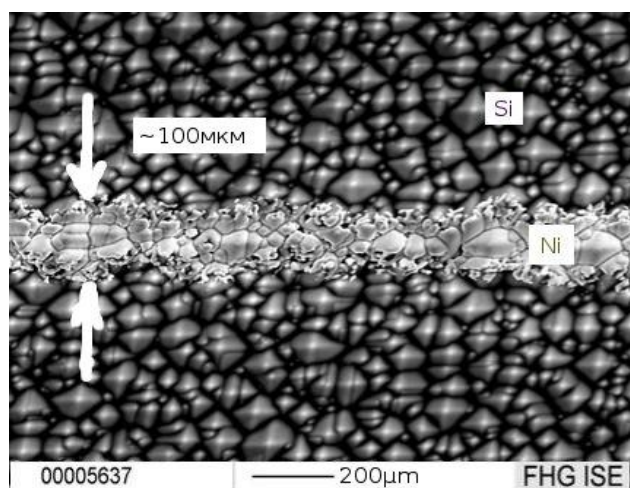


Рис. 3. СЭМ снимок образца, полученного в процессе низкотемпературного никелирования.

Выводы

В данной статье описана методика низкотемпературного химического никелирования для формирования рисунка лицевого контакта ФЭП. Такая методика имеет ряд преимуществ над классической высокотемпературной (85-90°C) – снижается вероятность скола покрытия за счет разницы в КТР материалов, уменьшается себестоимость технологического процесса в виду снижения энергозатрат на разогрев электролита никелирования. Полученные образцы имеют электрические характеристики, не уступающие образцам, полученным по классической технологии. Кроме того полученные образцы показали большую временную стабильность – скол покрытия для данных образцов не произошел даже на отдельных участка.

Таким образом, разработанная нами низкотемпературная технология является перспективной для нанесения лицевого контакта ФЭП и может позволить значительно улучшить характеристики изделий.

Литература

1. Glunz W., Comparison of different dielectric passivation layers for application in industrially feasible high-efficiency crystalline silicon solar cells / W. Glunz, A. Grohe, M. Hermle et al. // 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference 2005. Proceedings: Barcelona, 6-10 June 2005. München / WIP-Renewable Energies, 2005, pp. 572-577.
2. Gautero L., Characterisation of Aluminium screen-printed local contacts / L. Gautero, F.S. Grasso, J. Rentsch, R. Lanzafame // Proceedings of the 2nd Workshop on Metallization for Crystalline Silicon Solar Cells, Konstanz, 2010. p. 15 - 21,
3. Hofmann M., PECVD-ONO: A New Deposited Firing Stable Rear Surface Passivation Layer System for Crystalline Silicon Solar Cells / M. Hofmann, S. Kambor, C. Schmidt et al. // Advances in OptoElectronics. – 2008. – Vol. 18. – P.10.
4. Schaper M., 20.1 %-efficient crystalline silicon solar cell with amorphous silicon rear-surface passivation / M. Schaper, J. Schmidt, H. Plagwitz, R. Brendel // Progress in Photovoltaics Research and Applications. – 2005. – Vol. 13. – P. 381 – 386.
5. Coleman M.G., Nickel silicide contact for silicon solar cells /M.G. Coleman, W.L. Bailey, R.A. Pryor // Photovoltaic Specialists Conference, 13th, Washington, D.C., June 5-8, 1978 / Conference Record. (A79-40881 17-44) New York, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 1978, p. 597-602
6. Knorz A., Selective laser ablation of SiNx layers on textured surfaces for low temperature front side metallizations / A. Knorz, M. Peters, A. Grohe et al. // Progress in Photovoltaics: Research and Applications, Volume 17, Issue 2, pages 127–136, 2009.
7. D. Kray, Industrial LCP selective emitter solar cells with plated contacts / D. Kray, N. Bay, G. Cimiotti et al. // 33-th IEEE Photovoltaics Specialists Conference, San Diego (2008) / RENA GmbH, Gu tenbach, Germany, pp. 667 – 671.
8. Baehr M., A new approach for the front side metallization of industrial type silicon solar cells using a structurization by etching / M Bähr, S Kim, S Sridharan. // Presented at the 22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference, September 3-9, 2007, Milan, Italy.
9. Fallisch A., Inkjet Structured EWT Silicon Solar Cells with Evaporated Aluminum Metallization and Laser-Fired Contacts for solar cell production / A. Fallisch, D. Stüwe, R. Neubauer et al. // Presented at the 35th IEEE PVSC, June 25, 2010, Honolulu, Hawaii, USA.