

Влияние различных обработок на свойства диодов Шоттки

© И.Г. Пашаев[†]

Бакинский государственный университет,
AZ-1148 Баку, Азербайджан

(Получена 8 ноября 2011 г. Принята к печати 21 ноября 2011 г.)

Изучена причина появления избыточного тока вблизи температуры кристаллизации аморфного металлического сплава PbSb и одновременно объяснено влияние ультразвуковой обработки на свойства кремниевых солнечных элементов на основе диодов Шоттки с аморфным металлическим сплавом $(a\text{-PbSb})\text{-}n\text{-Si}$. Установлено, что появление избыточного тока в диодах Шоттки $(a\text{-PbSb})\text{-}n\text{-Si}$ под действием термического отжига связано с изменениями структуры аморфной пленки металла при переходе в поликристаллическое состояние. Влияние ультразвуковой обработки на фотоэлектрические свойства солнечных элементов зависит от выбранного режима обработки.

1. Введение

В литературе, посвященной физике и технологии контакта металл–полупроводник, интенсивно изучается роль процессов, происходящих в контакте, и считается, что все эти процессы связаны с полупроводником. Ролью металла в большинстве случаев пренебрегают. Роль металла и его кристаллической структуры практически не рассмотрена. Чтобы идентифицировать роль металла, были изучены свойства диодов Шоттки [1–3] в зависимости от структуры и размера области металлического контакта. Также были исследованы главные параметры диодов Шоттки, такие как плотность тока насыщения, высота барьера, напряжение пробоя, коэффициент неидеальности и др., в зависимости от размера области контакта и толщины металлической пленки. В последние годы XX столетия возрос интерес к диодам Шоттки (ДШ), изготовленным с применением пленок металлов и металлических сплавов с аморфной структурой [4–6]. Причиной такого интереса является то, что применение пленок металлов с аморфной структурой позволяет изготовить ДШ с важными для прикладных целей свойствами. Преимущество применения аморфных металлов заключается еще в том, что из-за отсутствия зернистой структуры и границ зерен в аморфных пленках должна формироваться более однородная граница раздела (ГР) и, как результат этого, ДШ должен обладать свойствами, близкими к свойствам идеального ДШ. Кроме того, имеются сообщения о том, что аморфные пленки металлов хорошо выполняют роль диффузионного и электрического барьеров в микроструктурах. Настоящая работа посвящена появлению избыточного тока в ДШ $(a\text{-PbSb})\text{-}n\text{-Si}$ вблизи температуры кристаллизации аморфного металлического сплава, и одновременно изучено влияние ультразвуковой обработки (УЗО) на свойства кремниевых солнечных элементов. В некоторых случаях под действием различных факторов при малых прямых напряжениях в ДШ появляется избыточный ток, вольт-амперная характеристика (ВАХ) деградирует [4]. В нашем эксперименте в ДШ $(a\text{-PbSb})\text{-}n\text{-Si}$ избыточный ток появляется вследствие отжига при температуре $\sim 180^\circ\text{C}$, как показано на

рис. 1. С изменением температуры происходят структурные изменения [6] в аморфных металлических пленках, которые проявляются при малых прямых напряжениях. В связи с этим интерес представляет исследование деградационных свойств (избыточные токи) под действием термического отжига и влияния ультразвукового воздействия на характеристики солнечных элементов на основе ДШ.

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 [7,8].

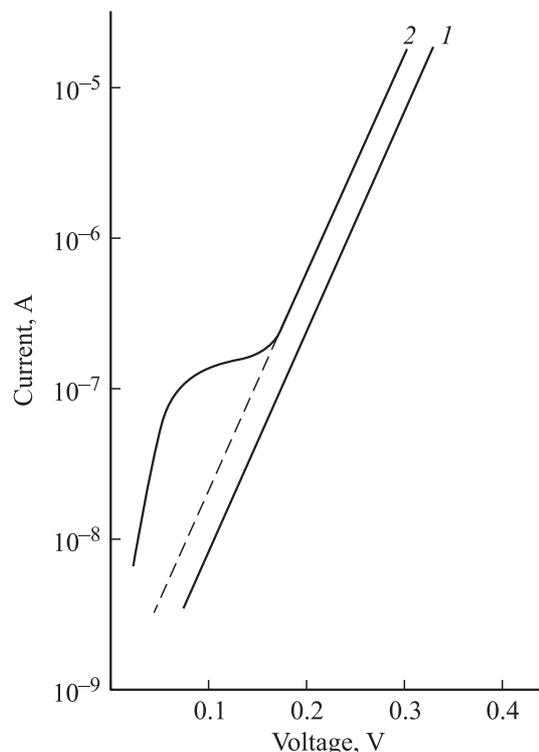


Рис. 1. ВАХ диодов Шоттки $(a\text{-PbSb})\text{-}n\text{-Si}$ до (1) и после (2) отжига при 180°C .

[†] E-mail: islampashayev@rambler.ru

Фотоэлектрические параметры образца PbSb–*n*-Si до и после ультразвуковой обработки при плотности мощности излучения 100 мВт/см² и температуре 300 К

Параметры	До обработки	После обработки		
		УЗО-1	УЗО-2	УЗО-3
I_{sc} , мА	28.60	24.87	25.56	22.00
U_{oc} , В	0.527	0.506	0.511	0.493
η , %	9.192	7.701	8.102	6.550
I_r , А	$9.5 \cdot 10^{-6}$	$4.6 \cdot 10^{-5}$	$4.3 \cdot 10^{-5}$	$1.4 \cdot 10^{-4}$
<i>A</i>	2.28	2.62	2.60	2.80

2. Эксперимент

Для изготовления ДШ использовали кремниевую пластину *n*-типа проводимости с ориентацией (111) и удельным сопротивлением 0.7 Ом · см. В общем случае матрица содержала 14 диодов, площади которых изменялись в интервале от 100 до 1400 мкм². В данном исследовании площадь контакта была равна 1400 мкм². Металлический сплав *a*-PbSb наносили методом электронно-лучевого испарения из двух источников. Сплав PbSb был выбран из тех соображений, что оба компонента широко применяются в микроэлектронике, а сам сплав высокотехнологичен. О возможности получения пленок этого сплава с аморфной структурой сообщалось в [6]. Скорости испарения компонентов выбирались таким образом, чтобы состав пленки соответствовал сплаву Pb₅₂Sb₄₈, поскольку в [6] сообщалось о склонности такого сплава к аморфизации.

Термический отжиг диодов проводился при различных температурах в течение одинакового времени $t = 10$ мин.

Структура пленки сплава до и после отжига контролировалась рентгенографическим методом. В таблице представлены характеристики исследуемых кремниевых СЭ (*a*-PbSb)–*n*-Si до и после УЗО при различных режимах. Как видно из таблицы, после УЗО-1 (плотность мощности $W = 0.5$ Вт/см², частота $f = 25$ МГц, время $t = 200$ мин) обратный ток образца увеличился на несколько порядков, что свидетельствует об ухудшении барьерных характеристик СЭ. Это связано с тем, что столь мощная акустическая волна приводит к возникновению новых и активации уже имеющихся дефектов. Следующий этап ультразвуковой обработки образца УЗО-2 ($W = 0.1$ Вт/см², $f = 25$ МГц, $t = 200$ мин) привел к незначительному уменьшению обратного тока. Это, по-видимому, свидетельствует об увеличении времени жизни и диффузионной длины неосновных носителей в базе СЭ. Последующий этап ультразвуковой обработки образца УЗО-3 ($W = 2$ Вт/см², $f = 25$ МГц, $t = 90$ мин) снова привел к увеличению обратного тока, однако в процессе УЗО с большой мощностью следует ожидать выхода из строя СЭ или по крайней мере увеличения обратного тока на несколько порядков.

3. Результаты и обсуждение

На рис. 1 представлены ВАХ ДШ (*a*-PbSb)–*n*-Si до и после отжига при температуре 180°С. Как видно, при малых прямых напряжениях после отжига появляется избыточный ток.

Известно, что аморфные пленки металла при определенных температурах изменяют структуру и переходят в поликристаллическое состояние [6]. Можно предположить, что появление избыточного тока в ДШ после отжига при температуре 180°С и выше связано именно с изменением структуры металлической пленки сплава. Действительно, исследование структуры металлической пленки Pb₅₂Sb₄₈ на установке ДРОН-2 показало, что до отжига пленка имеет аморфную структуру, а после отжига при температуре 180°С переходит в поликристаллическое состояние (рис. 2). Такой вывод позволяет сделать четко выраженная серия максимумов и минимумов, что говорит не только о правильном расположении ближайших атомов, но и о существовании дальнего порядка.

В таблице представлены определенные из экспериментов фотоэлектрические параметры: I_{sc} — ток короткого замыкания, U_{oc} — напряжение холостого хода, η — КПД, I_r — обратный ток, *A* — безразмерный коэффициент. Приведены значения этих параметров после каждого этапа ультразвуковой обработки образца. Таблица позволяет проследить, на какую величину изменяются фотоэлектрические параметры при подаче на образец ультразвуковой волны со строго заданной мощностью, частотой и в течение заданного времени. В исследуемом кремниевом СЭ происходит эффективное поглощение ультразвука в местах, содержащих несовершенства кристаллической решетки, представляющие собой точечные дефекты и их комплексы, а также кластерные образования и дислокации. В результате становятся возможными процессы перестройки точечных дефектов и их комплексов.

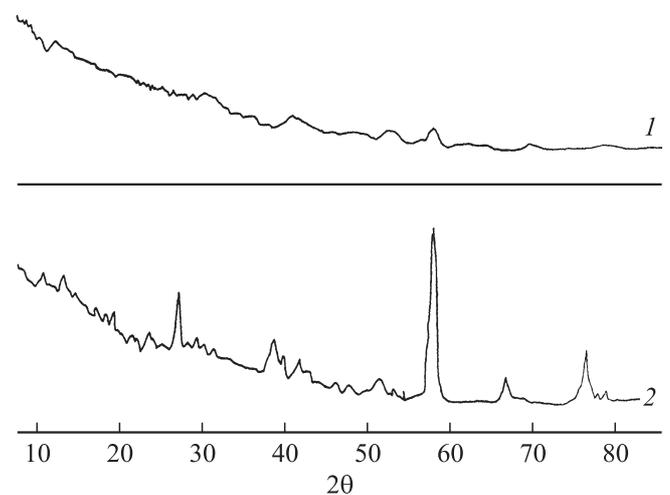


Рис. 2. Рентгеновские дифрактограммы металлических пленок *a*-PbSb до (1) и после (2) отжига при 180°С.

4. Заключение

С использованием рентгеноструктурного анализа выявлено, что пленки сплава $Pb_{52}Sb_{48}$ до отжига имеют аморфную структуру, появление избыточного тока в ДШ (a -PbSb)– n -Si после отжига при температуре $180^{\circ}C$ и выше связано с изменением свойств границы раздела металл–полупроводник. Приведенные экспериментальные данные показывают влияние УЗО на характеристики СЭ (a -PbSb)– n -Si и позволяют сделать вывод, что для улучшения фотоэлектрических параметров СЭ целесообразно использовать УЗО с мощностью $W \sim 0.1$ Вт/см².

Список литературы

- [1] А.Н. Гонтарук, Д.В. Корбутяк, Е.В. Корбут. Письма ЖТФ, **24** (15), 64 (1998).
- [2] И.Б. Ермолович, В.В. Миленин, Р.В. Конакова, И.В. Прокопенко, В.Л. Громашевский. Письма ЖТФ, **22** (6), 33 (1996).
- [3] Н.С. Заяц, В.Г. Бойко, П.А. Генцарь, О.С. Литвин, В.П. Папуша, Н.В. Сопинский. ФТП, **42** (2), 207 (2008).
- [4] В. Бродовой, С.Г. Бунчук, А.Н. Лукьянов. Письма ЖТФ, **36** (4), 8 (2010).
- [5] П.Н. Крылов. ФТП, **34** (3), 306 (2000).
- [6] К. Судзуки, Ф. Хасимов. *Аморфные металлы* (М., 1987).
- [7] И.В. Островский, Л.П. Стебленко, А.Б. Надточий. ФТП, **34** (3), 257 (2000).
- [8] П.Б. Парчинский, С.И. Власов, Л.Г. Лигай, О.Ю. Щукина. Письма ЖТФ, **29** (9), 83 (2003).

Редактор Л.В. Шаронова

Influence of various processings on diode Shottki properties

I.Q. Pashaev

Baku State University,
AZ-1148 Baku, Azerbaijan

Abstract In the work, the reason of excess current occurrence at the temperatures close to amorphous metal alloy PbSb crystallisation is studied. The influence of ultrasonic processings on the properties of solar chips on the base of Shottki diodes with metal alloy (a -PbSb)– n -Si is explained. It is determined that occurrence of excess current in (a -PbSb)– n -Si as a result of thermoannealing is connected with changes of structure of amorphous metal film at transition in polycrystalline state. Influence of ultrasonic treatment on photoelectric properties (a -PbSb)– n -Si solar chip depends on chosen processing regime.