

Влияние жидких диэлектриков на характеристики кремниевых солнечных элементов

© Ю.А. Абрамян, Г.Г. Карамян, А.А. Муродян, В.И. Стафеев*, В.И. Сераго*

Институт радиофизики и электроники Национальной академии наук Армении

* Институт проблем сенсорики АТН Российской Федерации, 117049 Москва, Россия

(Получена 3 августа 1998 г. Принята к печати 19 мая 1999 г.)

Приведены результаты исследований влияния на фотоэлектрические характеристики кремниевых солнечных элементов нанесенных на их поверхность тонких слоев жидких диэлектриков (глицерин, ацетон, изопропиловый спирт, бутанол, диоксан, деионизованная вода). Показано, что их наличие уменьшает прямые и обратные токи, существенно повышает токи короткого замыкания и напряжения холостого хода и значительно повышает КЭД (до 40–60%). Предложены возможные физические модели этого явления.

Влияние адсорбированных паров воды на фототок кремниевых фотоэлементов описано, по-видимому, впервые в [1]. Позднее в [2] было описано влияние адсорбированных молекул воды и ацетона на квантовый выход и время релаксации фототока. Авторы объяснили этот эффект изменением изгиба зон в приповерхностной области полупроводника.

Адсорбированные молекулы на поверхности кремния и германия создают дополнительный положительный заряд. Под влиянием этого заряда в поверхностном слое полупроводника возникает отрицательный заряд подвижных носителей. В кремнии *n*-типа проводимости он приведет к повышению поверхностной проводимости, а в кремнии *p*-типа — к возникновению слоя инверсной проводимости. Кроме изгиба зон адсорбированные молекулы могут привести и к изменению параметров уровней прилипания [3]. Возможно также формирование новых поверхностей состояний. Все эти эффекты будут влиять на скорость поверхностной рекомбинации и, следовательно, на фотоэлектрические характеристики. Особенно сильно это влияние скажется в солнечных элементах, так как *p-n*-переход в них расположен очень близко к поверхности.

Образцы и методика исследований

Для исследований использовались кремниевые солнечные элементы с общепринятой конфигурацией контактной сетки и с размерами чувствительных площадок 2, 4 и 20 см². Освещаемая поверхность до нанесения слоя диэлектрика не просветлялась. КПД в исходном состоянии 10–13%. Исследуемые образцы размещались на дне кюветы (рис. 1). Предварительно поверхность солнечных элементов (СЭ) тщательно очищалась протиркой тампоном, смоченным изопропиловым спиртом, обезжиривалась в кипящем толуоле и в его парах, промывалась сначала в холодной воде, а затем в горячей деионизованной воде. После этого образцы просушивались в термостате в течение 1–2 ч при температуре 150–200°С.

Измерение нагрузочных характеристик — тока короткого замыкания (*I*) и напряжения холостого хода (*U*) —

проводилось при различных плотностях солнечного излучения: диффузный рассеянный дневной свет и прямой солнечный свет ($W = 70\text{--}80\text{ мВт/см}^2$). После этих контрольных измерений в кювету заливалась исследуемая жидкость и вновь проводились измерения при тех же интенсивностях солнечной радиации.

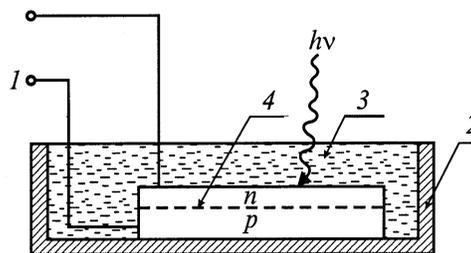


Рис. 1. Размещение СЭ в кювете: 1 — контактные выводы, 2 — кювета, 3 — глицерин, 4 — солнечный элемент.

Для исследований были выбраны жидкости с малой электропроводностью ($10^{-7}\text{--}10^{-8}\text{ Ом}^{-1}\cdot\text{см}^{-1}$): глицерин, ацетон, изопропиловый спирт, деионизованная вода, бутанол, диоксан. Качественно влияние всех упомянутых жидкостей было одинаково. Наибольшие изменения фоточувствительности наблюдались в ацетоне и глицерине. По этим причинам нами приводятся результаты исследований только в глицерине.

Экспериментальные результаты

На рис. 2 приведены вольт-амперные характеристики, измеренные в темноте при отсутствии и наличии на поверхности слоя глицерина. Наличие глицерина приводит к заметному уменьшению как прямого, так и обратного тока.

На рис. 3 приведены нагрузочные характеристики СЭ (*n-p*-типа) при наличии и отсутствии слоя глицерина при освещении прямым солнечным светом (солнце в зените, мощность $\sim 70\text{ Вт/см}^2$) и рассеянным светом в помещении. КПД при прямой засветке возрастает на

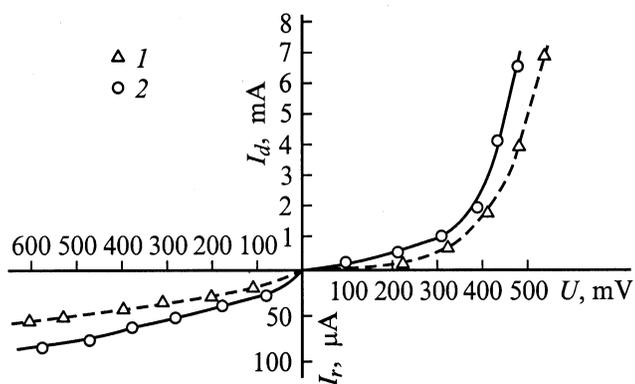


Рис. 2. Вольт-амперные характеристики СЭ в темноте: 1 — в отсутствие глицерина, 2 — в глицерине.

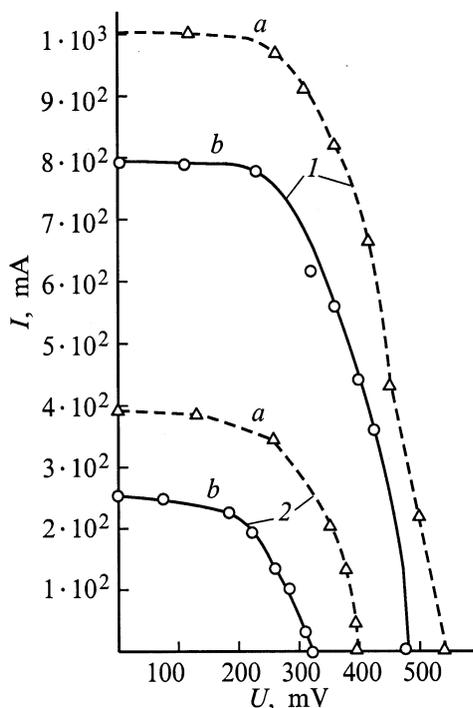


Рис. 3. Нагрузочные вольт-амперные характеристики СЭ при освещении: *a* — СЭ в глицерине, *b* — глицерин отсутствует, 1 — при прямом солнечном освещении, 2 — при диффузном солнечном освещении.

40–60% и достигло 18–20%. Коэффициент заполнения нагрузочной характеристики при изменении интенсивности освещения изменяется слабо. Относительные изменения тока короткого замыкания и напряжения холостого хода от уровня освещения зависят сублинейно.

Как правило, увеличение толщины жидкости до 5–6 мм приводит к росту кпд. Аналогичное влияние оказывает наложение на слой глицерина оптического стекла марки К8 или Ф1 толщиной 0.5–2 см. Наложение стекла без прослойки глицерина из-за отражения приводит к противоположному эффекту. Возрастание кпд сильно зависит

от качества обработки поверхности. Удаление обычным способом жидкости не возвращало ВАХ к исходным значениям. Оставшиеся на поверхности адсорбированные молекулы продолжали оказывать положительное влияние.

Измерение времени жизни неравновесных носителей показало, что оно также возрастает почти во столько же раз, во сколько возрастает фототок.

Заключение

Проведенные исследования показали, что основной причиной возрастания изменения вольт-амперных характеристик и фоточувствительности и, следовательно, кпд при адсорбции молекул является уменьшение скорости поверхностной рекомбинации и изменение приповерхностного изгиба зон. Вероятнее всего, это происходит вследствие увеличения изгиба зон у поверхности полупроводника. Определенную роль, безусловно, играет и просветляющее действие слоя жидкости. В пользу последнего предположения говорит зависимость эффекта от толщины слоя жидкости или покрывающего ее стекла. Предложенный метод улучшения свойств солнечных элементов защищен патентом республики Армения.

Список литературы

- [1] В.Г. Литовченко, В.И. Лященко. ФТТ, 5 (II), 3207 (1963).
- [2] В.И. Лященко, В.Г. Литовченко, И.И. Степко, В.И. Стриха, Л.В. Лященко. *Электронные явления на поверхности полупроводников* (Киев, Наук. думка, 1968).
- [3] В.Ф. Киселев. *Поверхностные явления в полупроводниках и диэлектриках* (М., Наука, 1970).

Редактор В.В. Чалдышев

The influence of liquid dielectrics on the efficiency of solar cells

Yu.A. Abramyan, G.G. Karamyan, A.A. Murodyan, V.I. Stafeev*, V.I. Serago*

Institute of Radiophysics and Electronics,
Armenian Academy of Sciences

* Institute for Problems of Sensor Electronics
Russian Academy of Technological Sciences,
117049 Moscow, Russia