

Ф. И. Кукоз, С. В. Кирсанов, В. В. Глебов

### О ВОЗМОЖНОСТИ УСИЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТОКА В ФОТОАКТИВНОМ ЭЛЕКТРОДЕ-ИНСТРУМЕНТЕ

*\*Южно-Российский Государственный технический университет (НПИ),*

*ул. Просвещения, 147, г. Новочеркасск, 346500, Ростовская область, Россия*

*\*\*Южно-Российский Государственный технический университет экономики и сервиса,*

*ул. Шевченко, 147, г. Шахты, 346500, Ростовская область, Россия*

На Третьей международной конференции "Новые пути фотоэлектрохимии" (Аспен Лодж, США, 11–14 мая 1997 г.) было отмечено, что фотоэлектрохимия полупроводников является одним из перспективных направлений электрохимии. Были созданы практически работающие устройства [1]. В частности, для решения задач электрохимической размерной обработки (ЭХРО) находят применение фотографические устройства с полупроводниковым светочувствительным слоем и электрохимической системой регистрации [2, 3]. Однако используемые для этой цели монокристаллические кремниевые ЭИ наряду с несомненными достоинствами обладают принципиальным недостатком, связанным с низкой величиной фототока. При освещенности  $P = 0,14 \text{ Вт/см}^2$ , соответствующей прямой солнечной освещенности Земли, технологическая плотность тока при ЭХРО не превышает  $20 \text{ мА/см}^2$ .

Для увеличения фоточувствительности необходимо использовать полупроводники с внутренним усилением фототока.

Анализ конструктивно-технологических и эксплуатационных показателей различных оптоэлектронных устройств, фотоэлектрических преобразователей и детекторов [4, 5] показывает, что широкое распространение получили фотоприемники на основе пленок полупроводниковых соединений  $A^IVB^VI$ , которые имеют высокий коэффициент внутреннего усиления фототока и являются наиболее перспективным и универсальным материалом для оптоэлектронных преобразователей.

Для целей настоящей работы были изготовлены слоистые оптоэлектронные устройства, в которых на промышленные стеклянные пластины с прозрачным проводящим электродом из диоксида олова (размер пластины  $20 \times 30 \text{ мм}$  с поверхностным сопротивлением  $450 \text{ Ом/м}^2$  и коэффициентом оптического пропускания в интервале длин волн  $400\text{--}750 \text{ нм}$  –  $90\%$ ), методом термодеструкции хелатных металлоорганических соединений [6] наносилась пленка сульфида кадмия. После осаждения пленка подвергалась активирующему отжигу в шихте  $\text{CdS}:\text{CuSO}_4:\text{CdCl}_2$  с массовыми долями ионов меди  $0,003$  и ионов хлора  $0,018$  при температуре  $450^\circ \text{C}$  в течение 1 часа. При формировании слоя CdS оставляли небольшую защищенную площадку для токоподвода.

Схема электрохимической ячейки для изучения технологических параметров фотоактивного ЭИ на основе структуры  $\text{CdS}/\text{SnO}_2$  представлена на рис. 1. Основные электрохимические параметры процесса и схема проведения эксперимента были такие же, как и для монокристаллического кремния [2, 3]. Отличие состояло в том, что максимальная освещенность нерабочей поверхности ЭИ была в несколько раз меньше и не превышала  $P=0,02 \text{ Вт/см}^2$ . Это было вызвано необходимостью уменьшения нагревания фоточувствительного слоя вследствие неэффективного фотопоглощения. Для кремниевых ЭИ прозрачная пленка из меди выполняла также функции теплоотвода. В рассматриваемом случае (рис. 1) фотопоглощающая поверхность сульфида кадмия граничит с диоксидом олова, кото-

рый, в свою очередь, граничит со стеклянной пластиной. Все эти материалы имеют очень низкую теплопроводность, что приводит к внутриобъемному нагреванию этой слоистой структуры.

Со стороны рабочей поверхности ЭИ теплоотвод осуществляется протекающим электролитом. По этой причине, несмотря на низкую плотность тока (менее  $1 \text{ А/см}^2$ ), его скорость составляла 5–10 м/с. Для неглубокого маркирования (1–2 мкм), при малой длительности процесса обработки (менее 1 с), величина технологического тока при соответствующей освещенности может быть существенно увеличена (до  $50 \text{ А/см}^2$  и более) [7], что позволяет использовать такие ЭИ для обработки больших поверхностей [8].

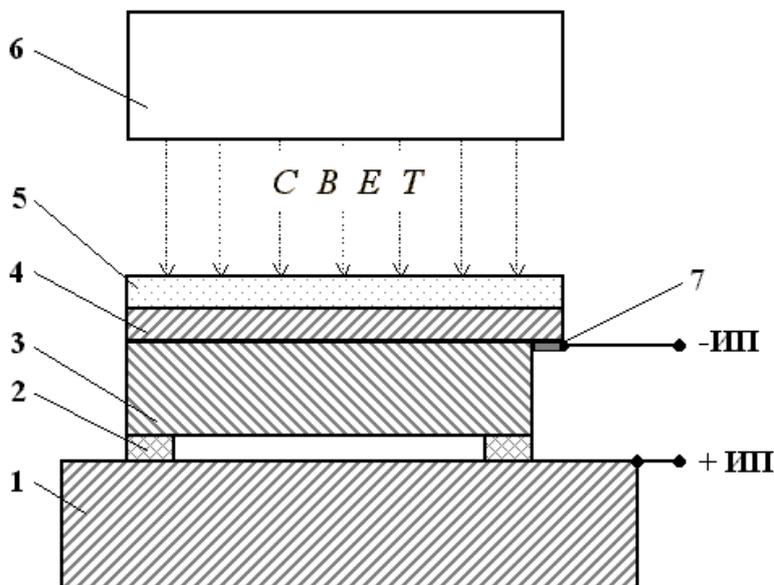


Рис. 1. Схема электрохимической ячейки с фотоактивным ЭИ на основе структуры  $\text{CdS/SnO}_2$ :  
 1 – обрабатываемая деталь; 2 – диэлектрическая прокладка; 3 – слой  $\text{CdS}$ ; 4 – слой  $\text{SnO}_2$ ;  
 5 – стеклянная пластина; 6 – блок формирования светового потока; 7 – токоподвод.

Проведенные эксперименты показали, что фоточувствительность по сравнению с кремниевыми ЭИ увеличилась в  $10^2$ – $10^3$  раз, разрешающая способность осталась прежней, но имела неравномерность по поверхности обрабатываемой пластины. Вероятно, это можно объяснить большим значением поверхностного сопротивления токоподводящей пленки, а также ее неоднородностью и плохими условиями для теплоотвода.

Разработанный ЭИ может быть использован для маркирования деталей, изготовления фирменных табличек, товарных знаков, плоских фигурных деталей, плат печатного монтажа, декоративной и другой продукции, где требуется неглубокая рельефная обработка токопроводящей поверхности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Плесков Ю.В. Третья международная конференция "Новые пути фотоэлектрохимии". (Аспен Лодж, США, 11–14 мая 1997 г.) // Электрохимия. 1997. Т.33. С. 1391–1392.
2. Кукоз Ф.И., Глебов В.В., Кирсанов С.В., Коноваленко В.В. Метод получения фотографического изображения с использованием полупроводникового электрода // Там же. 1996. Т. 32. С. 1144–1145.
3. Кукоз Ф.И., Глебов В.В., Кирсанов С.В., Коноваленко В.В. Способ электрохимического маркирования // Электронная обработка материалов. 1995. № 5–6. С. 102–103.
4. Грищенко М.А. Фотоприемные устройства и ПЗС. Обнаружение слабых оптических сигналов. М., 1992.
5. Physical Electrochemistry Principles, Methods, and Applications / Ed. by Rubinstein I. N.Y., Marcel Dekker, 1995.
6. Марченко А.Н., Свечников С.В., Смовж А.К. Полупроводниковые сенсорные потенциометрические элементы. М., 1988.
7. А.с. 1454594 СССР. МКИ 3 В 23Н 9/06. Устройство для электрохимического маркирования /

Н. Б. Балашев и др. Оpubл. в БИ. 1989. № 4.

8. Глебов В.В. О возможности стабилизации скорости анодного съема металла вдоль длины гидродинамического тракта // Тез. докл. Всероссийской научно-техн. конф. "Методы и средства измерений физических величин". В 10 частях: Часть 2. Нижний Новгород, 1998.

*Поступила 03.03.2000*

### **Summary**

The technology of making and designing the photo-active electrode-instrument, based on SnO<sub>2</sub>/CdS structure, is studied. The density of technological current is substantially higher than in silicic electrode-instruments.

---