

СЕЛЕКТИВНЫЕ ГАЗОВЫЕ СЕНСОРЫ НА МИКРОПРОФИЛИРОВАННЫХ ПОДЛОЖКАХ ИЗ АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Н.И. МУХУРОВ, С.В. ДЕНИСЮК, О.Н. КУДАНОВИЧ, Э.Э. КОЛЕСНИК

*Институт физики Национальной Академии наук Беларуси
пр-т Независимости, 68, г. Минск, 220072, Республика Беларусь
s.denicuk@dragon.bas-net.by*

Высокая термическая стабильность и нанопористая структура анодного оксида алюминия определяют его использование в качестве перспективного конструкционного материала газовой сенсорики. Уникальные возможности анодной алюмооксидной технологии позволяют формировать в одном технологическом цикле один, два и более изолированных чувствительных элемента на одной диэлектрической подложке, тем самым повышая функциональные возможности полупроводниковых газовых сенсоров.

Ключевые слова: газовые сенсоры, диэлектрическая подложка, анодный оксид алюминия, рабочая область.

Широкая номенклатура химических сенсоров газового анализа разных типов и конструкций реализуется на основе наиболее распространённой в микроэлектронике кремниевой технологии. Однако в ряде случаев работа сенсора сопряжена с высокими температурами. Это накладывает ограничение на использование кремния, малоприменяемого в качестве конструктивного материала при температурах выше 450 °С. В данных условиях более перспективно использование оксида алюминия. В лаборатории микроэлектроники, механики и сенсорики Института физики НАН Беларуси разработана технология формирования тонкопленочных диэлектрических подложек с микропрофилерованием произвольной конфигурации из оксида алюминия, получаемого электрохимическим окислением [1].

Создание подложек основано на процессе анодного окисления алюминия. Получаемый аморфный Al_2O_3 при нагреве выше 800 °С испытывает полиморфные превращения, переходя в одну из поликристаллических метастабильных фаз. Как показали исследования, для газовых сенсоров наиболее пригодна γ -фаза Al_2O_3 , поскольку она стабильна в диапазоне до 950 °С в течение тысяч часов. Основные тонкопленочные проводящие материалы сенсорики (золото, платина, нихром) обладают удовлетворительной адгезией к оксиду алюминия. Специфической особенностью анодного Al_2O_3 является самоорганизующаяся нанопористая структура, которая позволяет получать детали с планарными и объемными элементами сложной конфигурации с прецизионной точностью (клин травления порядка 0,01% при толщинах в сотни микрометров).

Формирование конфигурации подложки осуществляется стандартными фотолитографическими средствами, используемыми в микроэлектронике, и может проводиться на разных этапах технологического процесса: при анодировании алюминия либо травлением оксида алюминия. Разработаны несколько конструкций подложек для разных типов сенсоров. На рис. 1 показана универсальная подложка полупроводникового адсорбционно-резистивного газового сенсора [2] с одной рабочей областью. Рабочая область расположена на консольной части подложки и отделена от остального массива сквозными щелями за исключением перемычек, расположенных параллельно по углам одной из ее сторон, с целью снижения механических деформаций вследствие термического расширения материала подложки и увеличения срока службы сенсора. Кроме

этого, локализация рабочей области уменьшает затраты энергии на нагрев, что особенно важно для переносных устройств. Такой подход позволяет снизить энергопотребление сенсора до величин менее 1 мВт/°С.

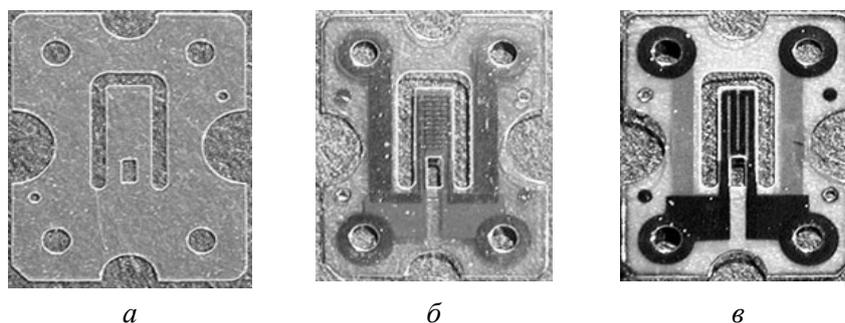


Рис. 1. Универсальная подложка газового сенсора, выполненная из $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (а), поверхность подложки с чувствительным слоем и системой информационных электродов (б), поверхность подложки с тонкопленочным нагревателем в виде меандра (в)

Для анализа газовых смесей с двумя неизвестными компонентами в реальном времени предложена конструкция адсорбционно-резистивного газового сенсора на основе оксидов переходных металлов с двумя рабочими областями (рис. 2). Обе рабочие области консольного типа отделены от остальной подложки сквозными щелями, образуя локализованные зоны нагрева. В зависимости от конкретной задачи по детектированию газов материалы обеих чувствительных пленок могут быть одинаковыми либо разными. В первом случае для достижения относительной селективности используются различные температуры рабочих областей. Во втором – различия в температурах рабочих областей дополняются отличающимися характеристиками используемых в качестве чувствительных элементов оксидов металлов.

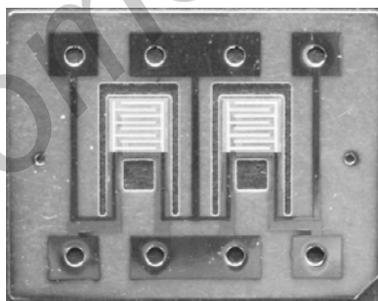


Рис. 2. Адсорбционно-резистивный газовый сенсор с двумя чувствительными областями

Применение анодного оксида алюминия в качестве материала диэлектрической подложки позволяет формировать несколько чувствительных элементов в одном сенсоре. Это дает возможность одновременно и селективно детектировать большее количество компонентов в сложных газовых смесях с помощью одного прибора.

Список литературы

1. Лыньков Л.М., Мухуров Н.И. Микроструктуры на основе анодной алюмооксидной технологии. Минск, 2002.
2. Мухуров Н.И., Ефремов Г.И., Куданович О.Н. Устройства микромеханики и микросенсоры на нанопористом оксиде алюминия. Минск, 2005.
3. Мухуров Н.И., Денисюк С.В., Куданович О.Н. Адсорбционно-резистивный газовый сенсор / Заявка на полезную модель u20130926 от 13.11.2013.