

К. Л. КОВАЛЕНКО, Н. Н. ШАРАН, В. В. СЕВАСТЬЯНОВ

Украина, г. Винница, НИИ «Гелий»
E-mail: helium@svitonline.comДата поступления в редакцию
17.09 2009 г.Оппонент д. т. н. В. М. КИЧАК
(ВНТУ, г. Винница)

НАНОСТРУКТУРИРОВАННАЯ КОМПОЗИТНАЯ ПЛЕНКА ДЛЯ СЕНСОРОВ ВЛАЖНОСТИ

Получена наноструктурированная композитная пленка для применения в качестве чувствительного элемента интегральных сенсоров влажности с повышенной чувствительностью и улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Современное состояние зарубежной техники свидетельствует о высоких темпах развития электронных преобразователей физических величин (сенсоров), среди которых значительную часть составляют сенсоры влажности. Наряду с традиционным их применением (промышленность, сельское хозяйство, гидрометеорология, медицина), выделяются измерения в особо чистых технологических и активных газах (хлор, йод, аммиак) сенсорами микровлажности.

При создании интегральных сенсоров влажности возникает проблема обеспечения точности измерений малых величин влажности и стабильности эксплуатационных характеристик в условиях отрицательных значений температуры окружающей среды. Известные материалы (пленки оксидов различных металлов, органические пленки), применяемые в качестве чувствительных элементов сенсоров влажности, не обеспечивают необходимую точность измерений, чувствительность, стабильность и линейность характеристик во всем диапазоне изменения влажности. Для получения пленки, которая соответствовала бы требованиям, предъявляемым к датчикам влажности, авторами был проведен ряд исследований.

Сенсор влажности был определен как емкостной, т. е. принцип работы чувствительного слоя основан на изменении диэлектрической проницаемости при изменении влажности измеряемой среды.

Известно, что пленкам, полученным методами анодного окисления, присущи большая удельная поверхность (в силу нанопористости структуры), высокая механическая и химическая прочность [1]. Но лучшей воспроизводимостью при наличии необходимых функциональных свойств обладают пленки, сформированные методом реактивного распыления.

Работа выполнялась при поддержке Министерства промышленной политики Украины в рамках Госзаказа на научно-технологическую продукцию (договор № 92917/60)

Проведенные исследования позволили определить оптимальные состав, структуру и технологические режимы формирования пленок. Так, выявлено, что для сенсоров микровлажности наиболее пригодными являются сорбционные слои системы $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3$ с массовым содержанием оксида алюминия 20—40%.

Пленки формировали на кремниевой подложке (нижний электрод) с предварительно выращенными диэлектрическими слоями оксида кремния, нитрида кремния и слоем поликристаллического кремния в качестве верхнего электрода [2]. Методами планарной технологии (фотолитографии) поверхность пластины разделялась на отдельные элементы для проведения последующих исследований в составе сенсоров (рис. 1).



Рис. 1. Кремниевая пластина с композитной пленкой, разделенная на отдельные элементы

Композитная пленка $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3$ формировалась методом магнетронного реактивного распыления Al, Si в газовой смеси $\text{Ar}+(40\text{--}60)\%\text{O}_2$ с последующей активацией поверхности автономным источником ионов лития. При этом особенно важным является использование химически чистых и осушенных аргона и кислорода. Для получения пленок нужной стехиометрии необходимо обеспечить давление $(2,66\text{--}8)\cdot 10^{-1}$ Па в период распыления и, соответственно, химической реакции Si, Al с O_2 и осаждения их соединений на рабочие пластины. Режимы работы магнетрона рекомендуется выдерживать в пределах 1,8—2,0 А, 360—400 В [3].

Выявлена корреляция толщины пленки и ее сорбционных свойств. Наилучшие сорбционные свойства пленки удалось получить при толщине чувствительного слоя 70 нм, которая обеспечивает неравномерность 5 нм и размер зерна в пределах 10—20 нм. Для



Рис. 2. Образцы интегральных сенсоров влажности

обеспечения стабильности характеристик пленки во времени был проведен ряд технологических операций ускоренного старения.

Для проведения исследований пластина с пленкой разделялась на отдельные кристаллы, которые собирались в металлостеклянные корпуса (рис. 2).

Исследования показали, что полученная наноструктурированная композитная пленка позволяет со-

здавать интегральные сенсоры влажности с высокой чувствительностью, со стабильными во времени характеристиками, с линейной зависимостью емкости от относительной влажности практически во всем диапазоне изменения последней (от 3 до 100%) и сохраняющие работоспособность при низких температурах вплоть до -35°C .

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Технология тонких пленок (справочник) / Под ред. Л. Майсела, Р. Глэнга.— М.: Сов. радио, 1977.
2. Заявка на винахід № а2009 03672. Интегральний сенсор вологості / Коваленко К. Л., Шаран Н. Н. Севастьянов В. В.— 15.04 2009.
3. Коваленко К. Л., Шаран М. М., Севастьянов В. В. та ін. Вдосконалення плівок оксиду алюмінію інтегральних сенсорів вологості // Матер. XI міжнар. конфер. «Фізика і технологія тонких плівок та наносистем». Т. 1.— Україна, м. Івано-Франківськ.— 2007.— С. 183.

К. ф.-м. н. М. В. ДМИТРИЕВ, к. т. н. И. Н. ЕРИМИЧОЙ,
к. т. н. Л. И. ПАНОВ

Украина, Одесский национальный политехнический университет
E-mail: panov.leonid@gmail.com

Дата поступления в редакцию
19.06 2009 г.

Оппонент д. х. н. В. Н. ТОМАШИК
(ИФП им. В. Е. Лашкарёва, г. Киев)

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЛИ КРИСТАЛЛОВ В СТЕКЛОКЕРАМИЧЕСКОМ ДИЭЛЕКТРИКЕ

Предложен комплексный метод количественной оценки доли кристаллов в композиционной стеклокерамике, полученной при разном времени ее спекания, базируемый на определении диэлектрической проницаемости композита.

Стеклокерамические композиционные материалы (СКМ), получившие широкое распространение в 1980-е годы [1—4], выгодно заменяют используемую в изделиях радиоэлектроники тугоплавкую алюмооксидную керамику.

По сравнению с обычными композитами СКМ обладают дополнительными потенциальными возможностями для реализации более широкого диапазона способов влияния на свойства синтезированного материала и для реализации энергосберегающих технологий [5—13].

СКМ получают экспрессным жидкофазным спеканием гомогенизированной порошковой смеси наполнителя и матричного стекла. По сравнению с алюмооксидной керамикой СКМ спекают в десятки раз быстрее при вдвое меньшей температуре: для заготовки объемом порядка 1 см^3 время выдержки при 900°C составляет всего одну минуту [5—7]. Не меньший эффект достигается и при спекании крупногабаритных изделий, когда необходимо увеличивать продолжительность нагрева для обеспечения равномерной по объему усадки и исключения нарушений за-

данной геометрии и появления внутренних напряжений в готовом изделии [11].

В условиях удорожания энергоресурсов возможность реализовывать энергосберегающие технологии изготовления стеклокерамических изделий приобретает важную практическую значимость. Благодаря этому и другим преимуществам СКМ открывается возможность для создания прогрессивных, наукоемких и быстросменяемых технологий производства конкурентоспособных изделий.

Важное место в ряду применяемых материалов занимает диэлектрический СКМ с кристаллизующимся стеклом и тугоплавким наполнителем. При достаточно длительном спекании структура такого материала и зависящие от нее свойства претерпевают изменения. Это вызвано превращением первичного стекла в композит из кристаллического компонента и остаточного стекла с отличающимися параметрами.

Объемная доля кристаллов определяет вклады компонентов в параметр композита [11]. Технологические приемы (подбор времени и температуры спекания, применяемых материалов компонентов и др.) — это лишь средство для достижения определенного значения объемной доли компонентов. Поэтому поиск оптимального для конкретной задачи состава композита, полученного при определенных технологических условиях, в конце концов сводится к установлению связи между его свойствами и объемными долями компонентов.