

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Амеличев Владимир Викторович

канд. техн. наук, начальник отдела

Генералов Сергей Сергеевич

начальник лаборатории

Никифоров Сергей Валерьевич

младший научный сотрудник

НПК «Технологический центр»

г. Москва, г. Зеленоград

СОЗДАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МЕМБРАН С НИЗКИМ УРОВНЕМ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Аннотация: в статье представлены результаты расчета механических напряжений в мембранах на основе комбинации пленок SiO_2 и Si_3N_4 . Рассчитано оптимальное соотношение толщин данных пленок для минимизации механических напряжений. Показано, что превышение данного значения ведет к преобладанию растягивающих напряжений, что приводит к большему «буклетеированию». Показано, что гофрирование мембран позволяет увеличить механическую чувствительность за счет локализации в них механических напряжений.

Ключевые слова: МЭМС, микросистемная технология, диэлектрические мембранны, механические напряжения, буклетеирование.

Чувствительным элементом микрофона является мембрана, регистрирующая колебания акустического диапазона. Такая мембрана может быть изготовлена из различных материалов: полупроводников, металла, органических и неорганических материалов. Однако, в настоящее время наиболее технологичными, с точки зрения микроэлектронных технологий являются диэлектрические мембранны. Для достижения высокой чувствительности акустического преобразователя, мембрана должна быть тонкой и эластичной. Кроме того, для обеспе-

чения принципа преобразования механических колебаний мембранны в электрический сигнал, на мемbrane размешен отражающий элемент. Луч света, определённой длины волны отражается от поверхности данного элемента, затем интерферирует с другим лучом, отраженным от границы раздела оптоволокно-воздух, и затем с помощью фотоприёмного элемента преобразуется в электрический сигнал. Примером устройства на основе оптического принципа преобразования является одномодовый интерферометр Майкельсона, отслеживающий положение отражающей мембранны (диафрагмы) до 10^{-10} м [1].

Чувствительность мембранны зависит от уровня механических напряжений в ее структуре [2]. Для повышения значения чувствительности необходимо добиваться такого состава в структуре мембранны, при котором внутренние механические напряжения будут минимальны. Этого можно добиться путем комбинации диэлектрических пленок оксида и нитрида кремния, имеющих противоположные по знаку напряжения. Известно, что слои SiO_2 , полученные термическим окислением, обладают разжимающими напряжениями. Поэтому при высвобождении слоя SiO_2 от кремниевой подложки наблюдается деформация мембранны в виде локальных вздутий – «буклетирование» [3]. Процесс осаждения пленки Si_3N_4 , в зависимости от типа установки, характеризуется сжимающими и растягивающими напряжениями.

В НПК «Технологический центр» разработаны конструктивно-технологические методы создания миниатюрных преобразователей акустического давления на основе мембранны с низким остаточным уровнем механических напряжений.

Разработанный преобразователь конструктивно представляет собой кремниевый кристалл (4×4 мм), содержащий тонкую (менее 1 мкм) сложнопрофилированную мембранны с комбинацией диэлектрических слоев SiO_2 и Si_3N_4 . Механическая чувствительность экспериментальных образцов находится в диапазоне от 12 до 242 нм/Па. Резонансные частоты АЧХ могут достигать 14,0 кГц. Характеристики полученных образцов стабильны от образца к образцу и имеют разброс не более 5%, что говорит о воспроизводимости технологии изготовления.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания по проекту №3575 на 2015 год. Исследование параметров разработанных преобразователей акустического давления осуществлялось с помощью измерительных приборов ЦКП «Функциональный контроль и диагностика микро- и наносистемной техники» на базе НПК «Технологический центр».

Список литературы

1. Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник / Дж. Фрайден. – М.: Техносфера, 2005. – С. 400–401.
2. Neumann Y.Y, Yr. and K.Y. Gabriel. CMOS-MEMS membrane for audio-frequency acoustic actuation // Sensor and Actuators A: Physical. – Vol. 95. – Issue 2–3. – January 2002.
3. Амеличев В.В., Ильков А.В. Конструктивно-технологический базис создания электроакустических преобразователей / В.В. Амеличев, А.В. Ильков. – М.: Техносфера, 2012.