УДК 532

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ СВОЙСТВ И ДЕФОРМАЦИЙ ТРЕХСЛОЙНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МЕМБРАНЫ ХИМИЧЕСКОГО СЕНСОРА

Шукевич Я.И, Таратын И.А, Хатько В.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В настоящее время достаточно важным вопросом является создание миниатюрных сенсоров контроля токсичных газов в воздухе.

Целью работы является оптимизация потребляемой мощности (до 15 мВт при нагреве до 450 [illegible], что является оптимальными условиями для работы) химического сенсора на трехслойной диэлектрической мембране. В предыдущих работах [1-2] были рассмотрены аналогичные сенсоры на многослойных сплошных мембранах, просчитаны их свойства и параметры. В качестве мембраны сенсора использовалась трехслойная структура $Si_3N_4/SiO_2/Si_3N_4$ квадратной формы со стороной 1,4 мм с соответствующими толщинами 0,12/0,8/0,12 мкм. Структура помещена на массивную подложку Si толщиной 0,38 мм, на которую нанесен токопроводящий материал (платина толщиной 0,2 мкм) в форме меандра размером 150×150 мкм (рисунок 1).

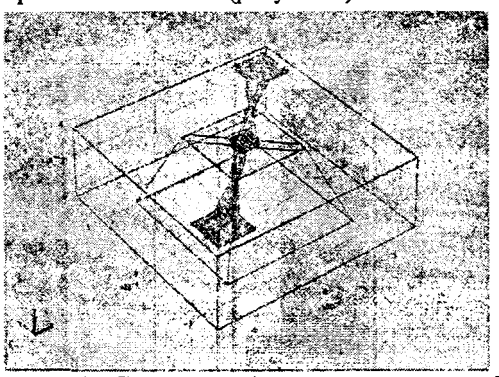


Рисунок 1 - Схематичный вид сенсора сверху. В центре - чувствительный элемент.

По центру сенсора расположен чувствительный элемент диаметром 240 мкм и высотой 20 мкм, изготовленный из сплава оксидов индия и олова - 90% In_2O_3, 10% SnO_2 (так называемый ITO - Indium Tin Oxide). Платиновый меандр (рисунок 2), таким образом, проходит внутри ITO для последующего его разогрева током.

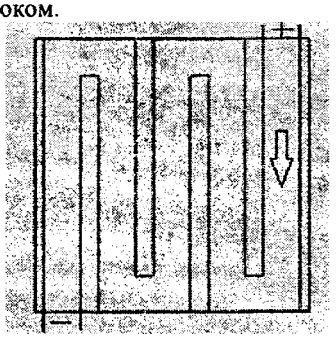


Рисунок 2 - Схематичный вид платинового меандра.

Ширина дорожек меандра составляет 20 мкм, расстояние между дорожками 10 мкм. Токоподводящие дорожки выбраны сравнительно широкими (80-20 мкм) в целях снижения плотности тока и уменьшения подводимого к нагревательному элементу импульсного напряжения (амплитуда составляет 0,5 В, длительность импульса 0,2с, длительность времени между импульсами 0,01 с.).

Зависимость от пористости также учитывалась для анизотропного модуля Юнга, плотности вещества и удельной теплоемкости при постоянном давлении. Также учитывалась зависимость удельного сопротивления слоя ITO от температуры (α = 0,0002 1/K). В числе тепловых параметров учитывалось также явление теплоотвода от токоподводящих площадок, имеющее место в реальных образцах сенсоров. В качестве других механизмов теплообмена сенсора с окружающей средой были выбраны конвекция в воздух и тепловая радиация (в расчете принималось тело, близкое к серому). При анализе напряжений и деформаций использовались граничные условия жесткого закрепления подложки по краям и в точках по углам.

При расчете модели использовался метод конечных элементов в пакетах моделирования COMSOL и Ansys. Геометрия модели создавалась в САПР SolidWorks. Решалось одновременно 3 задачи: электромагнитная (распределение плотности тока в проводнике), тепловая (джоулевский нагрев пористой подложки и ITO), задача напряжений (анализ механических напряжений и деформаций вследствие нагрева)

Число элементов в сетке (при решении в COMSOL) составило 100500 шт. (рисунок 3).

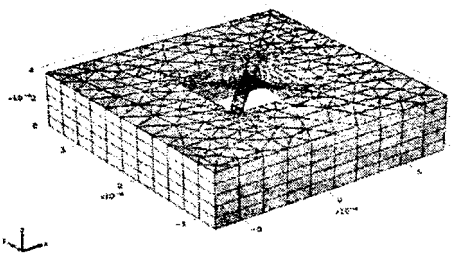


Рисунок 3 - Общий вид сетки конечных элементов.

По результатам моделирования максимальная температура составила 460 [illegible] на слое ITO и близлежащей подложке (рисунок 4). Зависимость инте-

гральной резистивной мощности сенсора от времени показана на рисунке 5.

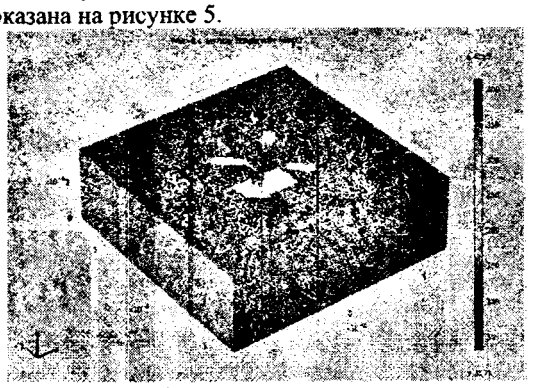


Рисунок 4 - Распределение температур при приложенном напряжении 0,5 В. Красные участки-наиболее горячие (460 [illegible]), синие-самые холодные (50 [illegible]).

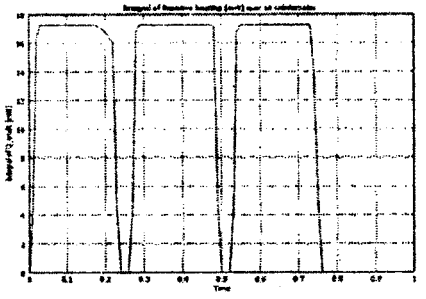


Рисунок 5 – Зависимость мощности сенсора от времени (показаны 3 импульса).

Потребляемая электрическая мощность составила 15 мВт с учетом импульсного питания. Плотность тока, максимальная в области меандра - $1{,}8 \cdot 10^4$ А/м^2. Максимальное смещение в области слоя ITO составило 0,11 мкм.

1. Шукевич, Я.И, Хатько В.В. Моделирование тепловых свойств и деформаций при статических нагрузках диэлектрической мембраны химического сенсора // Материалы 3-й студенческой научно-технической конференции «Новые направления развития приборостроения», 21-23 апреля 2010. –Минск: БНТУ, 2010. – С.176.
2. Баркалин, В.В., Белогуров, Е.А., Таратын, И.А., Шукевич, Я.И., Хатько, В.В. Моделирование механических и термоупругих свойств многослойной диэлектрической мембраны для химического сенсора // Материалы Восьмой международной научно-технической конференции «Наука-образованию, производству, экономике», –Минск: БНТУ, 2010.

УДК 679.87:666.22.

АНАЛИЗ КИНЕМАТИКИ ШАРИКОВ ПРИ ШЛИФОВАНИИ В ПРИВОДНОМ СЕПАРАТОРЕ СВОБОДНО УСТАНОВЛЕННЫМ ВЕРХНИМ ДИСКОМ

Щетникович К.Г., Шукайло Е.А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Наибольшее распространение при обработке шариков из стекла и минералов получили станки с планетарной кинематикой нижнего диска, имеющего эластичное покрытие. Шарики, размещенные в неподвижном дисковом сепараторе, обрабатываются в результате трения об абразивную поверхность верхнего диска. Кинематика инструмента обеспечивает одинаковые условия обработки всех шариков в партии, а эластичное покрытие нижнего диска снижает динамические нагрузки. Скорость скольжения шариков определяется линейной скоростью нижнего диска, которая ограничивается неуравновешенными центробежными силами, возникающими при криволинейном поступательном перемещении инструмента большой массы.

Поступательное перемещение инструмента в относительном движении может быть реализовано сочетанием вращательных движений дисков и сепаратора [1]. Обработка шариков, расположенных в отверстиях сепаратора, происходит вследствие разности линейных скоростей нижнего диска и сепаратора в точках контакта с заготовками. При одинаковых угловых скоростях сепаратора и нижнего диска, т. е. $\bar{\omega}_s = \bar{\omega}_d = \bar{\omega}_t$, скорость любой точки T сепаратора (рисунок 1) относительно расположенной напротив точки нижнего диска, равна векторной разности их линейных скоростей $\bar{v}_s$ и $\bar{v}_d$

$$\bar{v}_r = \bar{v}_s - \bar{v}_d = \bar{\omega}_s \times \bar{R}_s - \bar{\omega}_d \times \bar{R}_d = -\bar{\omega}_t \times \bar{e},$$

где $\bar{R}_s$ – радиус-вектор, проведенный в точку T из оси O_s сепаратора; $\bar{R}_d$ – радиус-вектор, проведенный из оси O_d нижнего диска; $\bar{e}$ – вектор, соединяющий оси вращения нижнего диска и сепаратора.