

УДК 539.3

В.О.Сабадаш, гр. 5055/2, А.И.Боровков, к.т.н., проф., Е.Н.Пятышев, к.ф.-м.н, доц.

## КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ МИНИАТЮРНОГО МИКРОФОНА. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА

Датчики давления тензометрического типа, к которым относится исследуемый микрофон, широко используются в современной промышленности. Их достоинством по сравнению с традиционными датчиками являются групповые технологии их производства, которые базируются на технологиях производства интегральных микросхем (фотоили электронная литография, диффузия или ионная имплантация, металлизация и др.)

Целью работы является изучение возможностей конечно-элементного (КЭ) моделирования для исследования и улучшения характеристик объектов микротехники на стадии проектирования. Особое внимание уделялось напряжениям и деформациям, возникающим в процессе производства данных устройств.

В ходе работы выполнено КЭ моделирование пространственного напряженно-деформированного состояния мембраны чувствительного элемента микрофона при приложении внешнего давления и определены места оптимального расположения тензорезисторов.

Пространственная КЭ модель (рис. 1) (в силу симметрии моделировалась 1/4 часть мембраны) имеет следующие характеристики:  $NE=11628$ ,  $NEQ=188500$ , где  $NE$  - число элементов, а  $NEQ$  - число уравнений.

На рис. 2 видно, что жесткая крестообразная вставка имеет две зоны, подходящие для установки тензорезисторов. Первая зона находится в окрестности вхождения жесткой вставки в массивное основание чувствительного элемента (зоны В и С на рис. 2). Эти зоны являются зонами максимальных напряжений на крестообразной вставке, но они довольно малы. Это ограничивает размер тензорезисторов, которые могут быть там установлены. Второе место - это зоны D и E (рис. 2). Напряжения в этих зонах относительно невелики, но преимуществом этих зон является возможность использования более крупных тензорезисторов [1].

Вторым важным результатом работы является оценка напряжений и деформаций, возникающих при производстве микродатчиков. Эти напряжения обусловлены температурными деформациями, возникающими при остывании кремниевой пластины, из которой на следующем технологическом этапе нарезаются микродатчики.

Новым в этой работе является то, что температурные деформации моделировались для всей конструкции целиком, без предположения об их идентичности в каждом датчике, т.е. так как это и происходит в реальности. Пространственная КЭ модель кремниевой пластины изображена на рис. 3, темным выделен материал оксидной пленки ( $SiO_2$ ). В силу симметрии пластины нет необходимости моделировать ее целиком. КЭ модель имеет следующие характеристики:  $NE=10528$ ,  $NEQ=162654$ .

Как и следовало ожидать, деформации в различных датчиках зависят от места их расположения на кремниевой пластине. Результаты данного расчета позволяют использовать получен-

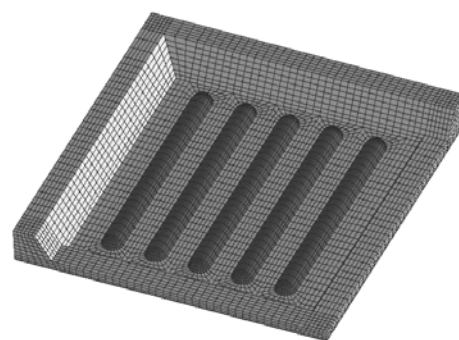


Рис. 1

ные значения перемещений как граничные условия для моделирования напряженно-деформированного состояния в любом конкретном датчике на пластине на основе

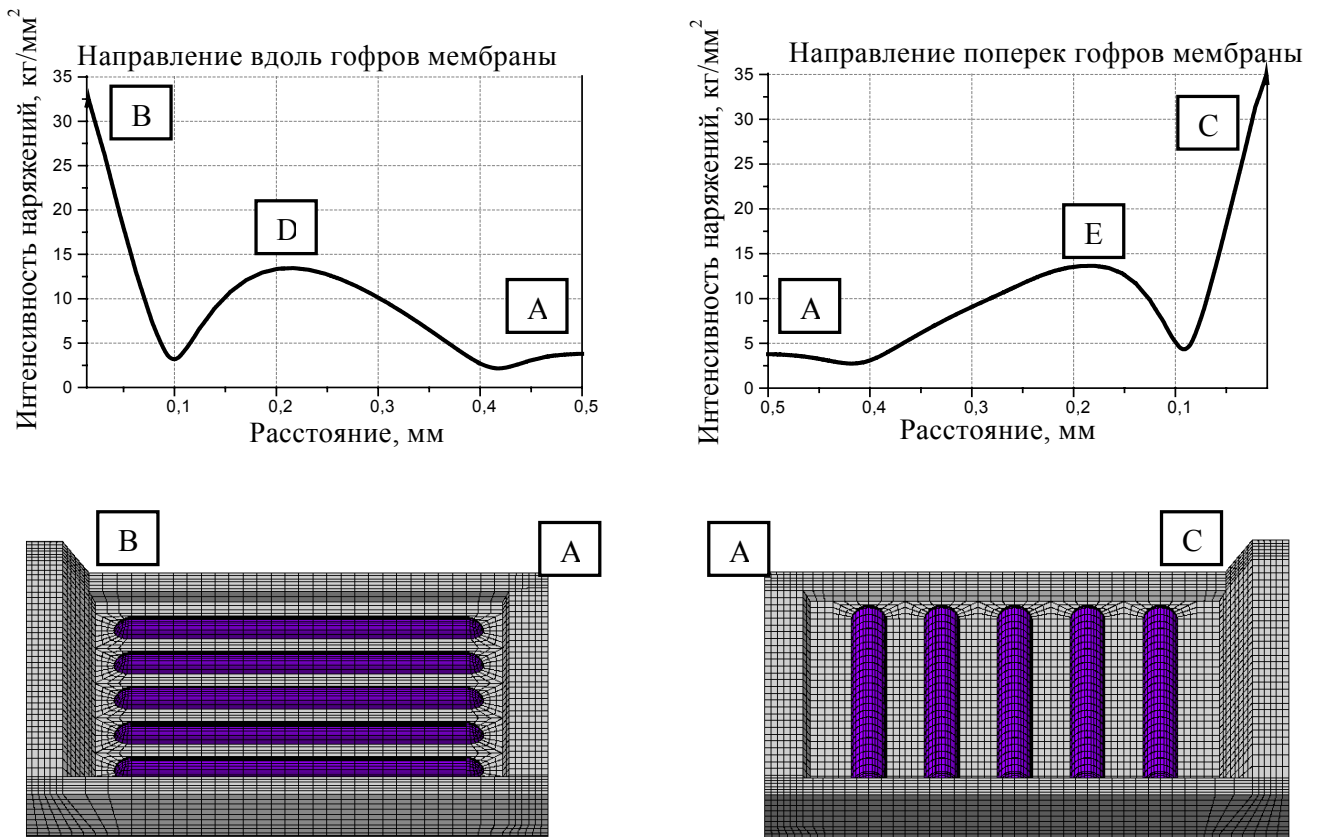


Рис. 2

“submodeling”-подхода, а, следовательно, получить более качественную оценку влияния эффектов, обусловленных технологическими особенностями производства данного вида микродатчиков на их рабочие характеристики.

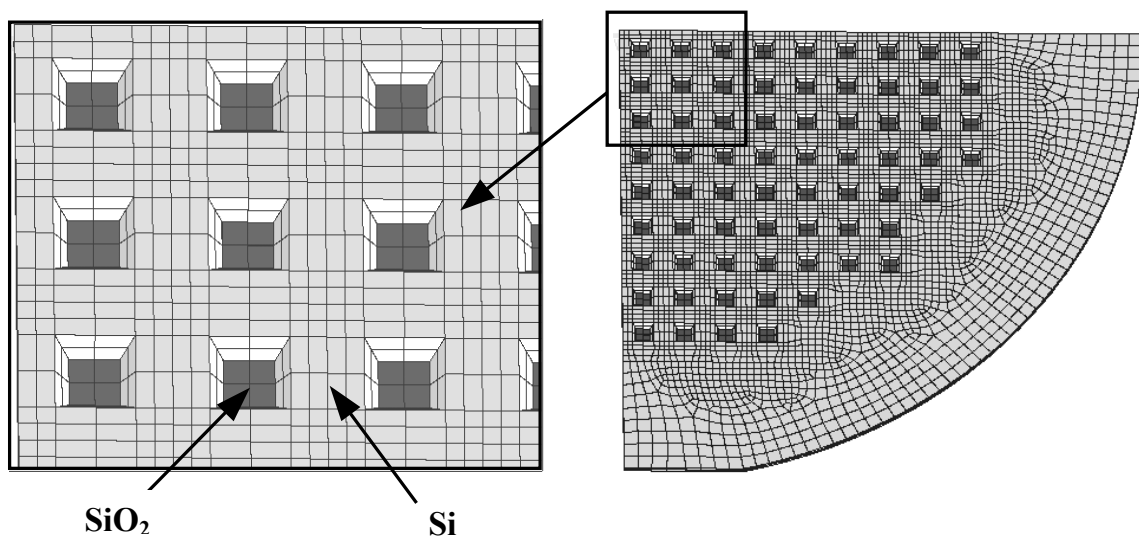


Рис. 3