

Интегральный трехосевой акселерометр

А.Ш.Рахматулин, В.Д.Попов

Южный федеральный университет, институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра конструирования электронных средств, Таганрог

Аннотация: В статье рассмотрена конструкция интегрального микромеханического акселерометра емкостного типа. Рассмотрен метод с использованием операции самосборки, построенного на основе управляемой самоорганизации механически напряженных полупроводниковых слоев GaAs/InAs. Данная конструкция была спроектирована и промоделирована в САПР ANSYS. Результаты моделирования удовлетворяют требованиям, предъявляемые к нынешним микроакселерометрам, и дают возможность использовать их для дальнейшего совершенствования структур заданного типа. Полученные данные возможно использовать в частности для расчета рекомендуемых параметров при разработке методик проектирования акселерометров и гироскопов, а также для разработки более точных моделей микроэлектромеханических структур.

Ключевые слова: МЭМС, емкостной тип, микромеханический акселерометр, дизайн, датчик, сенсор, математическая модель, GaAs/InAs.

Введение

Микро- и наноразмерные устройства в настоящее время имеют большое применение в различных сферах, так, например, от потребительских (бытовая техника, сотовые телефоны, и др.) и до дополнительных (автомобили, медицина, навигация и др.) [1,2].

Для определения линейных ускорений по нескольким координатам используют двух и/или трехосевые сенсорные устройства, что приводит к увеличению массы и размеров системы [3].

В данной статье представлен метод изготовления конструкции микромеханического трехосевого акселерометра емкостного типа. Рассмотренный метод использует операцию самосборки на основе управляемой самоорганизации механических напряжений полупроводниковых слоев InAs/GaAs. Предоставлены результаты статического и модального анализа предъявленной конструкции микроакселерометра, полученные в САПР Ansys.

Описание конструкции

На рис. 1 предоставлена конструкция трехосевого акселерометра, где 1 - изолирующая подложка, 2 - основание упругого подвеса по третьей оси, 3 - упругий подвес по третьей оси, 4 - инерционная масса, 5 - упругий подвес подвижного контакта по первой оси, 6 - инерционная масса, 7 - упругий подвес по второй оси, 8 - инерционная масса, 9 - неподвижный электрод по третьей оси, 10 - неподвижный электрод по первой оси, 11 - неподвижный электрод по второй оси, 12 - разводка вывода по первой оси, 13 - разводка вывода неподвижного электрода, 14 - разводка вывода по второй оси, 15 - разводка вывода неподвижного электрода по второй оси, 16 - разводка вывода неподвижного электрода по третьей оси, 17 - разводка вывода подвижного электрода по третьей оси, 18 - область неподвижных электродов, 19 - основание подвижного электрода по первой оси, 20 - основание подвижного электрода по второй оси.

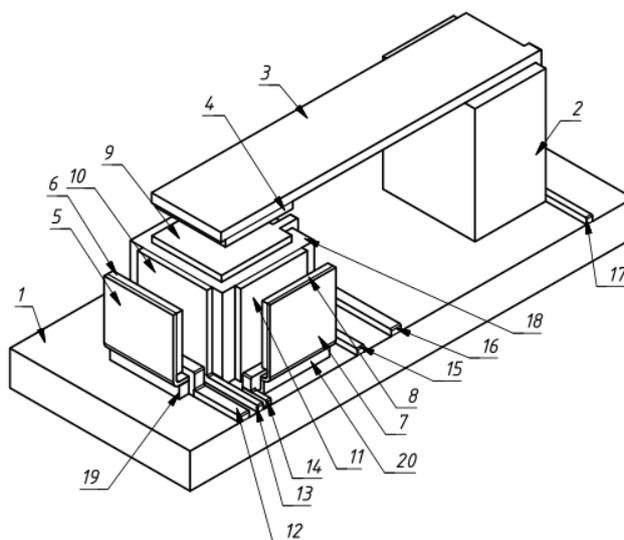


Рис. 1. - Конструкция трехосевого акселерометра

Несущий упругий подвес 5, 7 построен с использованием Принц-технологии [4]. Подвес сформирован из трехслойного материала так, что внутренняя поверхность сформирована из пленки GaAs, а внешняя поверхность - из InAs. Из-за различий в значения постоянной решетки GaAs

и InAs появляется механическое напряжение, которые в свою очередь изгибают ее при селективном травлении [5].

Моделирование

Для подтверждения работоспособности представленного микроакселерометра емкостного типа был разработан макрос в САПР Ansys [6,7], описывающий эскиз структуры с физико-геометрическими параметрами.

Был проведен статический анализ данной структуры, результаты предоставлены на рис. 2 и в табл. 1

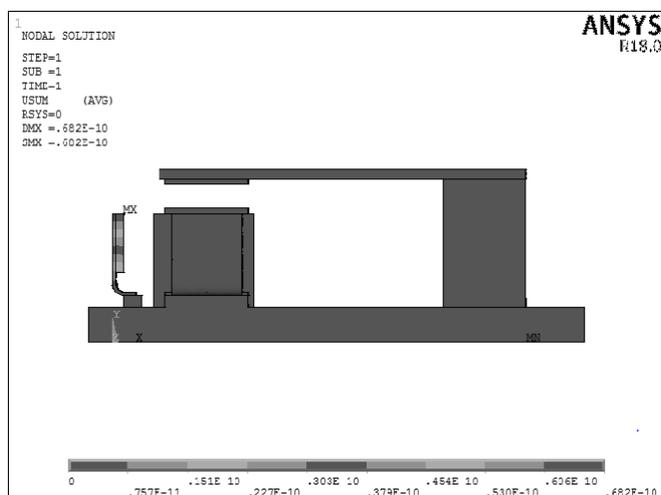


Рис.2. – Результаты статического анализа конструкции.

При моделировании было подано ускорение 5 g по оси Oх. Смещение подвижного электрода по оси X составляет $0.628 \cdot 10^{-10}$ м

Таблица 1

Результаты статического анализа при ускорении 5g

Направление ускорения 5g	Смещение вдоль оси X (м)	Смещение вдоль оси Y (м)	Смещение вдоль оси Z (м)
- a	$0.679 \cdot 10^{-10}$	$0.532 \cdot 10^{-10}$	$0.696 \cdot 10^{-10}$
a	$0.682 \cdot 10^{-13}$	$0.532 \cdot 10^{-10}$	$0.696 \cdot 10^{-10}$

Результаты данного моделирования показывают, что при приложении ускорения по одной оси, смещения по другим осям практически не происходит. Данный факт показывает, что структура данного акселерометра является помехоустойчивой.

На следующем этапе над структурой был проведен модальный анализ для первых четырех мод собственных колебаний, результаты представлены на рис. 3 [8,9,10].

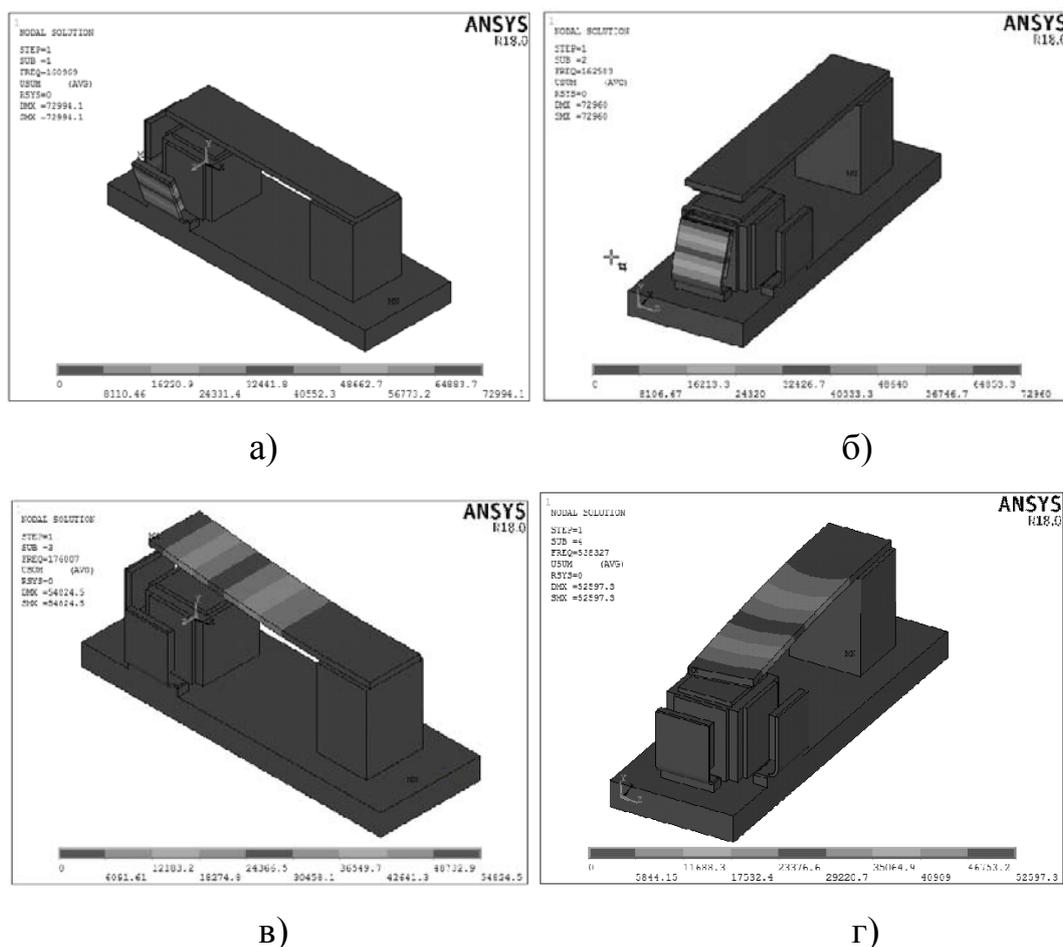


Рис. 3. – Результаты модального анализа конструкции:

а – первая мода; б – вторая мода; в – третья мода; г – четвертая мода.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможном построении предлагаемого акселерометра за счет управляемой самоорганизации напряженных слоев GaAs/InAs и возможном применении данной структуры для построения интегрального микроакселерометра.

Литература

1. Berkeley, S. Sensor & actuator center. 2014. URL: bsac.eecs.berkeley.edu/
 2. В.В.Лучинин, П.П.Мальцев. О термине «Микросистемная техника» в русском и английском языках // Нано- и микросистемная техника. – 2006.– №2.– С. 39-41.
 3. Будкин В.Л., Паршин В.А., Прозоров С.В., Саломатин А.К., Соловьев В.М., Инерциальные датчики для систем навигации и ориентации. // Микросистемная техника. 2000. №2. С. 31-34.
 4. Dong H., Jiaa Y., Haoo Y., Shenb S. A Novel out-of-plane MEMS Tunneling Accelerometer. Sensors and Actuators A 120 (2005) pp. 360–364.
 5. Prinz V.Ya. Precise semiconductor nanotubes and nanoshells fabricated on (110) and (111) Si and GaAs // Physica E. –2004. –V.23.– pp.260-268.
 6. Лысенко И.Е., Куликова И.В., Полищук Е.В, Хайрулина В.А. Учебно-методическое пособие «Моделирование элементов микросистемной техники в программе ANSYS». -Таганрог: Изд-во Технологического института ЮФУ,2007. - 42с.
 7. Каплун А.Б., Морозов Е.М. Олферьева М.А. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 272с.
 8. И.Е. Лысенко. Моделирование интегрированного внутреннего упругого подвеса микромеханического устройства // Инженерный вестник Дона, 2010, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/223.
 9. Б.Г. Коноплев, И.Е. Лысенко, Е.В. Шерова. Интегральный сенсор угловых скоростей и линейных ускорений // Инженерный вестник Дона, 2010, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/240.
 10. Лысенко И.Е., Шерова Е.В. Моделирование упругого подвеса трехосевого микромеханического гироскопа-акселерометра // Известия вузов. Электроника. – 2009.– №4.– С.48-55.
-

References

1. Berkeley, S. Sensor & actuator center. 2014. URL: bsac.eecs.berkeley.edu/
2. V.V.Luchinin, P.P.Mal'cev. Nano- i mikrosistemnaya tekhnika. 2006. №2. pp. 39-41.
3. Budkin V.L., Parshin V.A., Prozorov S.V., Salomatin A.K., Solov'ev V.M., Mikrosistemnaya tekhnika. 2000. №2. pp. 31-34.
4. Dong H., Jiaa Y., Haoa Y., Shenb S. Sensors and Actuators A 120 (2005). pp.360–364.
5. Prinz V.Ya. Physica E. 2004. V.23. pp.260-268.
6. Lysenko I.E., Kulikova I.V., Polishchuk E.V, Hajrulina V.A. Uchebno-metodicheskoe posobie «Modelirovanie ehlementov mikrosistemnoj tekhniki v programme ANSYS» [Modeling elements of microsystem technology in the program ANSYS]. Taganrog: Izd-vo Tekhnologicheskogo instituta YUFU, 2007. 42p.
7. Kaplun A.B., Morozov E.M. Olfer'eva M.A. ANSYS v rukah inzhenera [ANSYS in the hands of an engineer]: Prakticheskoe rukovodstvo. M.: Editorial URSS, 2003. 272p.
8. I.E. Lysenko. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2010, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/223.
9. B.G. Konoplev, I.E. Lysenko, E.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2010, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/240.
10. Lysenko I.E., SHerova E.V. Izvestiya vuzov. EHlektronika. 2009. №4. pp.48-55.