

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ МИКРОГИРОСКОПОВ RR-ТИПА

асп. Конон И.И., асп. Чигарев В.А., студ. Муровейко А.В., Хват А.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск

Для микрогироскопов RR типа движение инерционной массы в режиме движения и чувствительности носит вращательный характер [1].

Конфигурация чувствительного элемента гироскопа, включающую в себя ротор, недеформируемые 2 и деформируемые 3, 4 элемента подвеса с анкером 5, вытравлена в кремниевой пластине. С помощью анкера чувствительный элемент соединен с подложкой (корпусом), на которой расположены электроды емкостного преобразователя перемещений, датчика силы контура компенсации моментов сил инерции Кориолиса, а также статорные элементы гребенчатых структур электростатического привода (рис. 1).

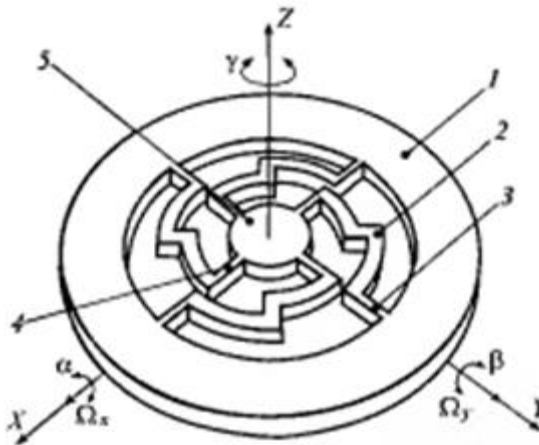


Рис. 1. Схема чувствительного элемента микрогироскопа RR-типа

Для микрогироскопов RR типа ускорение Кориолиса находится по уравнению (1):

$$a_k = 2\omega \vartheta_r \cdot \sin \varphi = 2\omega \Omega \cdot \sin \varphi, \quad (1)$$

где Ω - скорость вокруг оси z; ω – скорость вокруг оси x; ϑ_r - относительная скорость.

А сила инерции F_k находится из уравнения (2):

$$dF_k = 2\omega \Omega x dm, \quad (2)$$

где $x = r \cdot \sin \varphi$.

Прецессия симметричного тела вращения вызывает силы инерции Кориолиса, которые дают постоянный момент (3):

$$M_y = C \omega \Omega, \quad (3)$$

где C – осевой момент ротора.

При рассмотрении общего случая измерения переменной скорости уравнение передаточной функции микрогироскопа RR-типа примет вид (4,5):

$$W_c = \frac{K_{ct}}{Ts+1}, \quad (4)$$

$$W_k = \frac{K_{ct}s(T_1s+1)}{p(Ts+1)}, \quad (5)$$

где $T = \frac{1}{\zeta_\beta \rho}$; $T_1 = \frac{1}{2\zeta_\beta \rho}$; $K_{ct} = \frac{K}{2\zeta_\beta \rho^2}$; ζ_β - относительный коэффициент демпфирования; ρ - давление;

Как следует из выражения (4), при условии резонансной настройки для МГ, работающего в режиме прямого преобразования - передаточная функция по синфазной составляющей приближается к прибору интегрирующего типа с передаточной функцией апериодического звена. Квадратурная составляющая выходного сигнала, как видно из формулы (5), меньше синфазной составляющей [2].

3D Модель микрогироскопа в SolidWorks (рис. 2).

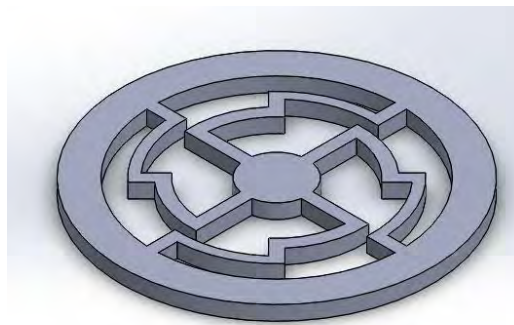


Рис. 2. 3D модель микрогироскопа RR-типа

Был проведен статический анализ для данной модели: анкер микрогироскопа жестко закреплен и приложен вращающий момент. Эпюра напряжений представлена на рисунке 3.

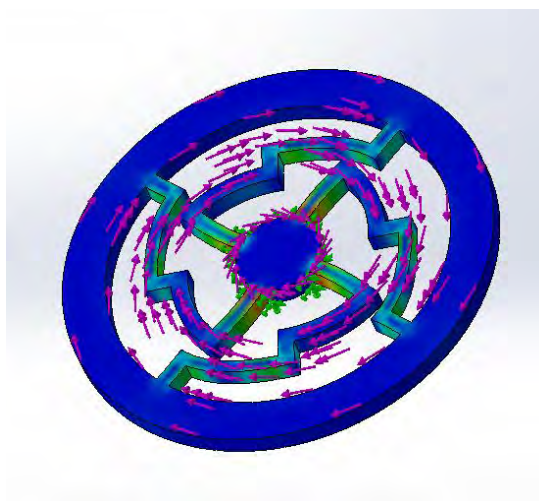


Рис. 3. Эпюра напряжения микрогироскопа RR-типа

Максимальное напряжение достигает значения 1455 мкН, а минимальное – 0,3 мкН.

Рассмотрим подробнее процесс создание двухмассового МГ микрогироскопа.

За основу 3D-модели был взят двухмассовый МГ микрогироскоп разработанный американской фирмой The Charles Stark Draper Laboratory.

Создание прототипа делится на несколько этапов, первым из которых является определение размеров и создание трехмерной модели в программном пакете Solid Works.

Поскольку микрогироскоп имеет микроскопические размеры, для более детального обзора мы увеличили его в десятки раз. Далее на этой основе создали 3D модель.

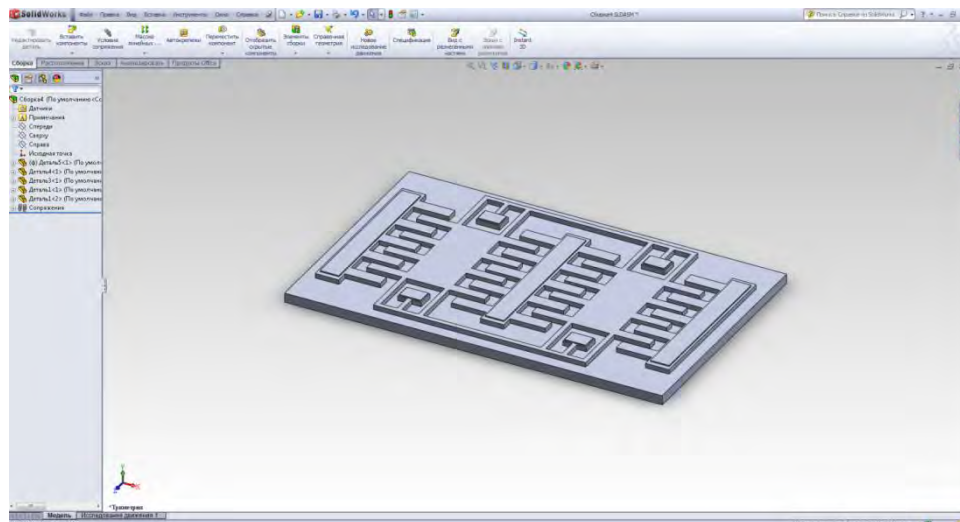


Рис. 4. Разработка модели в Solid Works

После завершения моделирования микрогироскопа в Solid Works, переносим изображения в формате STL в программное обеспечение 3D принтера (netfabb Studio Basic ver. 4.9). Данная программа определяет размеры модели, генерирует количество затрачиваемого материала, сколько потребуется материала поддержки и какое количество времени потребуется на выращивание данной модели. «Выращивание» модели производилось на двух установках - это были, универсальный u-print и более узкоспециализирующийся Mojo. Оба принтера собирать торговой марки Stratasys.

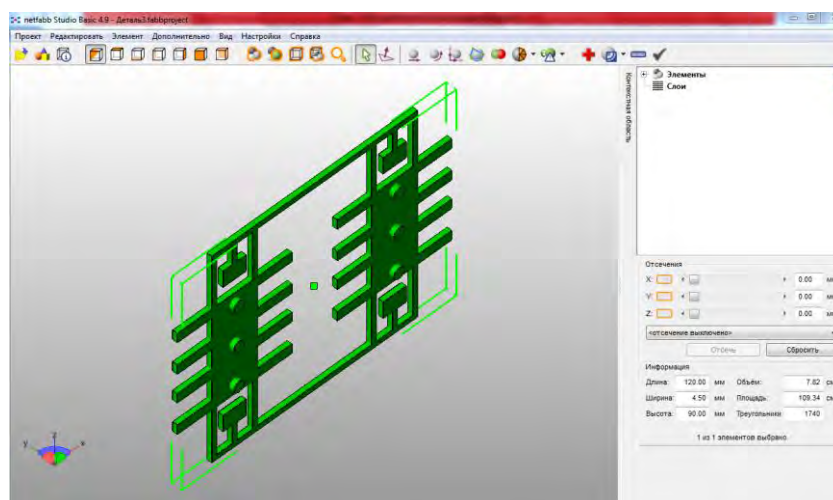


Рис. 5. Обработка трехмерной модели программным обеспечением установок

В качестве материала для создания прототипа использовался ABS Plus пластик, который отличается особой прочностью.

После всех вышеперечисленных процедур мы получили готовую модель микрогироскопа.

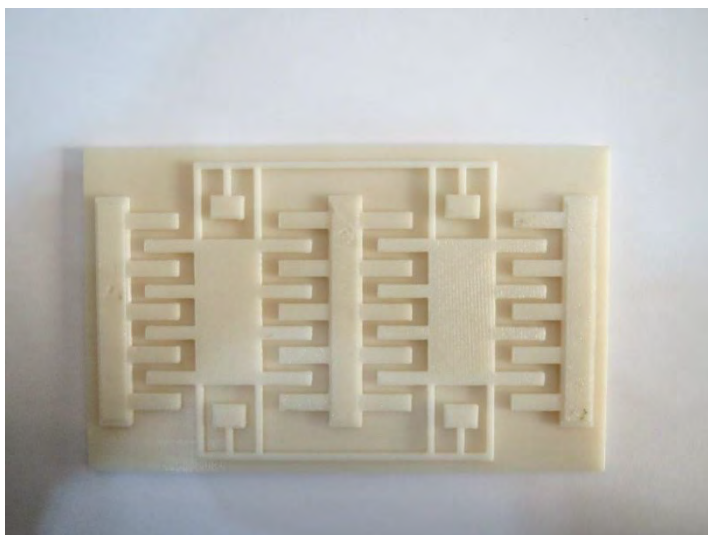


Рис. 6. Готовая модель гироскопа

Суммарное время, затраченное на выращивание модели составило порядка 6 часов 30 минут.

РЕЗЮМЕ

Освоение технологии 3D конструкций с использованием механического оборудования, используемого в микроэлектронике, открыло путь к созданию сверхминиатюрных электромеханических систем. Один из таких систем является микрогироскоп. В зависимости от типа движения инерционной массы микрогироскопы отличаются различными комбинациями вращения и поступательного движения (RR, RL, LR, LL). Эта статья рассмотрела микрогироскоп RR-типа. Предлагаемые знания могут быть использованы для лучшего изучения микрогироскопа на всех уровнях - от моделирования до расчетов, чтобы создать его на 3D принтере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bernstein Jonathan. An Overview of MEMS Inertial Sensing Technology, Sensors, February 2003 VOL. 20 NO. 2 или <http://www.sensorsmag.com/articles/0203/14/>.
2. Лукьянов, Д.П. Микроакселерометры и микрогироскопы на ПАВ: Гироскопия и навигация / Д.П. Лукьянов, И.Ю. Ладычук, А.Я. Майзелес, Ю.В. Филатов, М.И. Шевелько. — М.:2002г.
3. Растопов, В.Я. Микромеханические приборы / В.Я. Растопов. – М.: 2007.

SUMMARY

Mastering the technology of 3D structures using mechanical equipment used in microelectronics, paved the way for the creation of subminiature electromechanical systems. One such system is microgyro. According to the type of movement of inertial mass microgyro differ with different combinations of rotational and translational movement (RR, RL, LR, LL). This article will be considered microgyro RR-type. The proposed knowledge can be used to better study microgyroscope at all levels from the simulations and calculations to create a part on a 3D printer.

E-mail: ivankonon2@gmail.com
nmuroveika@mail.ru

Поступила в редакцию 12.11.2015