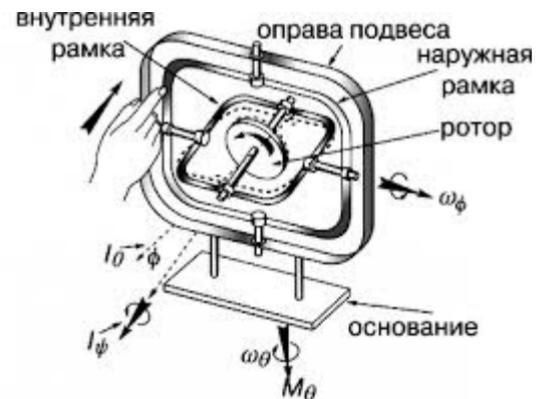
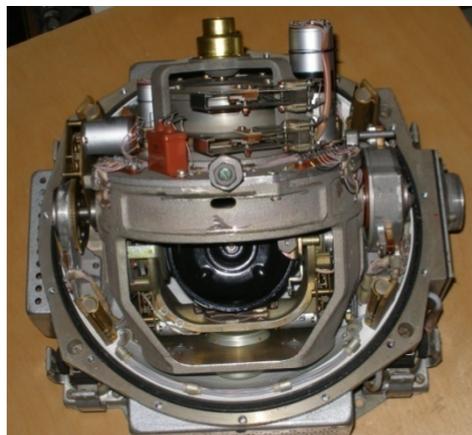


Система управления амплитудой первичных колебаний МЭМС гироскопа инерциального модуля

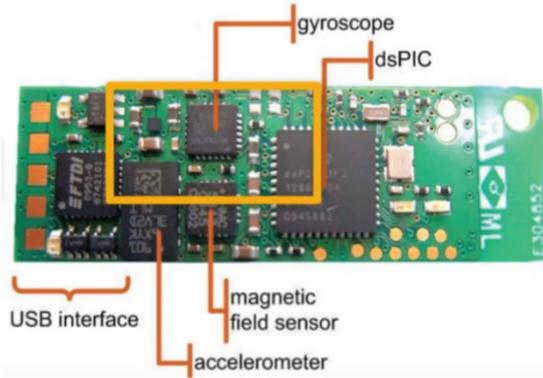
Аспирант группы А6-32: Ло Ван Хао
Руководитель : к.т.н Нестеренко Т.Г.

Работа выполнена в Томском политехническом университете при финансовой поддержке Минобрнауки России, ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы». Соглашение № 14.578.21.0232, уникальный идентификатор RFMEFI57817X0232.

-Это устройство, которое позволяет измерять угловые скорости и поступательные -ускорения объекта



МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ (МЭМС) ГИРОСКОП- АКСЕЛЕРОМЕТР



-К началу 1990-х годов МЭМС акселерометр появляется на рынке.

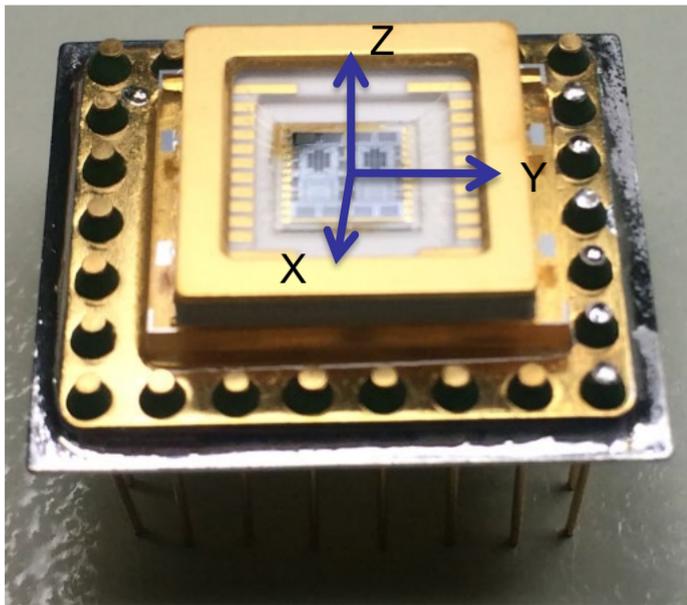
-В 1991-м году гироскопы с кремневой микрообработкой были опубликованы Дрейперовской лабораторией США .

-Ведущие производители: Analog Devices, Texas Instruments, STMicroelectronics (Калифорния), Yole Developpement, Seiko Epson.

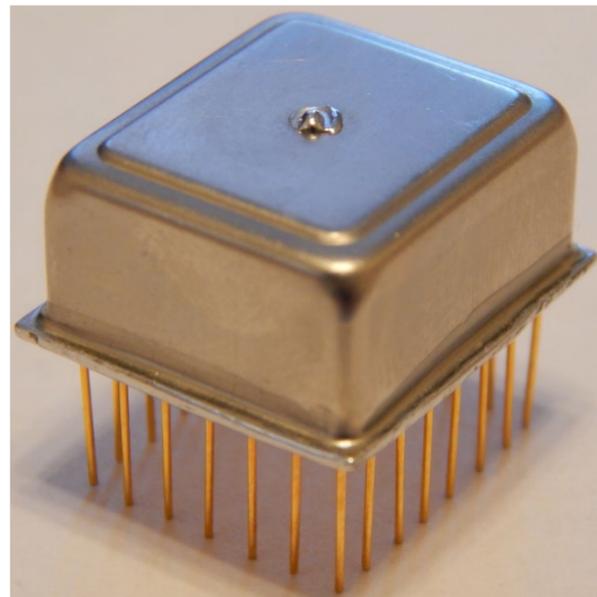
-Достоинства: малые габариты, повышенная надежность, малое энергопотребление, возможность повышения точностных характеристик при обработке первичной информации в вычислительном модуле и низкая стоимость.

ПРИМЕНЕНИЕ МЭМС И НЕРЦИАЛЬНОГО МОДУЛЯ ГИРОСКОПА-АКСЕЛЕРОМЕТРА





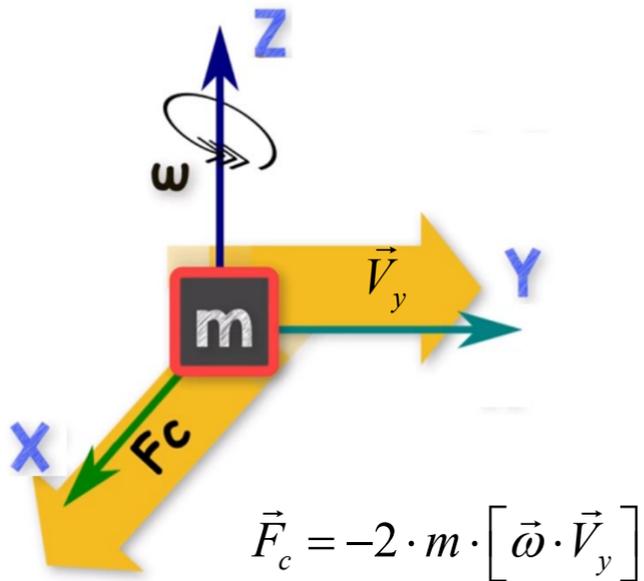
Без крышки



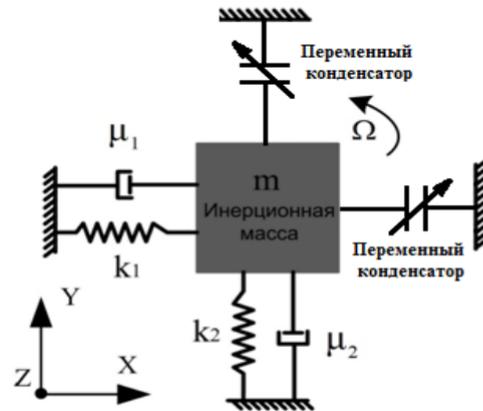
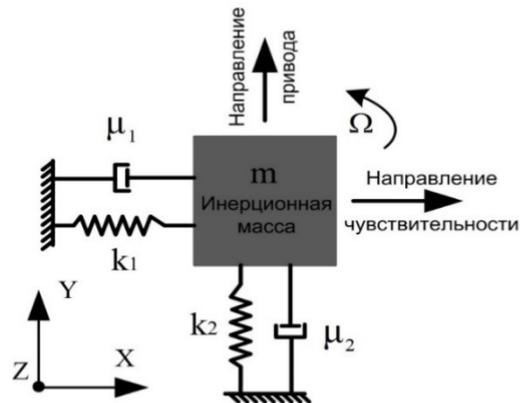
С крышкой



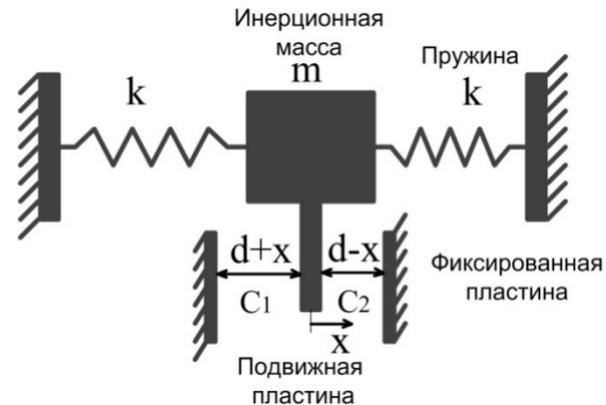
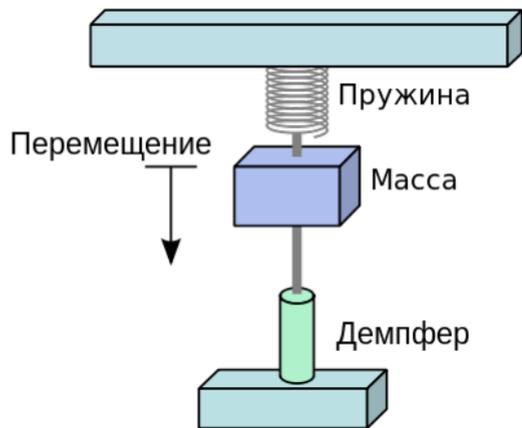
ПРИНЦИП РАБОТЫ МЭМС ГИРОСКОПА, ЭФФЕКТ КОРИОЛИСА



Эффект Кориолиса

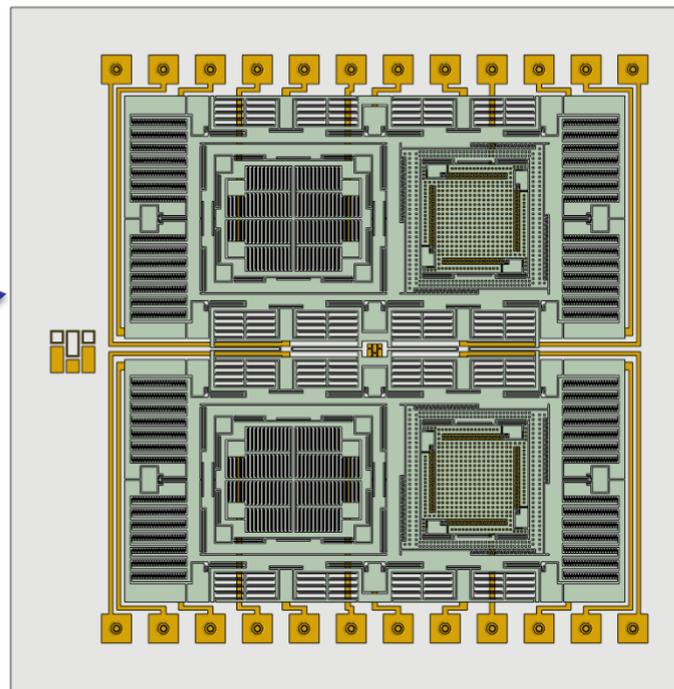
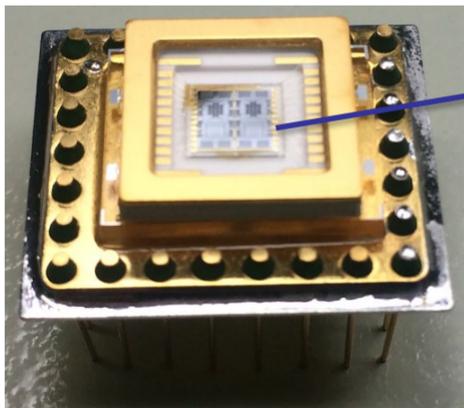


ПРИНЦИП РАБОТЫ МЭМС АКСЕЛЕРОМЕТРА



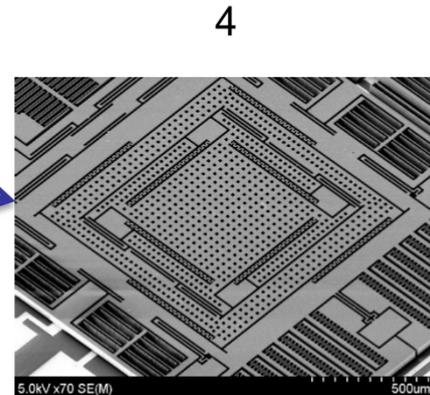
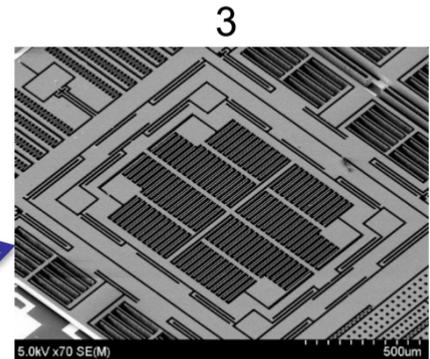
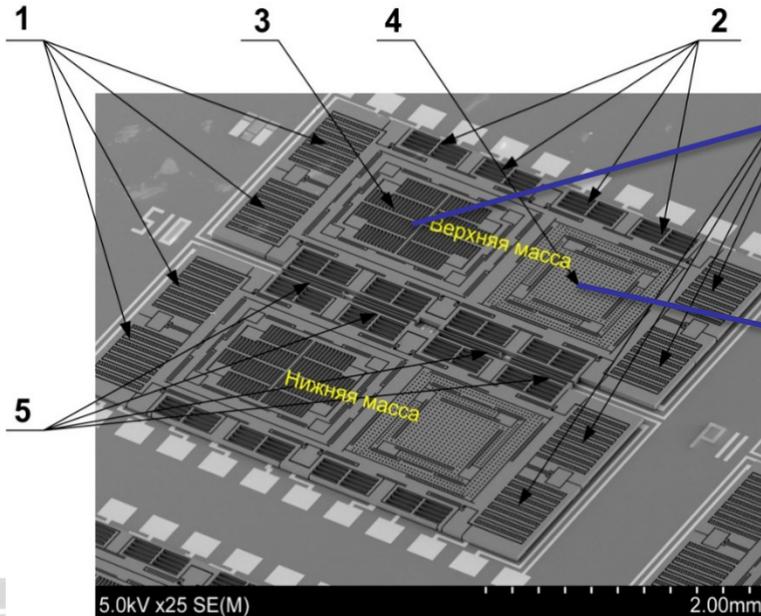
Механизм работы емкостный МЭМС акселерометра

СЕНСОРНАЯ КОНСТРУКЦИЯ



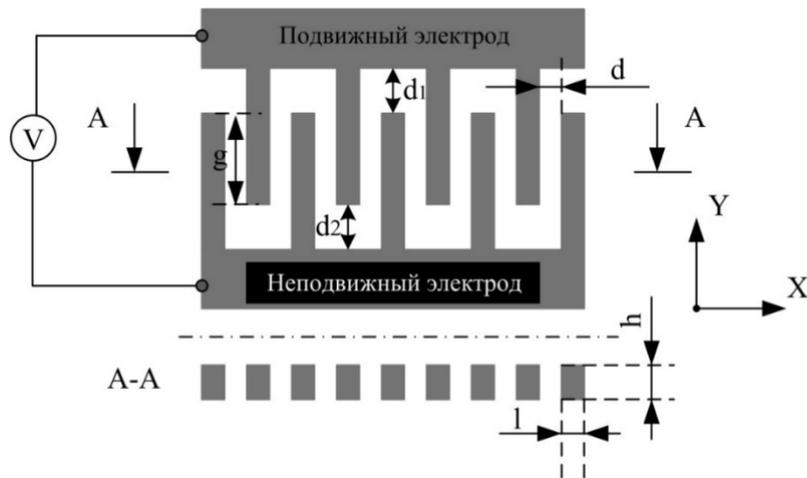
Кремниевая сенсорная конструкция
(размеры одного сенсора ~ 5,3 x
5,3 мм.)

- 1- Приводные электродные структуры
- 2- Сенсорные электродные структуры
первичного канала
- 3-Инерционные массы по оси X
- 4-Инерционные массы по оси Z
- 5-Упругие элементы





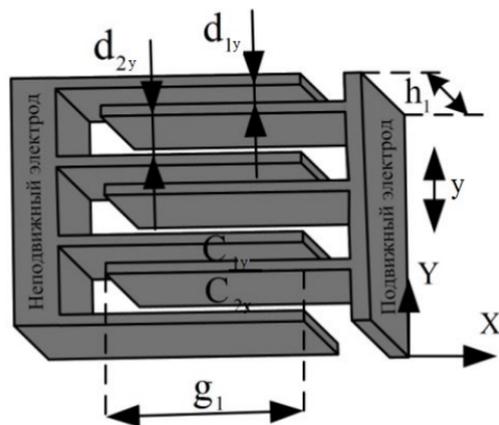
ПРИВОДНЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ СТРУКТУРЫ



N - число пальцев подвижного электрода;
 h - высота пальцев;
 l - толщина пальцев;
 d - разделительный зазор между
пальцами подвижного и неподвижного
электродов

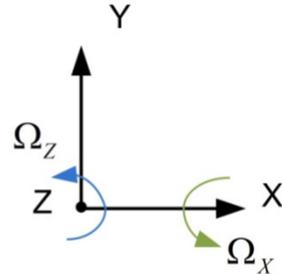
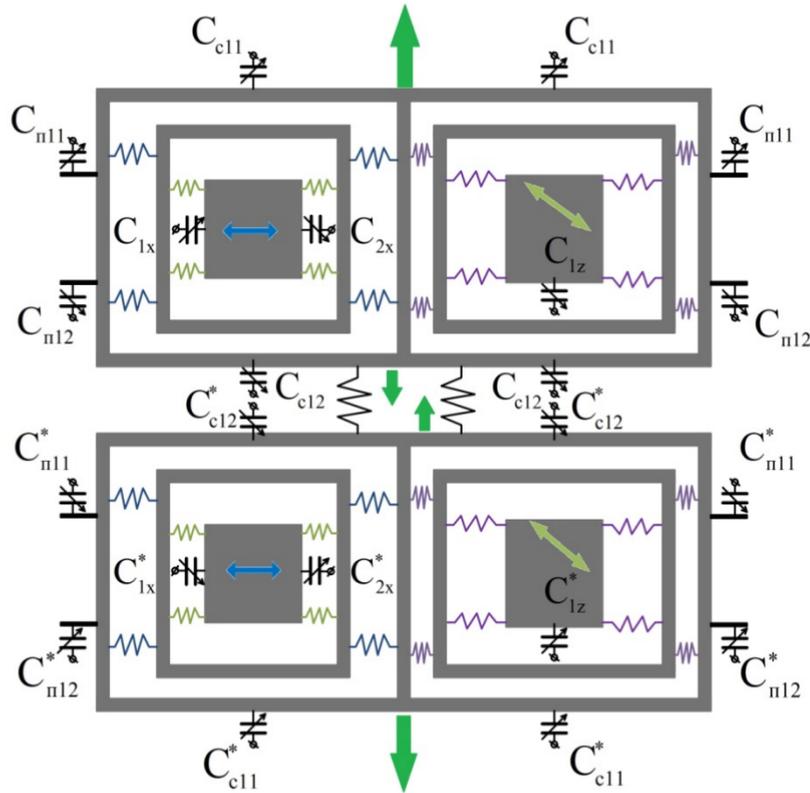
Электростатическая сила

$$F_y = \frac{\partial E}{\partial y} = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot N \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{h}{d} \cdot V^2 = N \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{h}{d} \cdot V^2$$



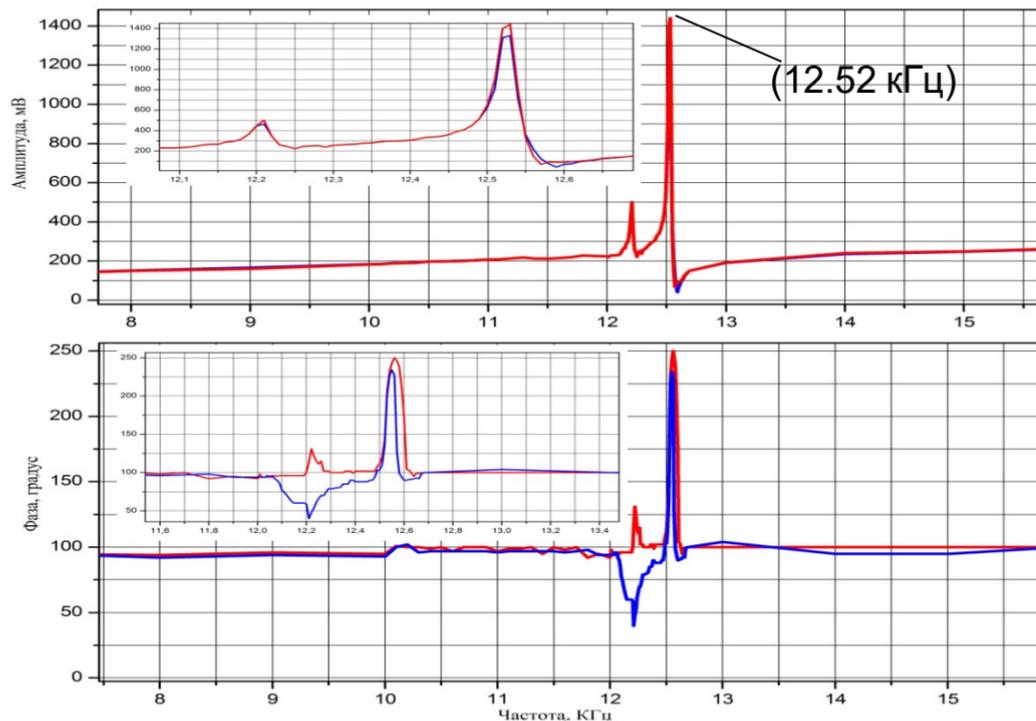
N - число пальцев подвижного электрода;
 h_1 - высота пальцев;
 g_1 - длина пересечения пальцев;
 d_1, d_2 - разделительные зазоры между пальцами подвижного и неподвижного электродов

$$\sum C_y = N \cdot (C_{1y} + C_{2y}) = N \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot g_1 \cdot h_1 \cdot \left(\frac{1}{d_{1y} + y} + \frac{1}{d_{2y} - y} \right)$$



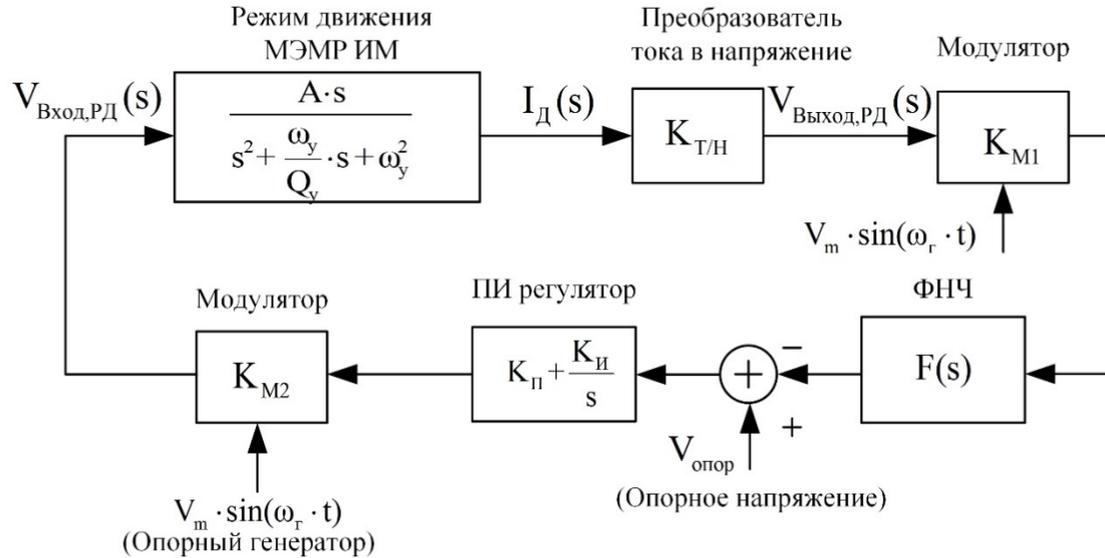
- 1- Режим движения
 - Возбуждение антифазных колебаний верхней и нижней масс (первичные колебания)
- 2- Режим чувствительности
 - Измерение изменений емкостей электродных структур при наличии переносных угловых скоростей и поступательных ускорений.

ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

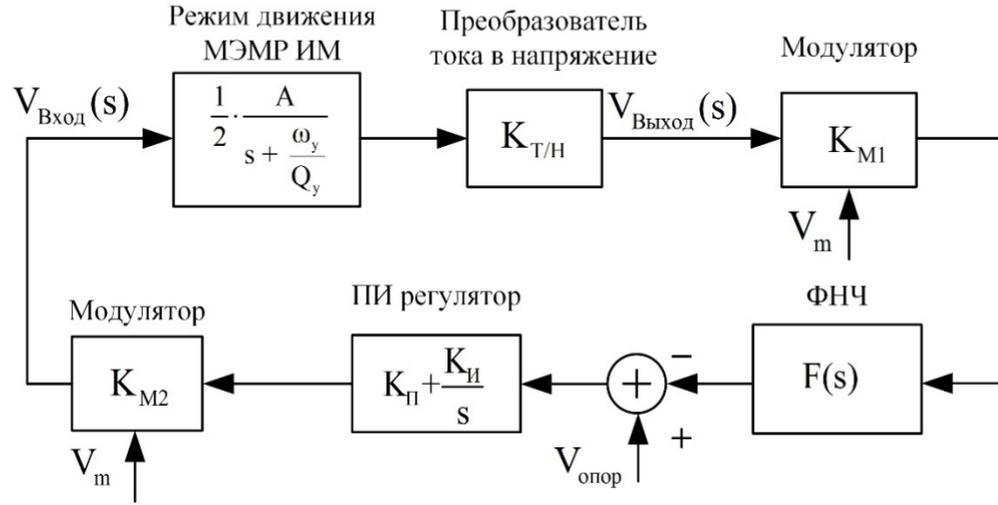


Частотная характеристика режима движения

УПРАВЛЕНИЕ СКОРОСТЬЮ ПЕРВИЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ



УПРОЩЕННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ ПЕРВИЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ

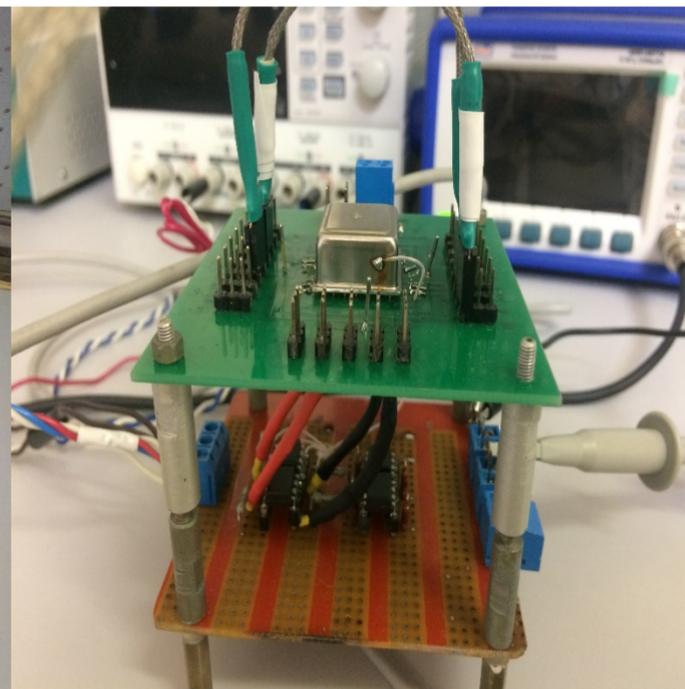
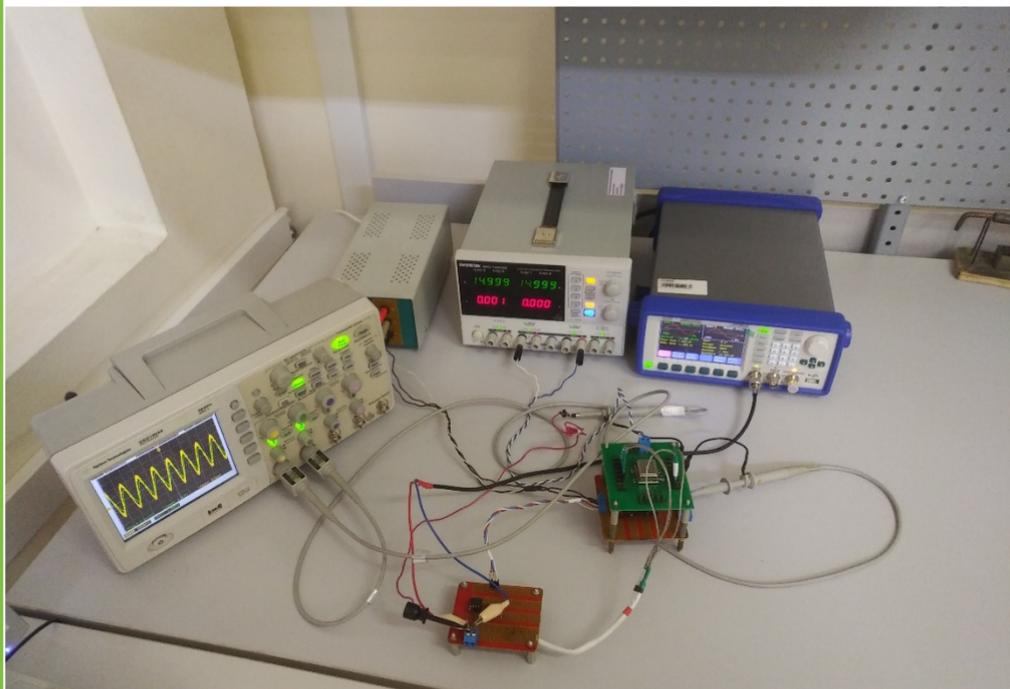


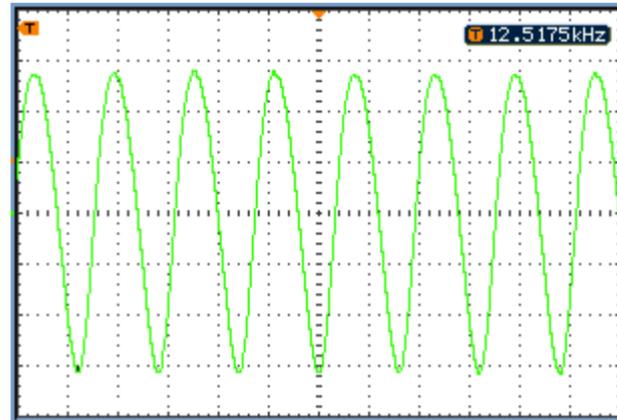
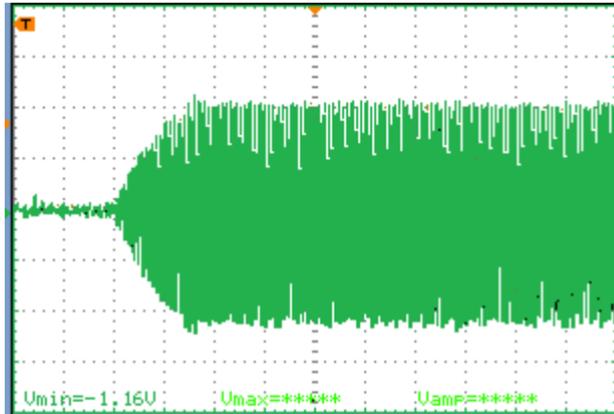
$$s + \frac{\omega_y}{Q_y} = s + \frac{K_I}{K_P} \rightarrow \frac{K_I}{K_P} = \frac{\omega_y}{Q_y}$$

$$K_P = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10}{A \cdot K_{T/H} \cdot K_{M1} \cdot K_{M2} \cdot K_P \cdot K_F}$$



УСТАНОВКА ДЛЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ КОЛЕБАНИЯМИ В РЕЖИМЕ ДВИЖЕНИЯ





Сигнал первичных колебаний

Спасибо за внимание