

Моделирование микрогироскопа RR-типа. 1

Хват А.В., Ширвель П.И., Чигарев В.А.

Белорусский национальный технический университет

Освоение технологии изготовления 3D механических структур с использованием оборудования, применяемого в микроэлектронике, открыло путь к созданию сверхминиатюрных электромеханических систем. Одной из таких систем является микрогироскоп. По виду движения инерционной массы различаются микрогироскопы с различными комбинациями вращательных и поступательных движений (RR, RL, LR, LL). В данной работе рассматривается микрогироскоп RR-типа (Bernstein, Растопов, Мухуров). Для микрогироскопов RR типа движение инерционной массы в режиме движения и чувствительности носит вращательный характер (Bernstein). Конфигурация чувствительного элемента гироскопа, включающей в себя ротор, недеформируемые и деформируемые элементы подвеса с анкером, вытравлена в кремниевой пластине с помощью технологий микрообработки (аналогично технологии изготовления однокристалльных интегральных микросхем). Анкерочувствительный 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.

На первом этапе исследовалась возможность повышения эффективности работы указанной микроэлектромеханической системы. Была построена структурная схема микрогироскопа с огибающей обратной связью по моменту, предложена передаточная функция по скорости микрогироскопа, подобран коэффициент передачи, который не зависит от степени демпфирования. Показано, что динамические характеристики микрогироскопа могут быть улучшены, если обеспечить контур компенсации момента сил инерции Кориолиса, т.е. гироскоп в этом случае будет работать в режиме компенсационно преобразования. Контур компенсации (цепь обратной связи) включает датчик момента, формирующий момент противоположный моменту сил инерции Кориолиса, т.е. сдвинутый по фазе на угол π на несущей частоте. В свою очередь датчик момента должен компенсировать амплитуду огибающей колебаний на частоте, измеряемой угловой скорости. Так как управление идет на частоте огибающей, резонансная настройка микрогироскопа не нарушается. Установлено, что при условии резонансной настройки для микрогироскопа, работающего в режиме прямого преобразования,

передаточная функция по синфазной составляющей приближается к прибору интегрирующего типа с передаточной функцией аperiодического звена, а квадратурная составляющая выходного сигнала меньше синфазной составляющей (Растопов, Banks).

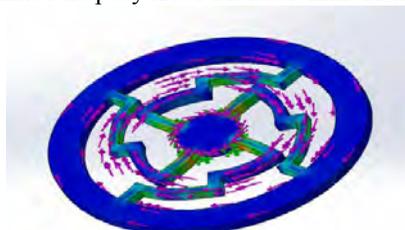
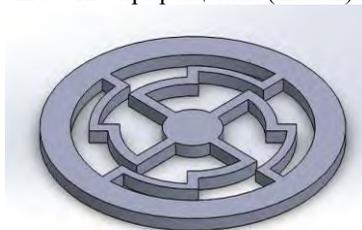
УДК 519.621.64

Моделирование микрогироскопа RR-типа. 2

Хват А.В., Ширвель П.И., Чигарев В.А.

Белорусский национальный технический университет

На втором этапе исследования был проведен статический прочностной анализ для данной модели при условии, что анкер микрогироскопа жестко закреплен и приложен вращающий момент. В инженерной практике рассматривается, как правило, материалы на основе монокристалла кремния. Заметим, что с позиций механики кремний почти идеально подчиняется закону Гука: энергия деформирования практически не рассеивается (материал не подвержен гистерезису). Анализ таких систем не зависит от траектории; последовательность приложения нагрузок и количество приращений (шагов) не влияют на результат вычислений. Как



известно, прочность элементов конструкции связана с расчетом их напряженно-деформированного состояния. Рассмотрим консервативное поведение конструкции микрогироскопа на примере расчета напряженного и деформированного состояний 3D модели микрогироскопа RR-типа, выполненной в Solid Works (слева на рисунке). Эпюра напряжений микрогироскопа RR-типа представлена справа на рисунке: максимальное напряжение достигает значения 1455 мкН, а минимальное – 0,3 мкН.

Таким образом, предложенный численный подход может использоваться для расчетов напряженно-деформированного состояния мехатронных систем управления, создаваемых на базе микрогироскопа и используемых в системах стабилизации и навигации (Banks), – например, мобильных микророботов различного назначения). Также рассматриваемая модель может быть в дальнейшем модифицирована за счет оптимизации определенных характеристик демпфера (Растопов, Мухуров).