

В качестве маховиков энергии для аккумуляторов используются в транспортных системах, а также для получения мощных импульсов энергии. Для увеличения КПД маховика возможно размещение его в среде водорода или гелия.

Запасаемая маховиком энергия на единицу массы выражается формулой:

$$W_0 = k_s \cdot \sigma \cdot \left(\frac{1}{\rho}\right),$$

где  $k_s$  - коэффициент формы колеса;  $\sigma$  - допустимое механическое напряжение материала;  $\rho$  - плотность колеса.

Для максимального накопления энергии маховик изготавливают из материала малой плотности, но обладающего большой удельной прочностью. С этой целью в маховиках применяют композиционные материалы, имеющих большую удельную прочность.

Наиболее реально использовать маховики в системах гарантированного питания сравнительно небольшой мощности (0,5 ... 1 МВт). В нашей стране создана опытная установка СГЭП-500 мощностью 500 кВт, позволяющая обеспечивать электроснабжение особо ответственных потребителей, когда допустимое время перерыва составляет 0,2 ... 0,3 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИНТЕГРАЛЬНЫХ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ

Т.В. Карасева

Арзамасский филиал Нижегородского государственного технического  
университета, г. Арзамас

Создание интегральных датчиков с объединением микромеханических чувствительных элементов (ЧЭ) и электронных схем в одну конструкцию стало возможно благодаря современной технологии микроэлектронной аппаратуры.

На данном этапе слабо исследовали влияние неидеальности формы профиля исходных кремниевых пластин, являющихся заготовками, и анизотропного характера химического травления на конструктивно-механические параметры ЧЭ.

В работе проведено исследование влияние анизотропного характера химического травления и неидеальности геометрического профиля исходных кремниевых пластин на конструктивные параметры чувствительных масс, упругих подвесов интегральных акселерометров.

кремниевых мембран датчиков давления, и механические свойства ЧЭ при их изготовлении, а также разработаны способы компенсации дестабилизирующих факторов.

Были получены следующие основные результаты:

1. Выполнена оценка влияния размерной обработки монокристаллического кремния на конструктивные параметры ЧЭ и жесткость упругих элементов интегральных акселерометров и датчиков давления. На основе проведенных исследований определены наиболее влияющие на конструктивно-механические параметры ЧЭ факторы, требующие детального рассмотрения.

2. Для объективной оценки влияния анизотропного характера химического травления монокристаллического кремния и неидеальности профиля исходных кремниевых пластин в качестве способа контроля процесса травления применено контрольное подтравливания со стороны, противоположной стороне глубокого травления, исключившее тем самым влияние температуры и концентрации травителя на параметры элементов при размерной обработке.

3. Выполнен анализ основных закономерностей формирования микромеханических структур ЧЭ интегральных акселерометров и датчиков давлений с учетом влияния анизотропного характера химического травления монокристаллического кремния и его влияния на конструктивно-механические параметры элементов. На основе проведенного анализа разработана методика, позволяющая прогнозировать выходные характеристики ЧЭ с учетом анизотропного химического травления, и технологический способ компенсации рассматриваемых факторов за счет изменения конструктивных параметров элементов при проектировании фотосаблонов в условиях производства. Разработанный способ позволяет повысить точность чувствительной массы на 20%, а точность воспроизводимости жесткости упругих элементов -- более чем в два раза.

4. Рассмотрены закономерности формирования размерных погрешностей ЧЭ интегральных акселерометров и датчиков давлений с учетом неидеальной формы исходной кремниевой пластины из монокристаллического кремния (неплоскостность и непараллельность) и их дальнейшая трансформация в выходные характеристики элементов. На основе теоретического анализа разработан способ компенсации непараллельности профиля пластин, который позволяет повысить точность воспроизведения толщины упругих подвесов интегральных акселерометров и кремниевых мембран интегральных датчиков давлений примерно на 25%, а выход годных изделий по предварительным оценкам с 35% до 50%.

5. Выполнен анализ основных технологических погрешностей при формировании ЧЭ интегральных акселерометров и датчиков давлений и разработана методика оценки суммарной погрешности при размерной

обработке, которая позволяет прогнозировать выходные характеристики датчика.

6. Разработана математическая модель технологического процесса изготовления ЧЭ интегральных акселерометров. Полученная модель и проведенные экспериментальные исследования позволяют оценивать выходные характеристики ЧЭ на этапе проектирования и оптимизировать режимы технологических операций.

7. Разработана экспериментальная установка для оценки влияния технологических операций на жесткость упругих элементов интегральных акселерометров и датчиков давления. Проведены экспериментальные исследования, подтвердившие правильность теоретической оценки вариации жесткости упругих элементов в условиях производства.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МНОГОПОЗИЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

Е.А. Попов

Санкт-Петербургский государственный технический университет,  
г. Санкт-Петербург

Повышение эффективности передачи дискретных сообщений по радиоканалам в условиях, когда имеются технико-экономические ограничения на работу радиосистемы, было и остается одной из основных задач, стоящих перед разработчиками аппаратуры передачи и приема сигналов.

В работе рассматривается возможность повышения эффективности передачи информации путем использования различного вида многопозиционных спектрально-эффективных сигналов с управляемой межсимвольной интерференцией.

Рассмотрены многопозиционные сигналы с АФМ, у которых вид комплексной огибающей зависит как от данного передаваемого символа, так и от предшествующих и последующих символов. При этом символы  $d_r$  принадлежат  $m$ -ичному алфавиту  $d_r = (m - 2r + 1)/(m - 1)$ ,  $r = 1, 2, \dots, m$ .

Построенные подобным образом последовательности сигналов имеют существенно лучшие спектральные и временные характеристики, чем известные сигналы с АФМ длительности  $T$ . Кроме того, преимуществом многопозиционных сигналов с АФМ является относительная простота их формирования и приема. К недостаткам следует отнести существенное снижение помехоустойчивости при больших значениях  $m$  объема канального алфавита.