

# МАЛОГАБАРИТНЫЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВИБРАЦИОННЫЕ ГИРОСКОПЫ:

## ОСОБЕННОСТИ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Пьезоэлектрические вибрационные гироскопы (ВГ) – разновидность микромеханических гироскопов. Пьезокерамика многофункциональна (прямой и обратный пьезоэффект), что упрощает конструкцию гироскопа и уменьшает его массогабаритные характеристики. В статье описаны основные принципы работы малогабаритных пьезоэлектрических ВГ, разработанных в ОАО "Элпа" в содружестве с МГТУ им. Н.Э.Баумана.

Гироскопы – это датчики, предназначенные для измерения скорости вращения и угловых перемещений объектов.

Существует множество видов гироскопов, однако лишь микромеханические гироскопы имеют малые габариты и относительно низкую стоимость. Появление этих приборов – результат развития микроэлектронных технологий. Сейчас работы в области микромеханических гироскопов ведут многие научные центры в США, Японии, России, Южной Кореи, Франции, Швейцарии, Швеции, Китае. Наиболее известными производителями гироскопов сегодня являются фирмы Murata, Tokin, Fujitsu, Futaba, JR-Graupner, Ikarus, CSM, Robbe, Hobbico и др. Среди микромеханических гироскопов выделим ВГ. Их принцип действия основан на регистрации силы Кориолиса, возникающей при вращении вибрирующего чувствительного элемента прибора.

Одно из направлений развития вибрационных микромеханических гироскопов – пьезоэлектрические ВГ. Применение пьезокерамических материалов в конструкции вибраторов, в отличие от вибраторов микромеханических кремниевых гироскопов, дает ряд преимуществ. Пьезокерамика служит для возбуждения колебаний в режиме обратного пьезоэффекта и для съема информации в режиме прямого пьезоэффекта. В "биморфных" пьезоэлектрических гироскопах этот же материал используется в качестве активной массы вибратора. Многофункциональность пьезокерамики значительно упрощает конструкцию вибратора и снижает его массу и габари-

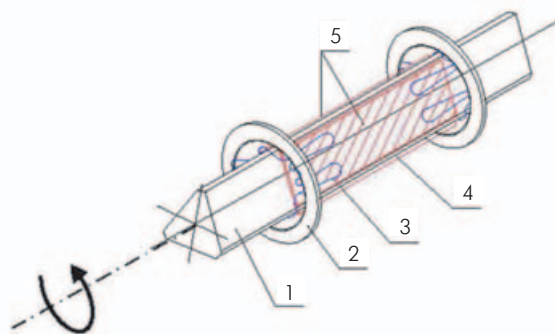
А.Сафронов, В.Никифоров,  
Д.Шахворостов, А.Калифатиди,  
В.Барыкин

ты. Кроме того, пьезокерамика имеет высокий коэффициент преобразования как в режиме прямого, так и обратного пьезоэффекта.

Недостаток таких гироскопов – нестабильность параметров при изменении температуры, связанная с температурной нестабильностью пьезокерамики. Справиться с данным недостатком можно, используя новые, более стабильные материалы.

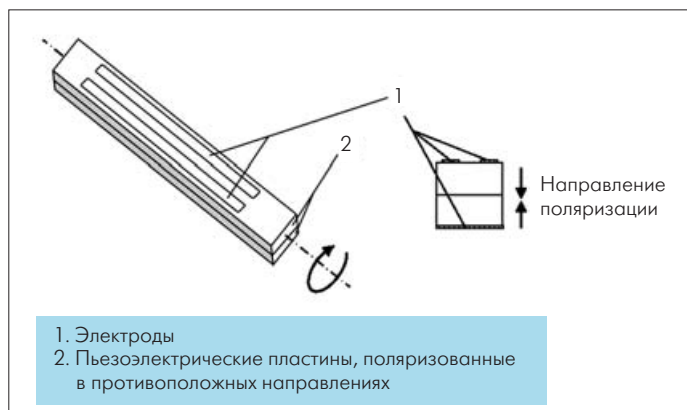
Пьезоэлектрические гироскопы миниатюризируются, их точность повышается. Сейчас их производят и в виде конструкции, предназначенной для поверхностного монтажа.

ОАО "Элпа" в содружестве с МГТУ им. Баумана разработало балочный ВГ. В приборе задействован вибратор (рис.1) с поперечным сечением в виде равностороннего треугольника (трехполюсный вибратор), основным элементом (активной массой) которого является балка. На каждой грани балки приклеен один пьезоэлемент (ПЭ), изготовленный из пьезокерамического материала ЦТС-40. На нижней стороне – воз-



1. Балка
2. Диск
3. Подвес упругий
4. Пьезоэлемент силовой
5. Пьезоэлементы измерительные

Рис.1. Вибратор балочного вибрационного гироскопа



1. Электроды  
2. Пьезоэлектрические пластины, поляризованные в противоположных направлениях

**Рис.2. Керамический биморфный вибратор**

буждающий вибрацию ПЭ, на боковых гранях – измерительные ПЭ.

Балка размещена на упругих подвесах, которые припаяны к дискам. С помощью дисков балка монтируется в корпус чувствительного элемента.

Чтобы снизить влияние изменения температуры на параметры гироскопа, балка изготовлена из прецизионного сплава марки 42НХТЮ. Сплав отличается высокой стабильностью модуля упругости, имеет повышенную коррозионную устойчивость и минимальный температурный коэффициент линейного расширения в интервале рабочих температур.

Однако конструкция гироскопа создает ряд проблем. Так, в изделии применялось клеевое соединение металла с керамикой, соответственно – характеристики гироскопа зависели от параметров клея. Кроме того, трехмерный процесс требовал сложной обработки сигнала, а сложный способ монтажа – использования чрезвычайно тонких проволочных соединений, которые необходимы для подачи напряжения и снятия сигнала с ПЭ и выполнены из платиново-серебряного сплава ПлСр20 с сечением 20 мкм · 5 мкм.

Применение керамического биморфного вибратора (рис.2) в конструкции гироскопа позволяет снизить себестоимость и трудоемкость, т.е. решить проблемы трехполюсного вибратора.

Особенность керамического биморфного вибратора – наличие двух склеенных поляризованных керамических пластин.

**Характеристики пьезоэлектрических вибрационных гироскопов**

	<b>БВГ-500</b>	<b>БВГ-3</b>	<b>БВГ-4</b>
Напряжение питания (постоянное), В	5±0,5	±11 ... ±15,5	±11 ... ±15,5
Потребляемый ток, мА, не более	15	8	8
Максимальная измеряемая угловая скорость, град/с	±300	±600	±8000
Выходное напряжение при угловой скорости = 0, В	2±0,5	1,0±0,5	1,0 ±0,5
Коэффициент преобразования, мВ/град/с	5±0,15	13,2±2	1,0 ±0,15
Разрешение, град/с	0,02	0,1	0,1
Температурный коэффициент, %	±5	±5	±5
Линейность, %	±5	±5	±5
Дрейф нуля, град/с, не более	±0,5	±1,5	±1,5
Диапазон рабочих температур, °С	-25... 70	-60...85	-60...85

Напряжение, прилагаемое к сформированным на плоской верхней поверхности правому и левому электродам, возбуждает вибратор благодаря расширению одной из пластин и сжатию другой. Вибрации обнаруживают правый и левый электроды, расположенные на верхней поверхности вибратора. Полезный выходной сигнал гироскопа снимается с тех же электродов, что служат для возбуждения вибраций.

В корпусе гироскопа вибратор крепится на поддерживающих штырях в точках с наименьшей амплитудой колебаний. Эти штыри (упругие подвесы в вибраторе трехполюсного типа) функционируют и как электрические соединения. Поэтому можно отказаться от проволочных соединений, используемых в вибраторах трехполюсного типа.

Гироскопы монтируются на печатную плату как простой чип и включают в себя интегральную микросхему для возбуждения колебаний и регистрации угловой скорости вибратора. Это позволяет значительно уменьшить монтажную площадь и освободить пространство для других компонентов печатной платы.

В прошлом ВГ выпускались с большим числом навесных элементов. Поэтому для их монтажа требовалась ручная пайка. Гироскопы же, предназначенные для поверхностного монтажа, допускают быстрый монтаж высокой плотности упаковки с помощью автоматизированных устройств.

По основным характеристикам миниатюрные гироскопы не уступают своим более габаритным аналогам. Более того, благодаря уменьшению размеров вибратора некоторые их характеристики улучшаются (см. таблицу, где БВГ-3,4 – гироскопы с треугольным вибратором, БВГ-500 – гироскопы с "биморфным" вибратором).

В будущем малогабаритные биморфные гироскопы могут применяться во многих областях. Они будут задействованы в цифровых камерах, в устройствах управления движениями роботов и радиоуправляемых моделей, координато-указательных устройствах, головных дисплеях, а также в устройствах, где необходим контроль угловых перемещений. ○

## НОВЫЕ КНИГИ

ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"

К.Б. Джуринский

**Миниатюрные коаксиальные радиокомпоненты для микроэлектроники СВЧ.**

Москва: Техносфера, 2006

В книге впервые систематизированы и обобщены данные по отечественным и зарубежным радиокомпонентам для современной микроэлектроники СВЧ. На основе обширного фактического материала автор рассмотрел конструкцию и основные параметры современных отечественных и зарубежных радиокомпонентов: коаксиально-микрополосковых переходов, кабельных соединителей, адаптеров, высокочастотных и низкочастотных вводов, изоляционных стоек, фильтров помех.

### Как заказать наши книги?

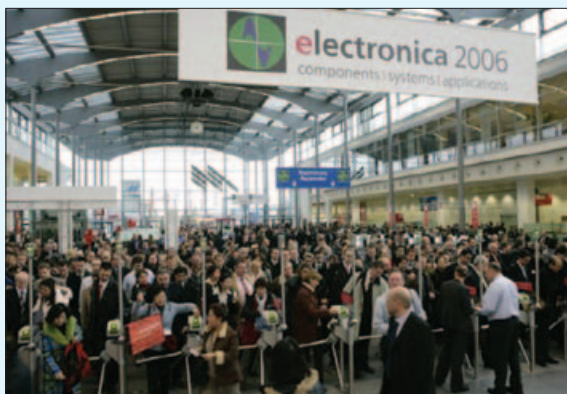
По почте: 125319 Москва, а/я 594

По тел./факсу: (495) 956-3346, 234-0110

E-mail: [knigi@technosphera.ru](mailto:knigi@technosphera.ru); [sales@technosphera.ru](mailto:sales@technosphera.ru)

### Electronika-2006: наши в Мюнхене

С 14 по 17 ноября 2006 года Мюнхен был центром мировой электроники. Около 3000 компаний со всего мира (47 стран) – из США, Юго-Восточной Азии, Европы, России – демонстрировали здесь свои достижения и возможности. Россию в этом году представляли 27 фирм. 14 огромных павильонов общей площадью 152 тыс. м<sup>2</sup> в течение четырех дней привлекли внимание 78 тыс. посетителей – на 5% больше, чем год назад. Территория выставки была столь велика, что посетителям приходилось пользоваться предлагаемыми самокатами.

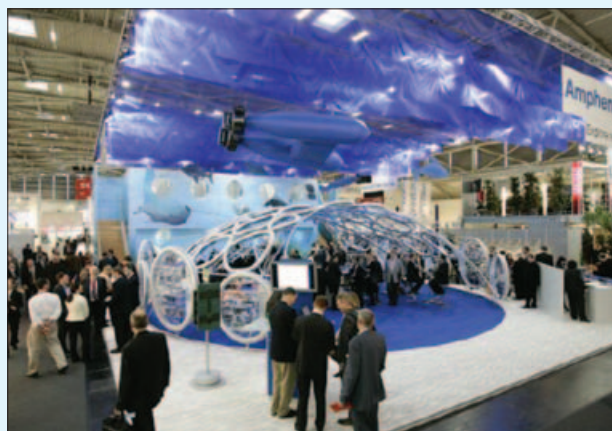


Выставка Electronika проводится в Мюнхене каждые два года, начиная с 1964 года. Однако впервые в качестве экспонентов в ней участвовали ведущие российские СМИ, работающие в области электроники: журналы "ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес" и "Печатный монтаж" были представлены РИЦ "Техносфера". Свою продукцию демонстрировали издательский дом "Электроника", журналы "Компоненты и технологии" и Chip News. Российские СМИ вызвали огромный интерес. С ними ознакомились множество посетителей и участников выставки, в том числе представители иностранных фирм. Их поразило, что российские компании участвуют в крупнейшей мировой выставке без государственной поддержки. Но в первую очередь представителей иностранных фирм интересовала, конечно, возможность выхода на российский рынок и поиск потенциальных партнеров в России. А специализированная пресса в этом деле незаменима.

Неподдельный интерес проявили зарубежные фирмы к российским компаниям-производителям и дистрибьюто-



рам. Все это свидетельствует о растущей привлекательности российского рынка для высокотехнологичных зарубежных фирм.



Хочется надеяться, что в дальнейшем такое достойное мероприятие, как выставка Electronika, привлечет новых посетителей, а число российских компаний-участников будет расти. Это не только благоприятно повлияет на развитие российской дистрибьюторской сети, но и позволит отечественным компаниям-производителям достойно представить свою продукцию на мировом рынке.

И. Кибардина