



Инерциальные МЭМС-датчики производства АО «ГИРООПТИКА»

Александр Бекмачев (bae@favorit-ec.ru),
Наталья Попова (pop_na@gyro.ru)

На предприятии АО «ГИРООПТИКА» освоен полный цикл производства микроэлектромеханических (МЭМС) чувствительных элементов для изготовления преобразователей линейного ускорения (акселерометров) и угловой скорости (гироскопов). На базе преобразователей разрабатываются и собираются инерциальные измерительные модули, которые, в зависимости от конечного назначения, могут быть комплексированы с приёмниками сигналов спутниковых навигационных систем.

АО «ГИРООПТИКА» ознаменовало своё 26-летие созданием замкнутого конструкторско-технологического комплекса по разработке и производству микросистемной техники. Это одно из ведущих отечественных предприятий, чьи компетенции сосредоточены в области разработки и производства МЭМС-преобразователей линейного ускорения и угловой скорости, инерциальных измерительных приборов и навигационных систем.

Выбранный в 1997 г. вектор развития компании подразумевал под собой отказ от аутсорсинга и интеграцию основных технологических операций внутри предприятия. Ключом к успеху стало сочетание научной, проектно-конструкторской и производственной деятельности в творческом коллективе. 25% сотрудников предприятия имеют кандидатские или докторские степени в области технических наук. На счету АО «ГИРООПТИКА» более 150 научно-технических публикаций в отраслевых

журналах. Показателем продуктивности выбранного подхода служит и весомый объём технологических и инженерных решений компании, защищённых патентами РФ.

К 2014 году за счёт освоения ключевых компетенций на единой научно-производственной площадке в г. Санкт-Петербурге компанией была реализована концепция производства „in-house production“. Совершив ряд технологических прорывов, АО «ГИРООПТИКА» продолжает совершенствовать процессы и наращивает на собственном производстве количество операций, аналогов которым нет в России.

Тенденции развития современных МЭМС-систем целиком соответствуют концепции „More Than Moore“, когда потребность в уменьшении размеров одновременно требует и расширения их интеллектуальных функций. В 2017 г. были выпущены первые МЭМС-системы, предназначенные для эксплуатации в малогабаритных устройствах.

За счёт изменения процесса монтажа составных частей габаритные размеры были снижены на 10% по сравнению с выпускавшимися ранее. Излишне говорить, что таким образом было достигнуто не формальное, а подлинное импортозамещение в наиболее чувствительных областях отечественной техники.

История миниатюризации инерциальных измерительных и навигационных модулей АО «ГИРООПТИКА» проиллюстрирована на рисунке 1. Приведённые данные отражают состояние изделий для жёстких условий эксплуатации, имеющих механически прочные корпуса. Самый миниатюрный блок, предлагаемый сегодня компанией, весит не более 50 г и по своему объёму не превышает 37 см³. Встраиваемые OEM-блоки имеют ещё более компактные размеры и меньший вес.

В соответствии с планом развития АО «ГИРООПТИКА» системно наращивает продуктовый портфель с целью расширения присутствия на перспективных рынках. Ряд измерительных блоков и навигационных систем был адаптирован или разработан заново для применения в беспилотных летательных и наземных аппаратах, на коммерческом автомобильном и железнодорожном транспорте, в дефектоскопах, в буровых машинах и в робототехнике.

Краткое описание назначения модулей, характеристики которых приведены в таблице 1:

- БИЧЭ (блок инерциальных чувствительных элементов) – миниатюрное решение для определения линейных ускорений и угловых скоростей объекта для дальнейшего вычисления его положения в пространстве и стабилизации в системах более высокой интеграции;
- гировертикаль – решение для определения направления истинной вертикали места или плоскости горизонта, а также измерения углов наклона (крена и тангажа) объекта относительно этой плоскости;
- курсовертикаль – мобильное решение, которое позволяет, помимо углов наклона (крена и тангажа), измерять курс объекта;

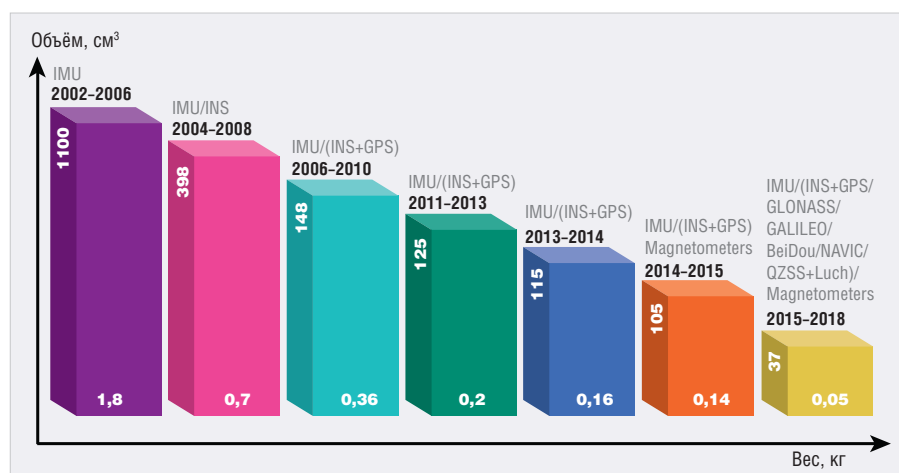


Рис. 1. Динамика миниатюризации инерциальных измерительных и навигационных модулей АО «ГИРООПТИКА» за период 2002–2018 гг.

- БИНС (бесплатформенная инерциальная навигационная система) – система для решения сложных задач навигации, ориентации и стабилизации подвижных объектов. Обеспечивает непрерывную выработку информации о курсе, координатах, скорости движения и параметрах угловой ориентации объекта. Возможно комплексование со спутниковой навигационной системой (СНС) и магнетометрическими преобразователями по тесно связанному алгоритму.

Конструктивной особенностью рассматриваемых изделий является применение в преобразователях капсулированных микромеханических чувствительных элементов в сочетании со специализированной сверхбольшой интегральной схемой (СБИС СнК) многофункционального назначения, обрабатывающей цифровую и аналоговую информацию в одном кристалле. Благодаря применению нанотехнологий при формировании слоёв газопоглотителей, технологий травления и анодной сварки пластин стекло–кремний–стекло, капсулированные микромеханические чувствительные

Таблица 1. Комбинации характеристик специализированных инерциальных и навигационных модулей для различных отраслей

Характеристики	Функциональное назначение модуля			
	БИЧЗ (IMU)	Гиригоризонт (VRU)	Курсовертикаль (AHRS)	БИНС (INS)
Характеристики гироскопов: - диапазон измерения - нестабильность нуля в запуске (девиация Аллана), не более - случайный угловой уход (девиация Аллана), не более - погрешность масштабного коэффициента в температурном диапазоне, не более	±9000 °/с 10 °/ч 0,2 °/с/√Гц 0,5%	±499 °/с 2 °/ч 0,083 °/с/√Гц 0,3%	±499 °/с 2 °/ч 0,083 °/с/√Гц 0,3%	±3000 °/с 2 °/ч 0,083 °/с/√Гц 0,3%
Характеристики акселерометров: - диапазон измерения - нестабильность нуля в запуске (девиация Аллана), не более - погрешность масштабного коэффициента в температурном диапазоне, не более	±30g 50 мкг 0,3%	±30g 30 мкг 0,2%	±30g 30 мкг 0,2%	±30g 30 мкг 0,2%
Точность определения углов тангажа и крена (1σ) - при прямолинейном движении - в динамике	- -	без коррекции по СНС: 0,6° с коррекцией по СНС: 0,3° без коррекции по СНС: 1° с коррекцией по СНС: 0,7°		
Точность определения угла курса (азимута) (1σ)	-	без коррекции по СНС/магнитометрам 1,5° за 30 с	с коррекцией по магнитометрам 1,5°	с коррекцией по СНС/магнитометрам 1,0°
Точность определения координат (2σ)	-	без коррекции по СНС -50 м за 30 с	без коррекции по СНС -50 м за 30 с	- с коррекцией по СНС -5 м в горизонтальной плоскости, -8 м по высоте
Рабочая температура, °С	-55...+60			

МЫ РАСТИМ БУДУЩЕЕ...

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ

Россия, 105318, Москва, Семеновская площадь, д.7, e-mail: info@favorit-ec.ru, тел/факс: +7(495) 627 76 24, www.favorit-ec.ru

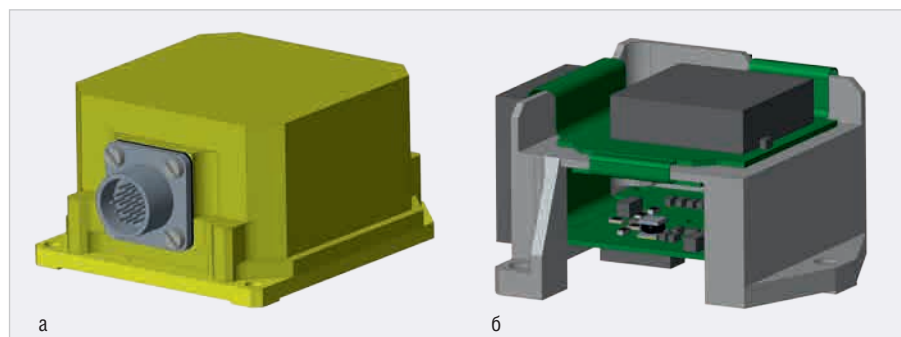


Рис. 2. БИЧЭ-100-мини: а) корпусное исполнение IP67; б) бескорпусное исполнение

Таблица 2. Основные характеристики преобразователей угловой скорости из состава БИЧЭ-100-мини

Характеристика	Значение
Диапазон измерения, °/с	±300
Погрешность масштабного коэффициента (1σ), %, не более	0,5
Нестабильность нуля («не нуль»), в том числе в условиях хранения, °/с, не более,	0,2
Чувствительность к линейному ускорению, °/с/g, не более,	0,02

элементы изготавливаются полностью по групповой технологии с сохранением требуемого уровня вакуума на протяжении всего жизненного цикла изделия.

Гибкая, быстро перенастраиваемая система автоматического проектирования микромеханических структур и широкая номенклатура функциональных возможностей, заложенная в СБИС

Таблица 3. Основные характеристики преобразователей линейного ускорения из состава БИЧЭ-100-мини

Характеристика	Значение
Диапазон измерения, м/с ² (g)	±294 (±30)
Погрешность масштабного коэффициента (1σ), %, не более	0,2
Нестабильность нуля («не нуль»), в том числе в условиях хранения, не более, mg	10

СНК, позволяют обеспечивать режимы самотестирования и контроля текущего значения параметров при долгосрочном хранении и эксплуатации в составе аппаратуры высшего уровня интеграции.

Из новейших разработок особого внимания заслуживает блок БИЧЭ-100-мини (см. рис. 2). В отличие от других изделий, этот прибор универсален с точки зрения эксплуа-

тации и может быть выполнен в двух габаритных исполнениях:

- корпусное исполнение IP67: габаритные размеры 67,9×51×31,5 мм, масса 150 г, разъем – вилка MP1-19-1-B;
- бескорпусное исполнение: габаритные размеры 39,4×40,4×22 мм, масса 50 г, разъем – розетка Harwin M80-8980705.

БИЧЭ-100-мини можно использовать как в корпусе, т.е. с крышкой и основанием, так и в бескорпусном исполнении. Функциональное назначение остаётся прежним – определение линейного ускорения и угловой скорости объекта с целью вычисления его местоположения и стабилизации.

Общие для всех исполнений БИЧЭ-100-мини технические характеристики:

- напряжение питания 12 В;
- ток потребления 0,2 А;
- интерфейс RS-232;
- время готовности 5 с;
- диапазон рабочих температур от –55 до +60°С;
- частота выдачи данных до 1 кГц;
- полоса пропускания до 300 Гц;
- ударопрочность 100g в течение 3–4 мс.

Подтвержденные функциональные показатели преобразователей угловой скорости и линейного ускорения из состава БИЧЭ-100-мини приведены соответственно в таблицах 2 и 3.

НОВОСТИ МИРА

НОВЕЙШИЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ОПТИЧЕСКИХ И ФОТОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Keysight Technologies представила решения для когерентного тестирования и измерения параметров оптических компонентов сетей группы стандартов 400G/PAM4, охватывающие весь цикл создания изделия – от проектирования до измерения характеристик и тестирования на всех уровнях сети вплоть до производственных испытаний.

Модули нагрузки Keysight Ixia K400 QSFP-DD впервые в отрасли продемонстрировали передачу данных по сети 400G Ethernet на основе модуляции PAM4 с помощью оптических трансиверов QSFP-DD LR8 компании Source Photonics.

Контрольно-измерительные решения компании Keysight для измерений в оптическом диапазоне применялись в ходе исследований и разработки новых устройств, которые были продемонстрированы на конференции



OFC 2018. Данные решения стали неотъемлемой частью более чем двадцати демонстраций на этом мероприятии.

Кроме того, нагрузочный модуль Keysight Ixia K400 QSFP-DD 400GE был использован для демонстрации проверки совместимости новейших технологий в павильоне Альянса Ethernet (EA), а также для создания оптического канала 400GE между павильоном EA и павильоном 5525 Форума оптических коммуникаций (OIF).

Также Keysight Ixia K400 продемонстрировал передачу и приём данных по полнодуплексному каналу 400G Ethernet из павильона EA с помощью транспортной технологии для соединения оптики Finisar QSFP-DD с Juniper 400G. Аналогичным образом широкополосные осциллографы Keysight DCA были использованы для проверки совместимости в павильоне OIF.

www.keysight.com



14-й МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ

ТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ — ОСНОВА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ

проводится в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 5 апреля 2014 г. № 541-р

**15-17 мая 2018 г.,
Москва, ВДНХ,
павильон 75, «Россия»**

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ
ВЫСТАВКИ



ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Консолидация усилий власти, науки и бизнеса в развитии отечественного приборостроения для обеспечения нужд промышленности и оборонного комплекса страны, а также повышение эффективности российской системы измерений, совершенствование нормативной базы метрологии с учетом международных тенденций в целях поддержки инноваций и их продвижения.

ПРОГРАММА ФОРУМА



METROLEXPO

Метрология и Измерения

14-я выставка средств измерений, испытательного оборудования и метрологического обеспечения.



CONTROL&DIAGNOSTIC

Контроль и Диагностика

7-я выставка промышленного оборудования и приборов для технической диагностики и экспертизы.



RESMETERING

Учёт энергоресурсов

7-я выставка технологического и коммерческого учета энергоресурсов.



LABTEST

Лабораторное оборудование

6-я выставка аналитических приборов и лабораторного оборудования промышленного и научного назначения.



PROMAUTOMATIC

Приборостроение и автоматизация

6-я выставка оборудования и программного обеспечения для технологических и производственных процессов.



WEIGHT SALON

Весовой салон

2-я выставка весового оборудования.

Организаторы



РОССТАНДАРТ

Поддержка



Международные партнеры



Стратегический партнер



Ключевые партнеры выставки

Генеральный партнер



Устроитель и выставочный оператор



ДИРЕКЦИЯ ФОРУМА

Реклама

129344, Москва, ул. Искры, д. 31, корп. 1
Тел./Факс: +7 (495) 937-40-23 (многоканальный)

www.metrol.exprom.ru
E-mail: metrol@exprom.ru