

Высокоточные измерения амплитудных и векторных значений индукции магнитного поля на основе миниатюрных преобразователей Холла из гетероэпитаксиальных структур антимолибдита индия и типоряд датчиков физических величин на их основе.

Авторы:

А.П. Драпезо, А.В.Лосев ---- ООО «Научно-технический центр Вист групп сенсор» г. Минск

В.Г. Баев --- лаборатория физики перспективных материалов Научно-исследовательского института ядерных проблем Белорусского государственного университета

С.Н. Савицкий - ЧПУП «Артмаш»

Минск 2018г.

Магнитная чувствительность элемента Холла

$$\gamma = \frac{|U_x|}{Bn} = |R_x| Id^{-1} = I(end.)^{-1} = \left(\frac{Pb\mu_e}{dLen} \right)^{1/2}$$

где U_x – напряжение Холла на выходе датчика;

Bn – величина индукции магнитного поля;

P – мощность, рассеиваемая на ПХ;

$R_x = -1/en$ – коэффициент Холла;

n и μ – концентрация и подвижность электронов, соответственно;

b, L и d – ширина, длина и толщина пленки;

I – ток питания преобразователя;

e – заряд электрона

$(\alpha\xi)$ – коэффициент теплопроводности подложки

$$\gamma \sim (\alpha\xi)^{1/2} \xi.$$

$$\xi = (\mu e / d \cdot n)^{1/2}$$

Антимонид индия

Нелегированный антимонид индия обладает самой высокой подвижностью электронов (около **78000 см²/(В·с)**), а также имеет самую большую длину свободного пробега электронов (до 0,7 мкм при 300 К) среди всех известных полупроводниковых материалов,



Является узкозонным прямозонным полупроводником группы $A^{III}B^V$ с шириной запрещённой зоны 0.17 эВ при 300 К и 0,23 эВ при 80 К, также 0,2355 эВ (0 К), **0,180 эВ** (298 К);

Преобразователи Холла из антимонида индия обладают самыми высокими метрологическими и уникальными температурными характеристиками

УСТАНОВКИ для НАПЫЛЕНИЯ серии АУТО 500 для НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ и РАЗРАБОТОК

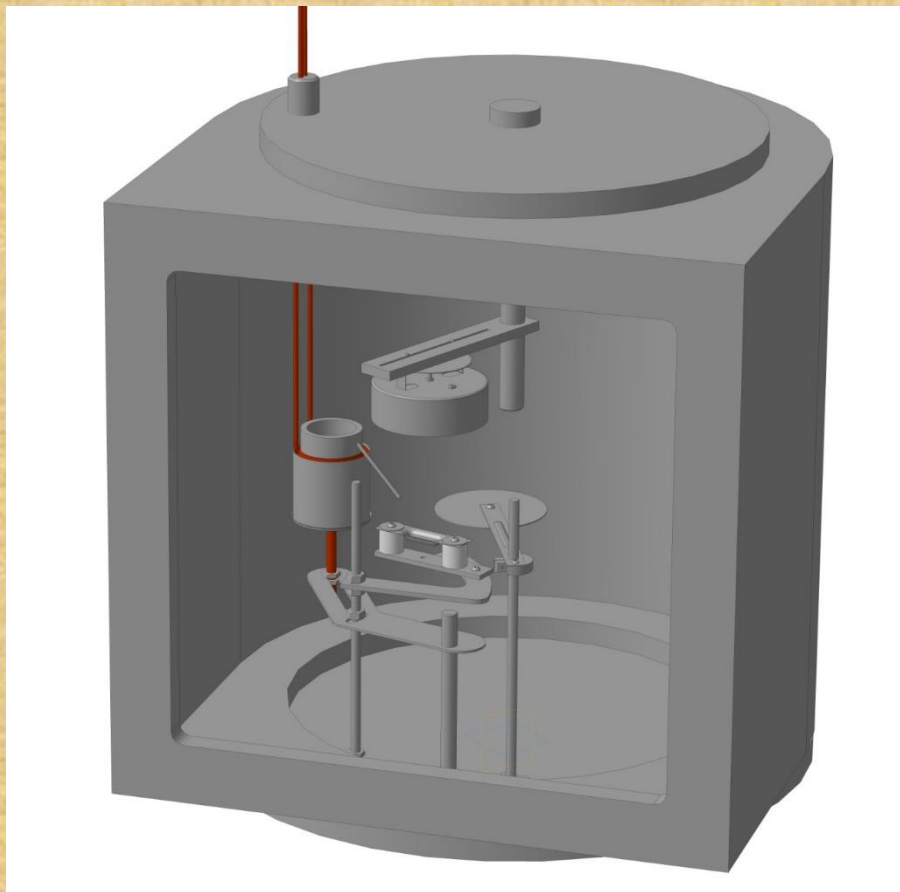
ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Камера FL500 из нержавеющей стали	диаметр 500 мм, высота 500 мм
Внутренние размеры камеры	433 мм x 402 мм
Диаметр смотрового окна	100 мм
Боковые фланцы	1 NW25, 1 NW38CF
Верхние фланцы	6 NW25
Размер подложкодержателя: Стандартный Максимальный	диаметр 260 мм диаметр 425 мм
Предельное остаточное давление	7×10^{-5} Па
Время откачки: до 1×10^{-3} Па до 2×10^{-4} Па	13 мин 60 мин
Тип высоковакуумного насоса: Диффузионный с азотной ловушкой	скорость откачки: 600 л/с
Турбомолекулярный с азотной ловушкой	500 л/с
Криогенный	800 л/с

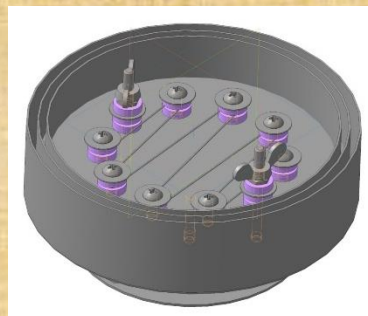


Разработка КД проводилась для вакуумной установки АУТО 500 и полностью адаптирована для выбранного технологического процесса «взрывного» напыления (вакуумной эпитаксии) гетероэпитаксиальных структур антимида индия на полуизолирующем арсениде галлия. По разработанной эскизной КД был изготовлен макетный образец подколпачного устройства.

Устройство вакуумной эпитаксии «Луч»



Подколпачное устройство вакуумной эпитаксии «Луч»



Вид молибденового нагревателя подложкодержателя



Подложкодержатель в сборе



Танталовый испаритель

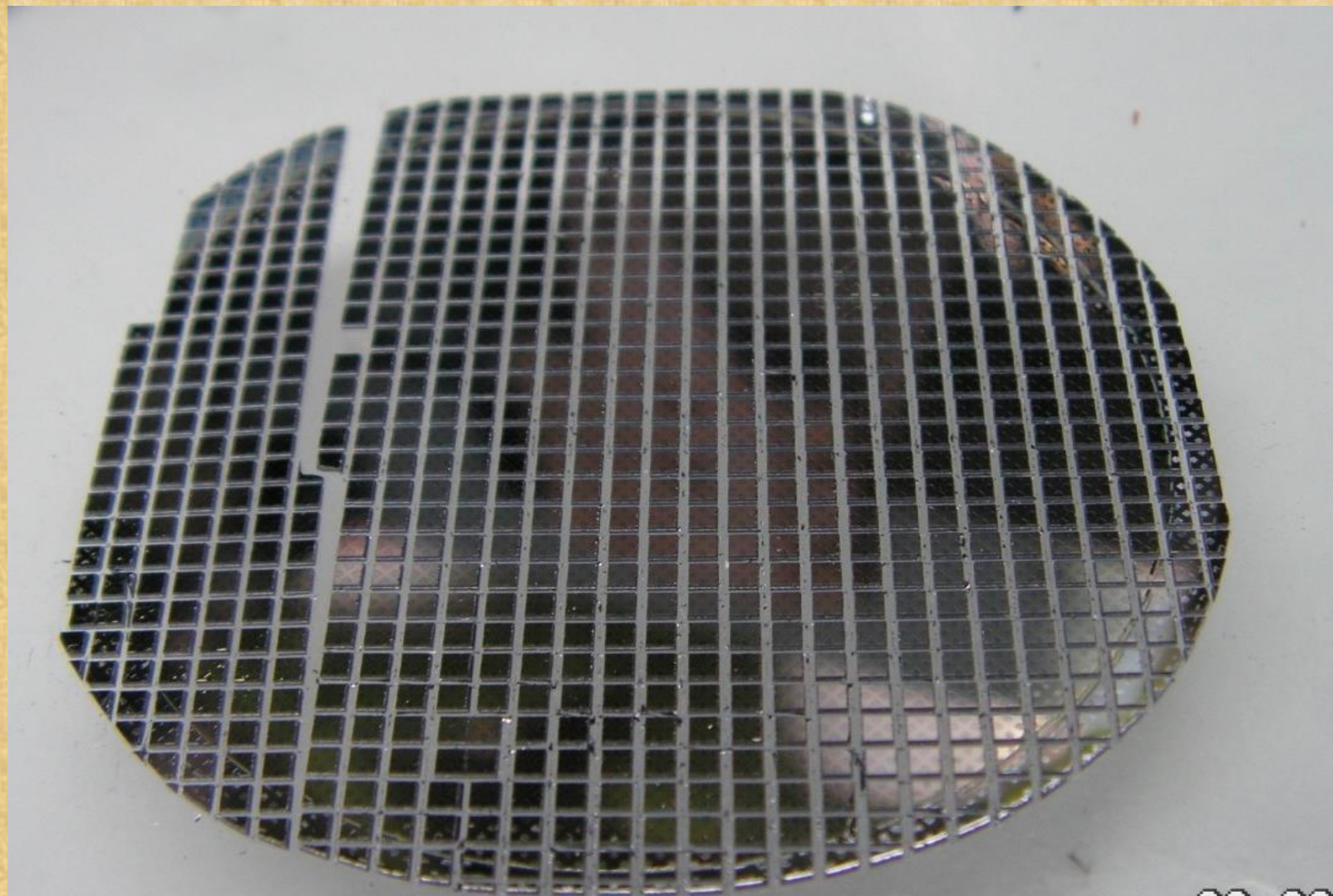


Вибробункер с специальным контуром водяного охлаждения

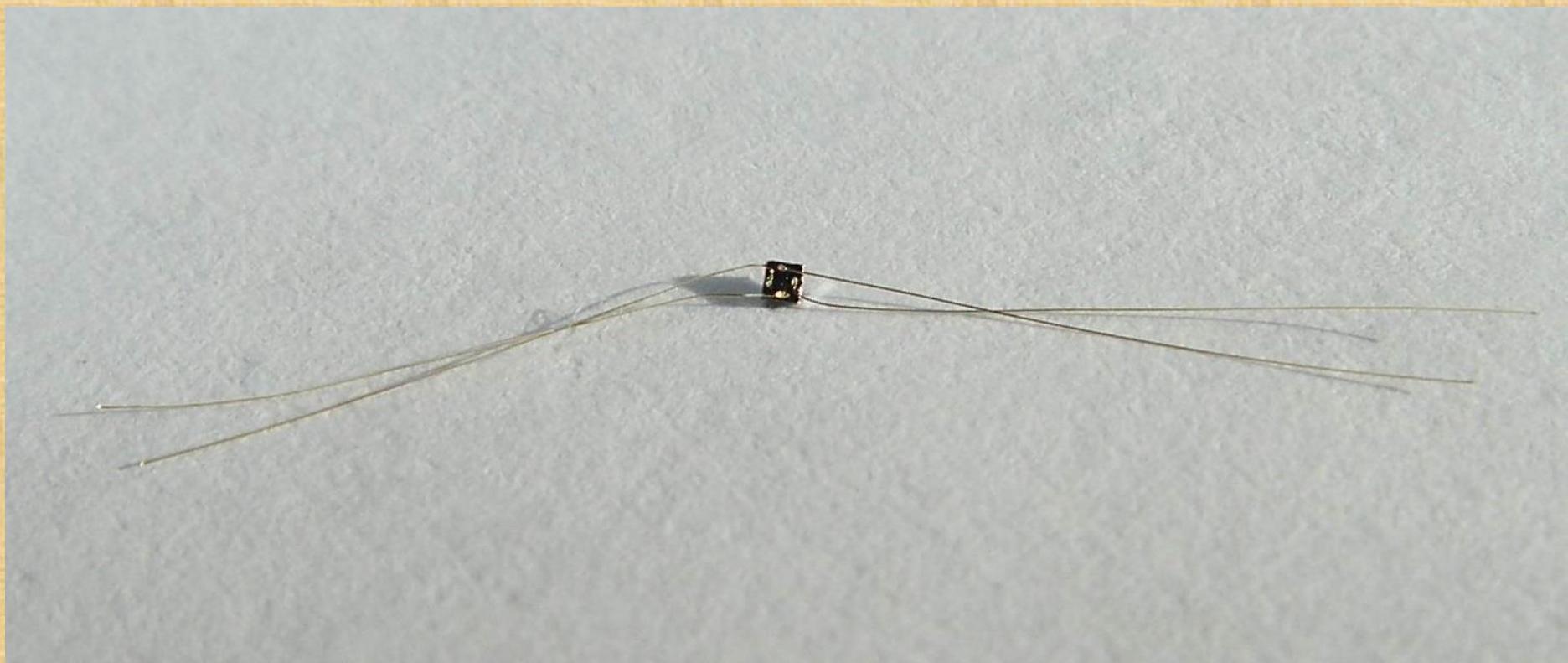
Технологический процесс изготовления МПХ



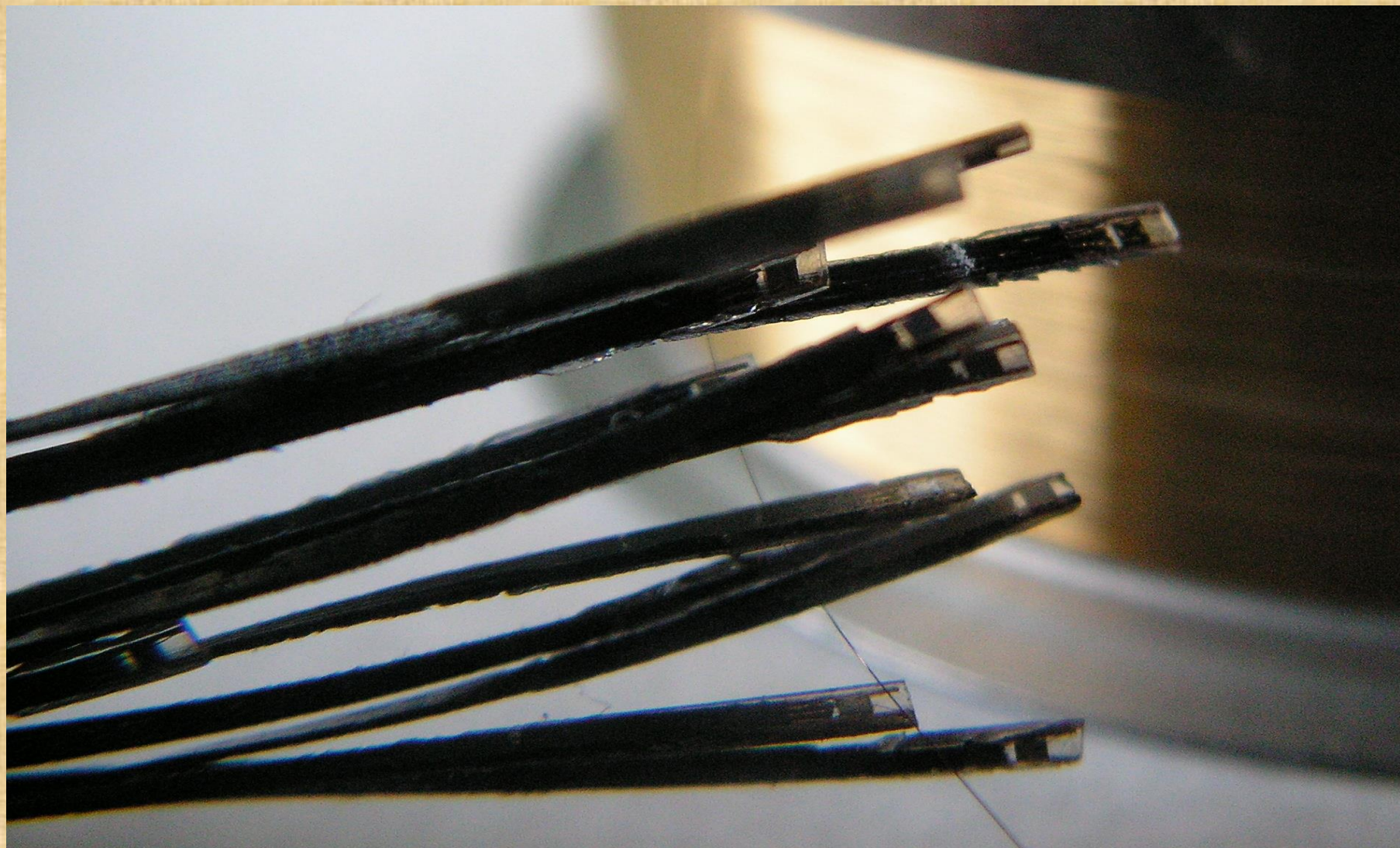
Пластина из гетероэпитаксиальной структуры n-InSb-i-GaAs с элементами Холла



Миниатюрный элемент Холла с выводами



Микроминиатюрный холловский преобразователь



Основные технические характеристики элементов Холла

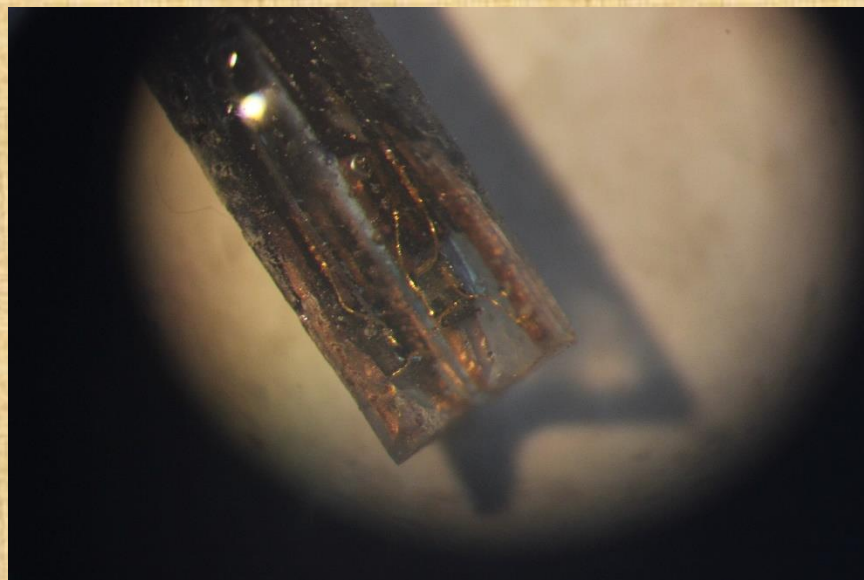
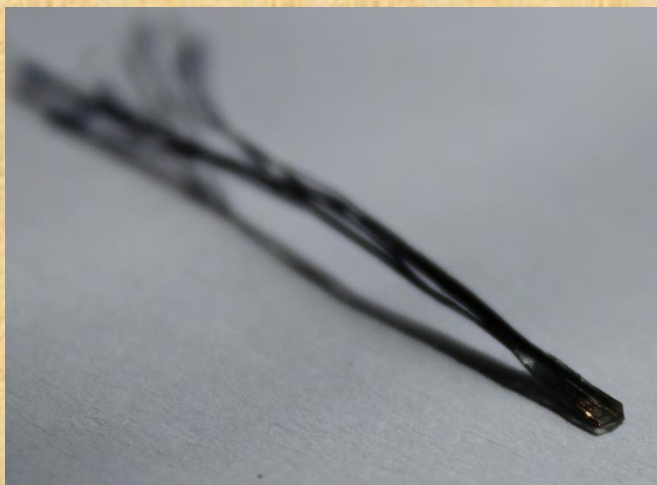
- Температурный коэффициент ЭДС Холла, не более ... 0,02 (0,002) % / К.
- Температурный коэффициент электросопротивления, не более 0,03 % / К.
- Коэффициент нелинейности по магнитной индукции, не более 0,3 %.
- Входное (выходное) сопротивление элемента Холла, не более .. 8 (2) Ом.
- Магнитная чувствительность, не менее 300 (100) мВ/Тл.
- Напряжение неэквипотенциальности, не более 50 (30) мкВ.
- Номинальный ток питания элементов Холла 30 (50) мА.
- Габариты элемента Холла в сборе, не более 0.12x1.2x70 мм.
- Габариты магниточувствительных кристаллов 0.5x0.5x0.07 мм.
- Концентрация носителей заряда (электронов), .. $1,4 \times 10^{17}$ ($1,1 \times 10^{18}$) см⁻³.
- Подвижность носителей заряда 2,0 м²В⁻¹с⁻¹.
- Рабочий температурный диапазон 0,1 ... 430 К;

Магнитометрические зонды



Миниатюрные трехкоординатные преобразователи Холла.

При векторных измерениях с высокими градиентами магнитной индукции, нами разработаны трехкоординатные магнитометрические зонды с минимальным расстоянием между чувствительными областями преобразователей Холла. Максимальное расстояние не превышает 600 мкм. Точность установки по угловым координатам не более 40 угловых минут.



Погрешности преобразователей Холла.

Напряжение неэквипотенциальности, обусловленная дрейфом остаточного напряжения, является одной из наиболее трудно устранимых составляющих погрешности преобразователей Холла. Дрейф главным образом связан с колебаниями температуры преобразователя и наличием градиента температур между его электродами. Одной из причин возникновения градиента температур является эффект Пельтье, который имеет место при питании преобразователя постоянным током. **Напряжение неэквипотенциальности является основной характеристикой определяющей применимость преобразователей Холла для измерения слабых магнитных полей.**

Погрешность **линейности** (K_n - коэффициент нелинейности) у различных типов преобразователей при измерении магнитной индукции от 0 до 10 Тл составляет 1—10%. Хорошей линейностью характеристик отличаются преобразователи Холла из **антимонида индия**, у которых погрешность линейности составляет 0,1—1% в диапазоне $B=0\div 2$ Тл и 1% при $B=0,1\div 10$ Тл.

Погрешность **расходимости** (K_p - коэффициент расходимости) – погрешность возникающая при измерении разнополярных величин магнитной индукции при измерении индукции от 0 до +10 Тл и от 0 до -10 Тл соответственно.

Погрешность от **собственного магнитного поля преобразователя**. При прохождении через преобразователь тока возникает магнитное поле. Если это поле асимметрично, то интегральное по площади пластины значение индукции не будет равно нулю, а составит некоторую величину B ас. Асимметрия поля может иметь место, если обратный провод токового вывода расположен вблизи преобразователя и асимметрично по отношению к нему. Возникающая в результате взаимодействия индукции B ас и тока I дополнительная ЭДС Холла пропорциональна квадрату тока I . Если преобразователь находится на значительном расстоянии от ферромагнитных деталей, то магнитная индукция собственного поля преобразователя обычно не превышает 10^{-6} — 10^{-4} Тл. При нахождении преобразователя вблизи полюсных наконечников индукция этого поля может достигать $5\cdot 10^{-4}$ — 10^{-3} Тл, что приводит к существенной погрешности. Основным путем уменьшения влияния собственного магнитного поля — **правильный монтаж преобразователя**.

МПХ успешно прошли испытания на следующие дозы и виды радиационных излучений при сроке активного существования в космосе 5 лет (электроны ЕРПЗ - не менее 2.0×10^7 , протоны ЕРПЗ, СКЛ и ГКЛ – не менее 1.1×10^4) .

Последние испытания в 2009 году (стойкость к ВВФ – более 2.5 Мрад.)

- Облучение МПХ проводилось источником γ -лучей Co^{60} в γ -установке «Исследователь» в 1994г. в Институте физики твёрдого тела и полупроводников НАН Беларуси (сегодня НПЦ «Материаловедение»). Работа её основана на использовании гамма-излучения радиоактивного изотопа Co^{60} со средней энергией квантов около 1,25 МэВ. Установка представляет собой свинцовый контейнер диаметром около 1 метра и высотой два метра. Установленный на станине контейнер состоит из корпуса и крышки. В центре контейнера находится облучатель в виде кассеты и источником излучения Co^{60} , в которой находится 36 источников излучения, общей активностью 30000 кюри. Мощность экспозиционной дозы гамма излучения в рабочей камере составляет 2.0×10^6 рентген/час. Объём рабочей камеры равен 4200 см^3 .
- Облучение электронами проводилось на линейном ускорителе электронов ЭЛУ-4 Быстрые электроны непосредственно из электропровода попадали на кассету с МПХ. Попадание пучка на МПХ и его точная фокусировка осуществлялась при помощи цилиндра Фарадея, который одновременно служил и для замера тока пучка.

• Измерение тангенциальной составляющей магнитного поля.

Для высокоточного измерения тангенциальной составляющей магнитного поля одной из самых важных характеристик является высокая точность геометрической установки кристалла ПХ. Если при измерении нормальной составляющей индукции магнитного поля, погрешность геометрической установки в один угловой градус не приведет к возникновению погрешности более 0,02% (согласно косинусоидальному закону изменения выходного напряжения ПХ от угла наклона вектора магнитной индукции к нормали кристалла ПХ), то в случае измерения тангенциальной составляющей погрешность от неточности положения кристалла ПХ максимальна. Для минимизации этой погрешности нами разработан специальный корпус, позволяющий устанавливать ПХ с погрешностью не более 1 мкм на базе 10 мм. Точность определения вектора магнитной индукции относительно тангенциальной плоскости будет определяться следующими факторами:

1. Точностью калибровки ПХ в области небольших магнитных полей.
2. Минимальной геометрической погрешностью положения плоскости кристалла ПХ относительно тангенциальной плоскости проводимых измерений.
3. Минимальными значениями напряжения неэквипотенциальности.
4. Минимальным значением уровня шумов (разрешающей способностью).

Для получения максимальной точности определения отклонения вектора тангенциальной составляющей магнитной индукции от «базовой» будет применяться:

1. Калибровка ПХ на магнитном эталоне РБ с точностью не менее 10^{-5} . Индукция калибровки – 1.0 ± 0.01 Тл.
2. Использован специальный корпус, позволяющий максимально точно установить кристалл.
3. Будет применена специальная технология минимизации напряжения неэквипотенциальности – не более 10 мкВ.
4. Уровень шума ПХ не будет превышать 0.1 мкВ при магнитной чувствительности 50 мкВ/мТл.

При этом согласно пропорции: 1 Тл ... 100 мВ 90°

1 мкТл .. 0.1 мкВ ... 0.3", где

1 Тл – уровень индукции для нормальной составляющей индукции магнитного поля;

100 мВ – уровень выходного напряжения ПХ при индукции в 1.0 Тл;

90° - угол наклона вектора магнитной индукции к нормали ПХ;

1 мкТл – значение минимально измеряемого уровня магнитной индукции;

мкВ – уровень шумов ПХ;

0.3" – разрешающая угловая способность ПХ;

Функции преобразования сенсоров представляются полиномами 3-его порядка.

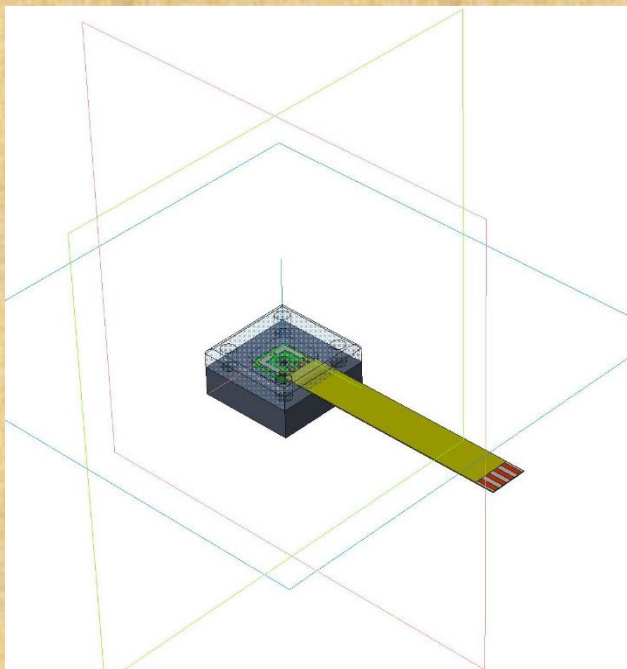
$$B_{x_corr} = f(V_{Hx_corr}) = a_{x3} \times V_{Hx_corr}^3 + a_{x2} \times V_{Hx_corr}^2 + a_{x1} \times V_{Hx_corr}$$

$$B_{y_corr} = f(V_{Hy_corr}) = a_{y3} \times V_{Hy_corr}^3 + a_{y2} \times V_{Hy_corr}^2 + a_{y1} \times V_{Hy_corr}$$

$$B_{z_corr} = f(V_{Hz_corr}) = a_{z3} \times V_{Hz_corr}^3 + a_{z2} \times V_{Hz_corr}^2 + a_{z1} \times V_{Hz_corr}$$

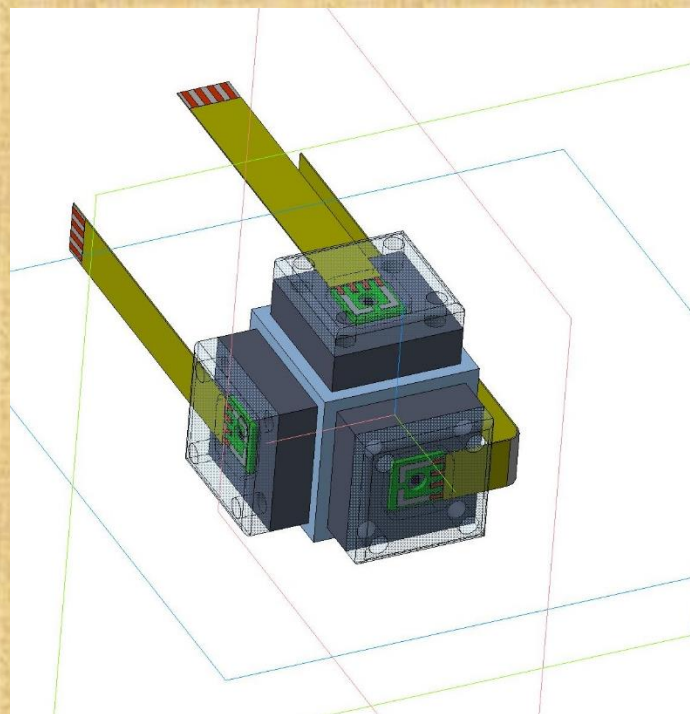
Модуль вектора магнитной индукции

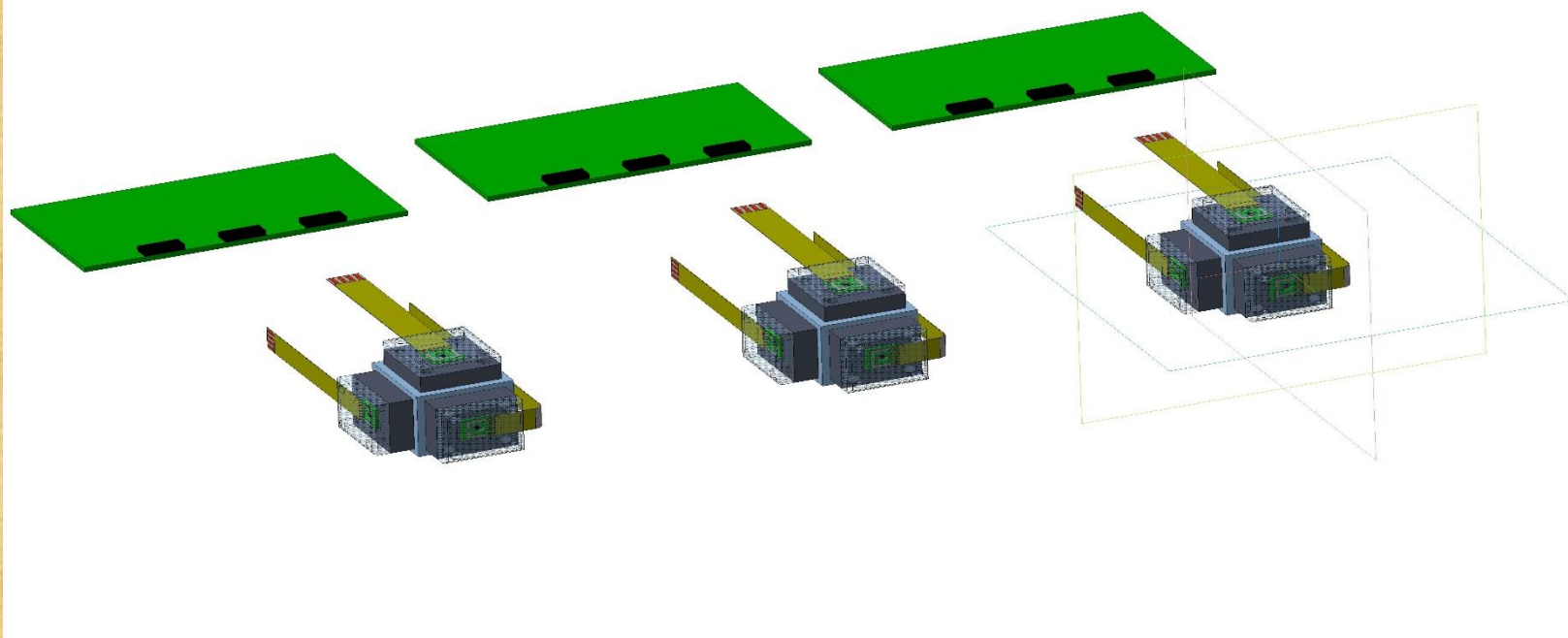
$$B_{3D} = \sqrt{B_{x_corr}^2 + B_{y_corr}^2 + B_{z_corr}^2}$$



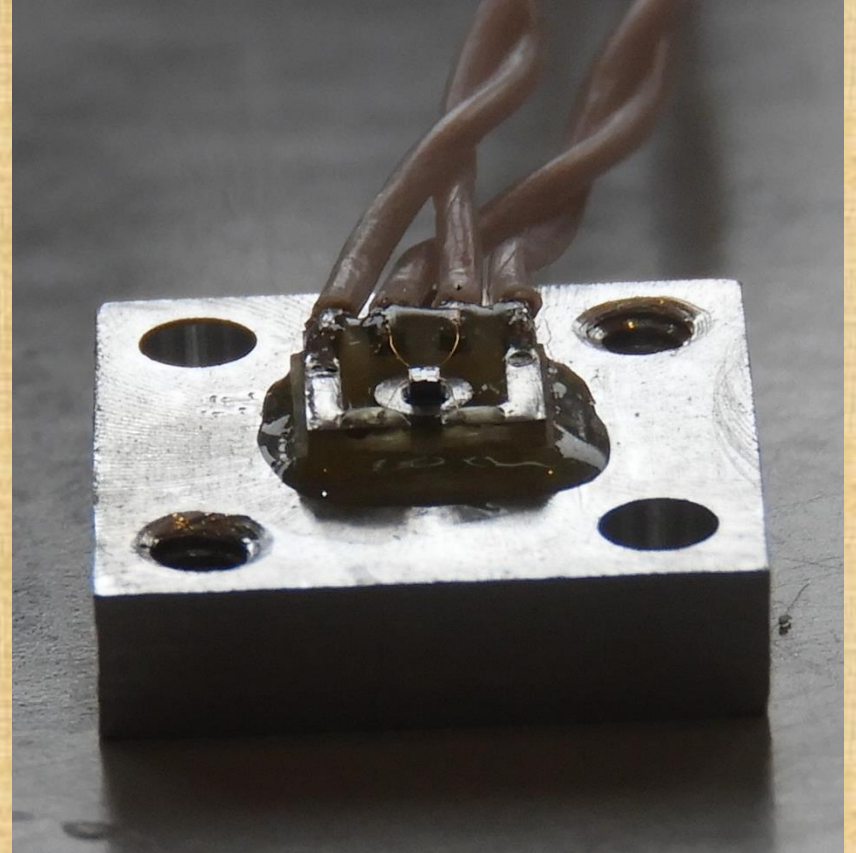
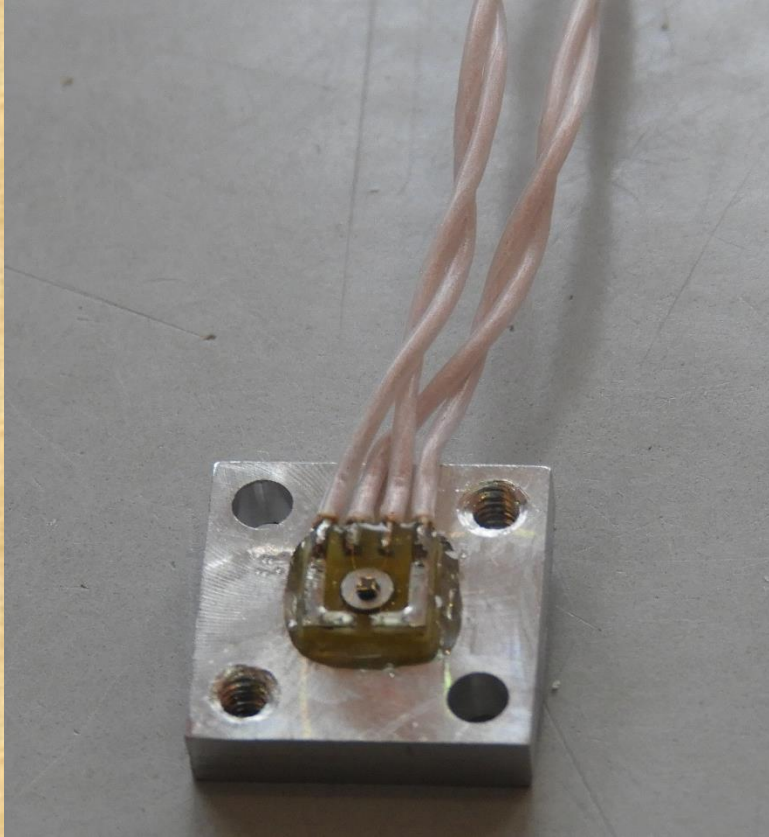
Для высокой точности геометрической установки преобразователя Холла предлагается конструктивное решение обеспечивающее геометрические погрешности установки на уровне единиц микрометров.

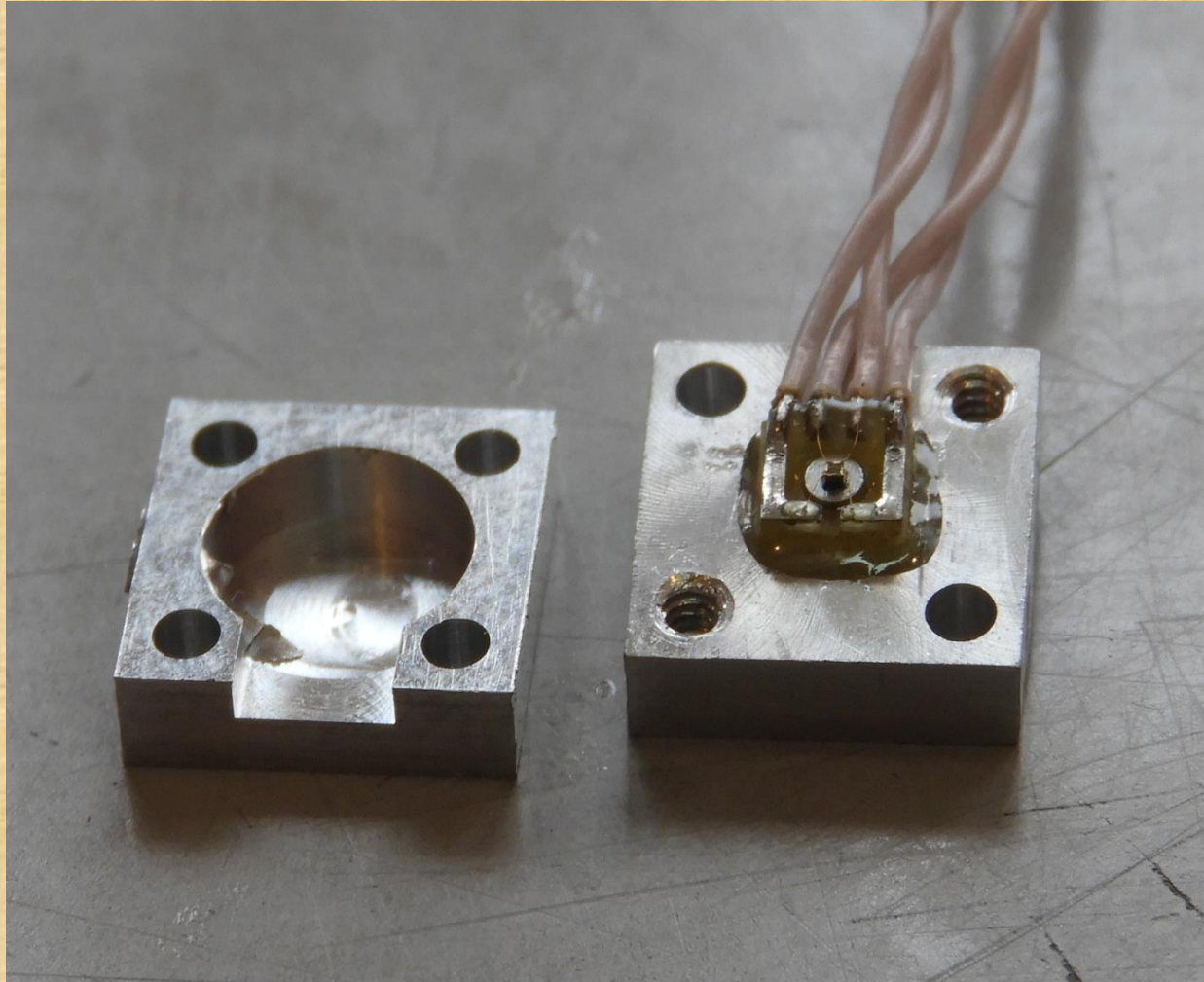
Для снижения стоимости, ремонтпригодности, упрощения метрологической аттестации и удобства эксплуатации предлагается трехкоординатные зонды изготавливать разборными. Все механические детали изготавливать на высокоточном оборудовании с минимальными погрешностями (предварительно с директором ЧПУП «Артмаш» Савицким С.Н. согласованы погрешности) изготовления на базе до 500 мм. на уровне ± 1.5 мкм.

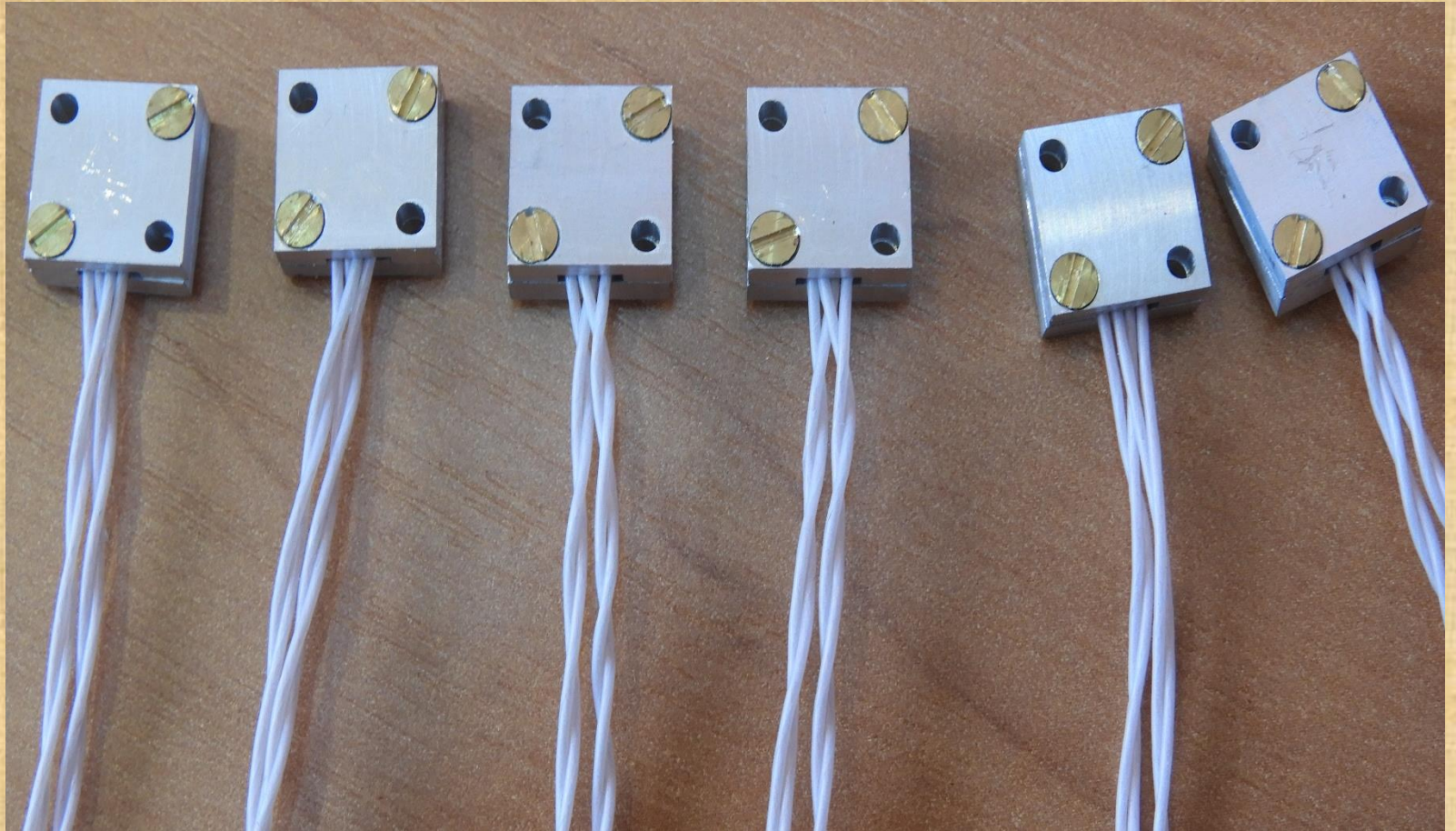


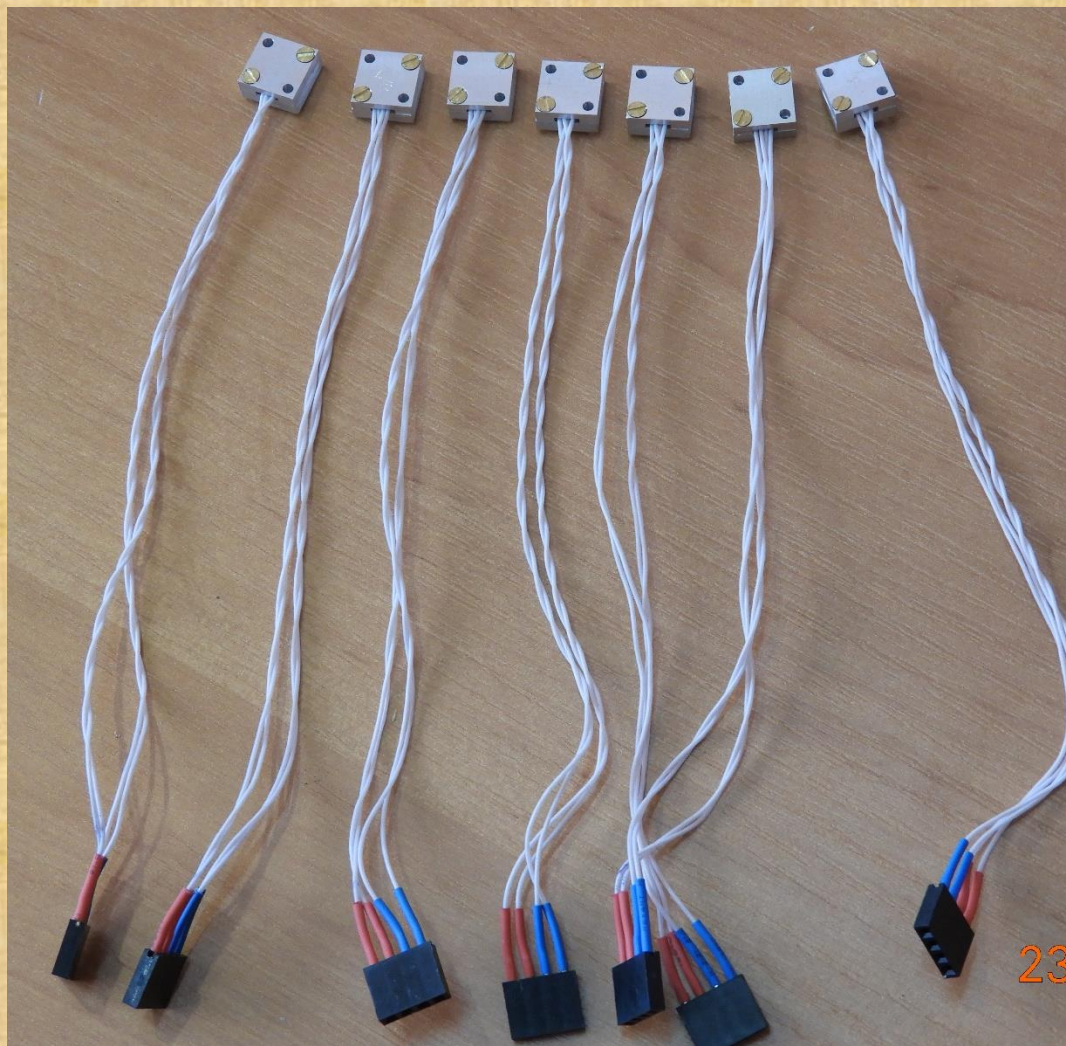


Каждый преобразователь Холла в унифицированном корпусе снабжен шлейфом из четырех проводов заканчивающийся штекерным разъёмом. На линейке, где устанавливаются трехкоординатные преобразователи Холла устанавливаются переходные печатные платы от которых к измерительному блоку сигналы передаются через кабели включающие несколько витых пар проводов в заземленном экране.



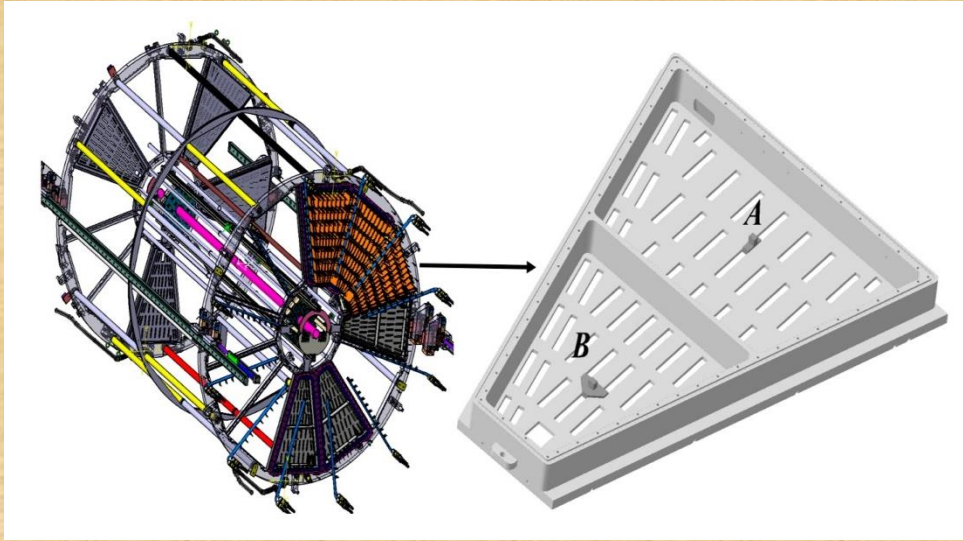






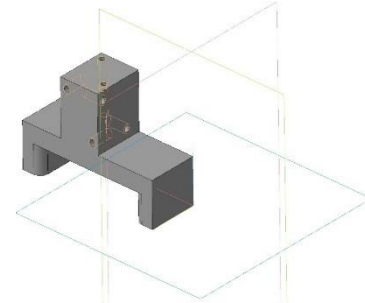
23

Размещение датчиков магнитного поля на корпусе ТРС



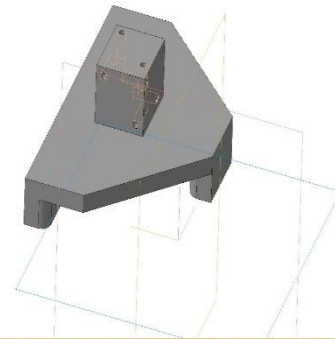
Схематическое изображение мест крепления трех-координатных датчиков магнитного поля (обозначены как *A* и *B*) на фланцах ТРС.

A

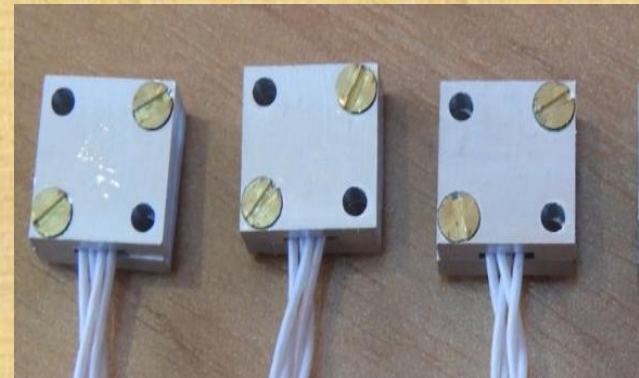
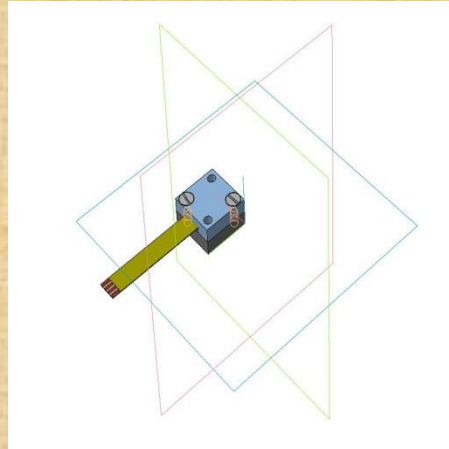
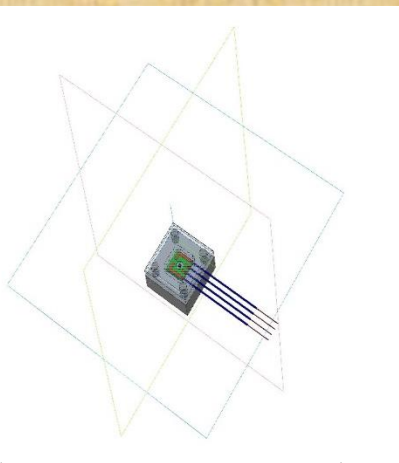


x12 x2

B

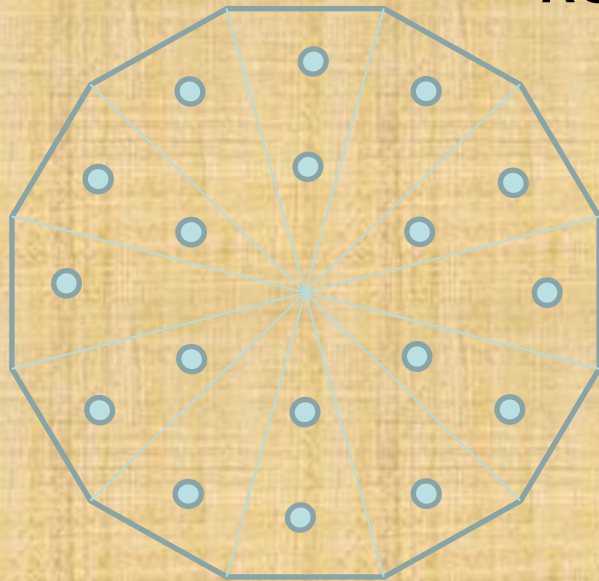


x6 x2



Схематическое изображение преобразователя Холла в специальном корпусе на базе 10 мм x 10 мм.

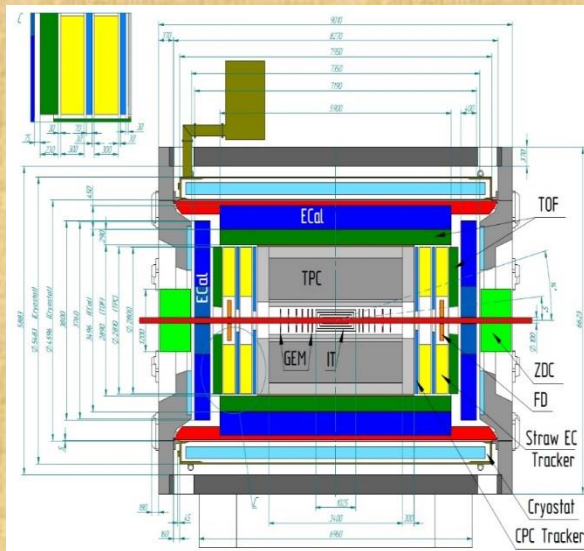
Расположение датчиков на торце корпуса ТРС



Каждый датчик состоит из трех преобразователей Холла.

36 датчиков с 3-мя компонентами (по 18 с каждого торца).
Всего 108 каналов.

Возможно расширение еще на 60 датчиков, расположенных в средней части ТРС.



Модульная система сбора данных LTR

Область применения – создание **информационно-управляющих систем** для проведения исследовательских и опытно-конструкторских работ, создание **автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП)**. Автоматизация как небольших экспериментальных установок на 50-100 каналов, так и масштабных, распределенных на большой площади полигонов и производств с многими тысячами измеряемых параметров.

Основное преимущество системы LTR - возможность решать сложные измерительные задачи значительно эффективнее в сравнении с западными аналогами по параметру качество/цена.

Основные преимущества:

- Разработана и серийно **производится в России** (всегда в наличии на складе).
- **Квалифицированная русскоязычная оперативная поддержка.**
- **Внесена в Госреестр средств измерений**

Основные преимущества системы LTR

- Разработана и серийно производится в России (всегда в наличии на складе).
- **Квалифицированная русскоязычная оперативная поддержка.**
- Внесена в **Госреестр средств измерений**.
- Построена по **модульному принципу**, позволяющему гибко расширять конфигурацию и выбрать оптимальный для решения конкретной задачи набор модулей. Содержит одно-, двух-, восьми- и шестнадцатиместные крейты для соответствующего количества модулей.
- Имеет унифицированный **программный интерфейс "клиент-сервер"**, единый индексированный формат данных, единую идеологию синхронизации крейта, что упрощает реализацию новых прикладных задач и модернизацию существующих систем.
- Поставляется в комплекте с **программным обеспечением [LGraph2](#)**, позволяющим визуализировать, хранить и обрабатывать результаты измерений. Большое количество **примеров программирования** для различных сред разработки, включая LabVIEW.
- Имеет для связи с компьютером **интерфейсы USB 2.0** (режим high-speed) и **Fast Ethernet** (протокол TCP/IP, 100 Мбит).
- Любой модуль LTR **гальванически изолирован** от корпуса крейта и компьютера. Для обработки данных используется **сигнальный процессор Blackfin**, доступный для программирования пользователю.

Рабочая станция с посадочными местами для 16-ти гальванически изолированных LTR-модулей, с двумя интерфейсами USB 2.0 (high speed) и Fast Ethernet (100BASE-TX), и интерфейсом синхронизации.



Многофункциональность изделия обеспечивают возможности двух интерфейсных подключений и многочисленные варианты конфигураций устанавливаемых LTR-модулей.

Использование возможностей Ethernet-интерфейса позволяет осуществлять ввод данных практически на любом расстоянии от компьютера оператора и избавляет от необходимости применения дополнительных удаленных компьютеров, а готовое ПО удаленного сбора данных существенно снижает трудоемкость реализации прикладных задач.

Дополнительная возможность автономной работы устройства и **низкоуровневого программирования** на уровне встроенного сигнального процессора **Blackfin ADSP-BF537** расширяет функциональные возможности изделия и позволяет применять его в качестве автономных контроллеров в динамических задачах с жесткой временной обратной СВЯЗЬЮ.



LTR114

универсальный прецизионный модуль АЦП с последовательным опросом каналов



- Программно управляемая функция автокалибровки нуля и шкалы преобразования
- Многомодульная синхронизация сбора данных по принципу “ведущий– ведомые”
- Отдельный измерительный канал для датчика температуры DS18S20.
- Программно управляемая сервисная функция проверки обрыва или короткого замыкания внешних сигнальных линий

Предназначен для прецизионной оцифровки сигналов с максимальной суммарной частотой преобразования АЦП до 4 кГц в широком диапазоне напряжений: от милливольтовых сигналов до 10-вольтовых, а также для измерения сопротивлений одиночных тензо- и термо-резисторов (термометров сопротивления) и потенциометрических датчиков. В частности, LTR114 будет интересен для низкотемпературных терморезисторных измерений, поскольку при используемой в LTR114 коммутации тока питания датчиков мощность рассеяния на одном терморезисторе будет меньше в N раз, где N - число коммутируемых каналов. Цепи "общего провода" всех источников напряжения должны подключаться к цепи AGND модуля. LTR114 адаптирован для работы не только с близко расположенными, но и с удаленными на десятки метров источниками сигналов.



Область применения

Национальный эталон единицы магнитной индукции предназначен для **воспроизведения, хранения и передачи размеров единицы магнитной индукции - Тесла** - в органах метрологической службы Республики Беларусь. Он соответствует требованиям, предъявляемым межгосударственным стандартом ГОСТ 8.144-97 к образцовым средствам измерения первого разряда, и позволяет осуществлять **поверку средств измерений магнитной индукции 2-ого, 3-его разрядов и рабочих средств измерений.**

Технические характеристики

Диапазон воспроизведения единицы магнитной индукции **от 0,05 до 2 Т**. Доверительная граница суммарной относительной погрешности при доверительной вероятности **$P=0,99$** не превышает **0,0035%**. Питание от сети напряжением **(220 ± 11) В**, частотой **$(50 \pm 0,5)$ Гц**. Потребляемая мощность не более **2,5 кВт**. Масса не более **3600 кг**.

Национальный эталон магнитной индукции разработан и изготовлен Институтом прикладной физики НАН Беларуси в 1999 г. по заданию 2.3 ГНТП "Стандарты". Расположен на площадях Института.

Метрологически аттестован в Белорусском государственном институте метрологии Госстандарта (Свидетельство № 15389а).

Утвержден в качестве Национального эталона Постановлением Госстандарта от 31 марта 2000 г. №7.

Принцип действия

Основан на формировании высокостабильной индукции постоянного магнитного поля с высокой степенью однородности и её измерении с использованием резонансного поглощения энергии высокочастотного магнитного поля (ядерный магнитный резонанс) ядрами атомов рабочего вещества измерительного преобразователя

Состав эталона

Для воспроизведения, хранения и передачи единицы магнитной индукции используется установка состоящая из:

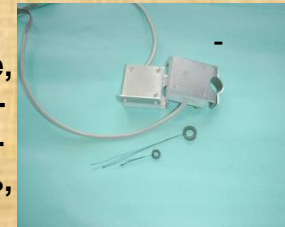
- источника магнитной индукции (электромагнита), в рабочем объеме которого (цилиндрическая область в межполюсном пространстве электромагнита радиусом **10 мм** и длиной образующей в **25 мм**) создается высокооднородное и высокостабильное магнитное поле (отклонение от однородности не более **0,006%** на **1 см**, отклонение от постоянства не более **0,002%** за **1 минуту**);
- регулируемого стабилизированного источника постоянного тока;
- ЯМР стабилизатора магнитной индукции в межполюсном пространстве электромагнита;
- ЯМР измерителя магнитной индукции с погрешностью измерения не более **0,003%**;
- частотомера, обеспечивающего измерение частоты с погрешностью не более **0,0001%**.

Электронные сенсоры угловых и линейных перемещений двойного применения и специального назначения

- **датчики магнитных полей** от 0,0001 мТл до 15 Тл. Магнитометрические зонды для измерения нормальной и тангенциальной составляющих магнитного поля, для измерения в тонких зазорах от 100 мкм, для криогенных измерений от 1.5К.



- **датчики угла поворота** – секторные, полнооборотные, двухканальные; Предназначены для жестких механических и климатических условий эксплуатации. Высокая точность, надежность и долговечность.



датчики электрического тока от 0.5 до 50000 А; Измеряют постоянный, переменный, импульсный ток. Гальваническая развязка. Высокое быстродействие.

- **датчики уровня топлива** - Высокая точность измерения (до 5000 дискретов), бесконтактный съем информации по магнитному полю, возможность использования в агрессивных средах и измерения уровня жидкости в резервуарах;
- под давлением, при криогенных температурах в резервуарах.



- **пороговые датчики тока ДПТ**; Пороги срабатывания постоянного тока в диапазонах от 10 мА до 500 А. Гальваническая развязка от токовой измерительной цепи и по выходу через оптопару.

электронная педаль для управления мобильной техникой (педаль тормоза, газа, электродинамического торможения и др.). Двухканальное исполнение, бесконтактные выключатели начального и конечного положения педали.



- **датчики частоты вращения, бесконтактные выключатели**



Проекты для космического приборостроения, где МПХ прошли практическую проверку на работоспособность:

- 6 видов датчиков для эксперимента Аргус (программа Марс -96);
- секторный датчик угла поворота для сканирующего устройства видеоспектрометра ОМЕГА (проект Марс- экспресс);
- датчики для сканирующего устройства БСКР-Т прибора МСУ-ГС (проект ЭЛЕКТРО-Л);
- датчики для поворотного и сканирующего устройства спектрометров ФЕБУС и МСАСИ (проект БЕПИ КОЛОМБО);
- датчики для сканирующего устройства спектрометра ОЗОНОМЕТР-3 (проект ИОНОСФЕРА) и многое другое;

Все датчики разработаны с применением **микроминиатюрных преобразователей Холла** МПХ ШИЯБ 003.00.000 и оригинальных магнитных систем на основе самарий-кобальтовых магнитов. Механоэлектрические преобразователи **угла поворота**, линейных перемещений, **реперных точек** и др. имеют миниатюрное исполнение, малый вес и энергопотребление, двойное или тройное «горячее» резервирование электронной части, широкий температурный диапазон, в том числе **криогенного** диапазона, высокую стойкость к механическим и **спецвоздействиям**.

Прибор «Омега» - калтрирующий спектрометр видимого и ближнего ИК диапазонов с сенсорами положения нашего производства , летающий в космическом аппарате «Марс Экспресс» ». В 2013г. было 10 лет функционирования спектрометра «Омега» на орбите Марса.

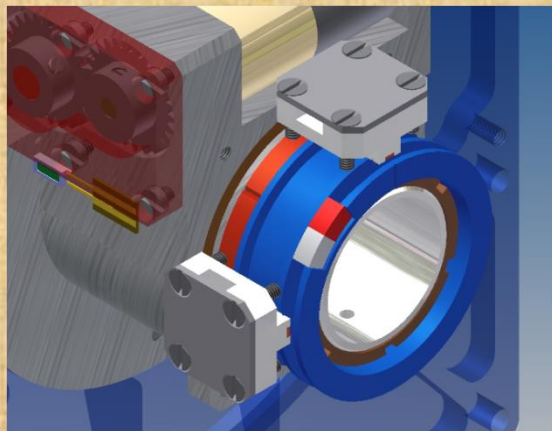


Секторный сенсор контроля положения зеркала калтрирующего оптического и ИК спектрометров. Три независимые канала измерений сенсора обеспечивают точность в 1 угловую секунду;

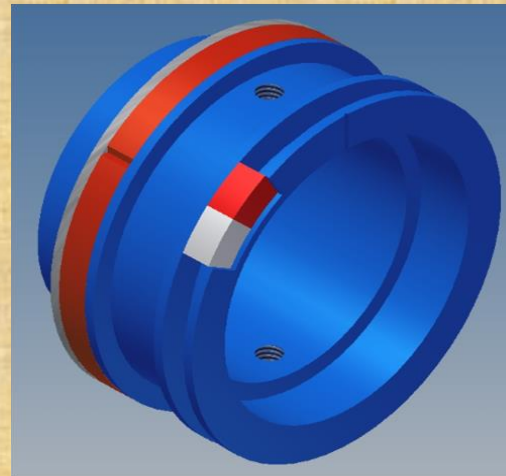
ПОВОРОТНОЕ И СКАНИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВА СПЕКТРОМЕТРОВ ФЕБУС И МСАСИ ПРОЕКТА БЕПИ КОЛОМБО

ПОВОРОТНОЕ И СКАНИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВА СПЕКТРОМЕТРОВ ФЕБУС И МСАСИ ПРОЕКТА БЕПИ КОЛОМБО

- Датчик углового положения 360° с оптическим окном и датчиком парковки бленды

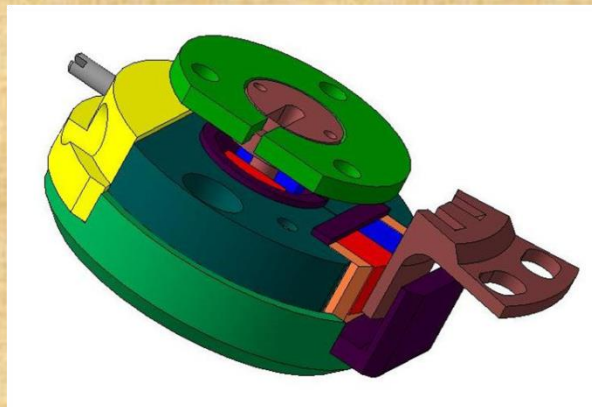


Магнитная система датчика углового положения с оптическим окном

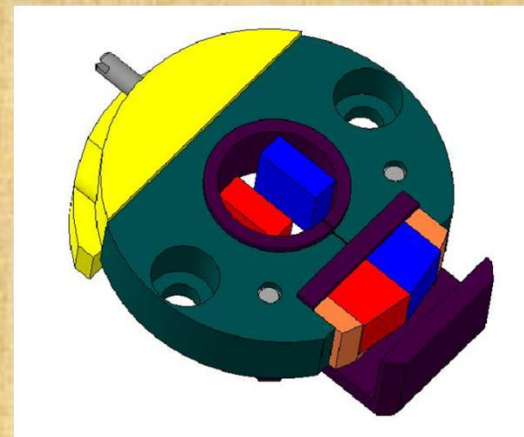


- Оптико-механическое сканирующее устройство спектрометра МСАСИ (с постоянной и переменной составляющими магнитного поля менее 5 нТл и менее 1 нТл , соответственно)

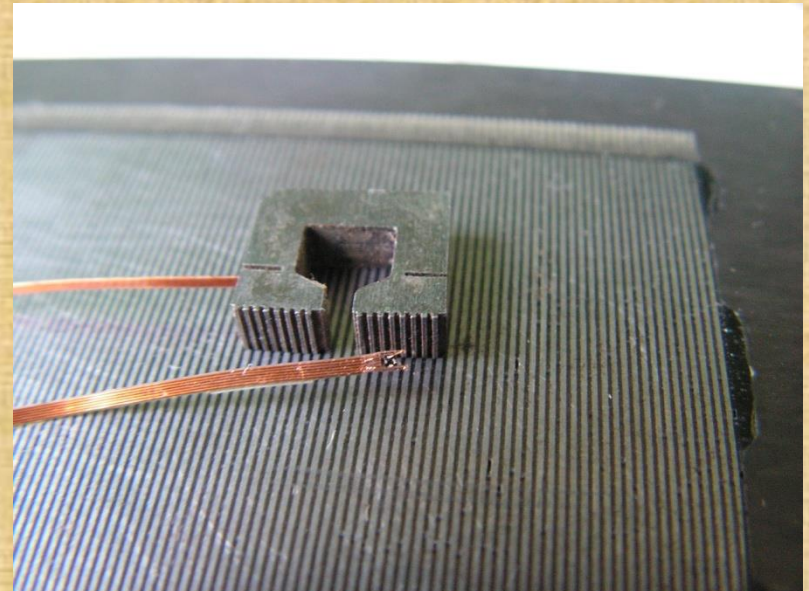
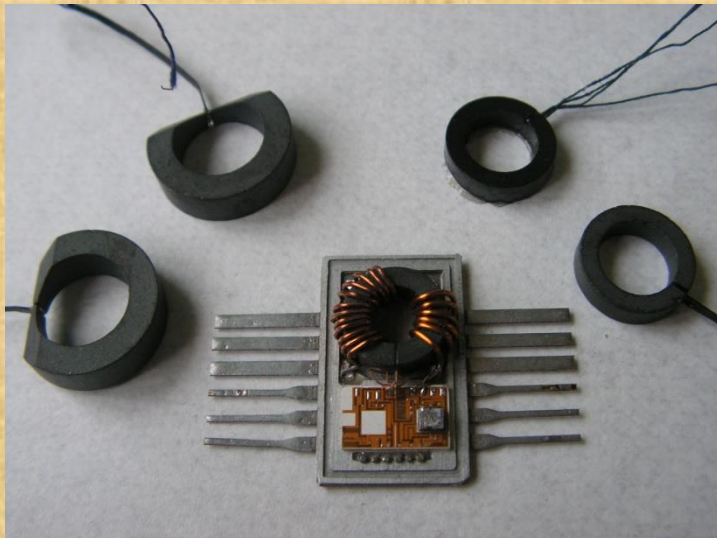
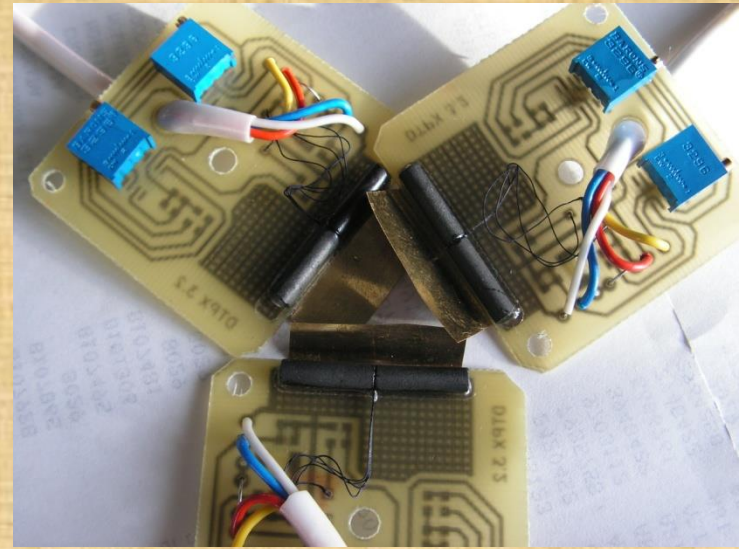
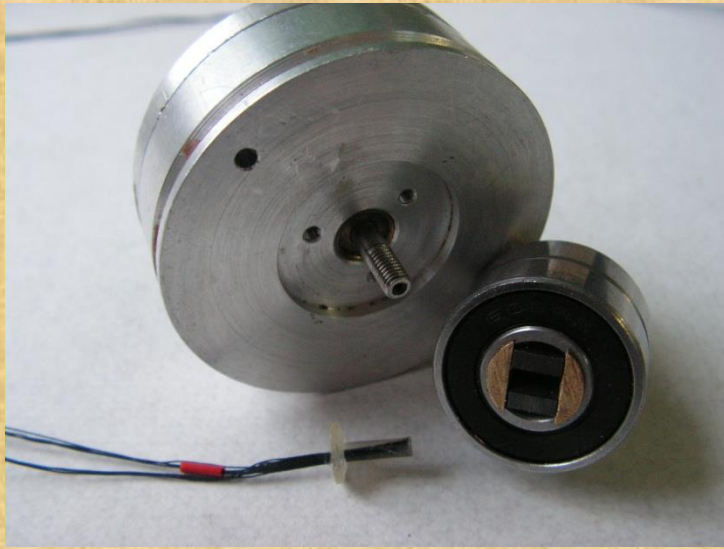
- Датчика углового положения 360° с магнитными экранами



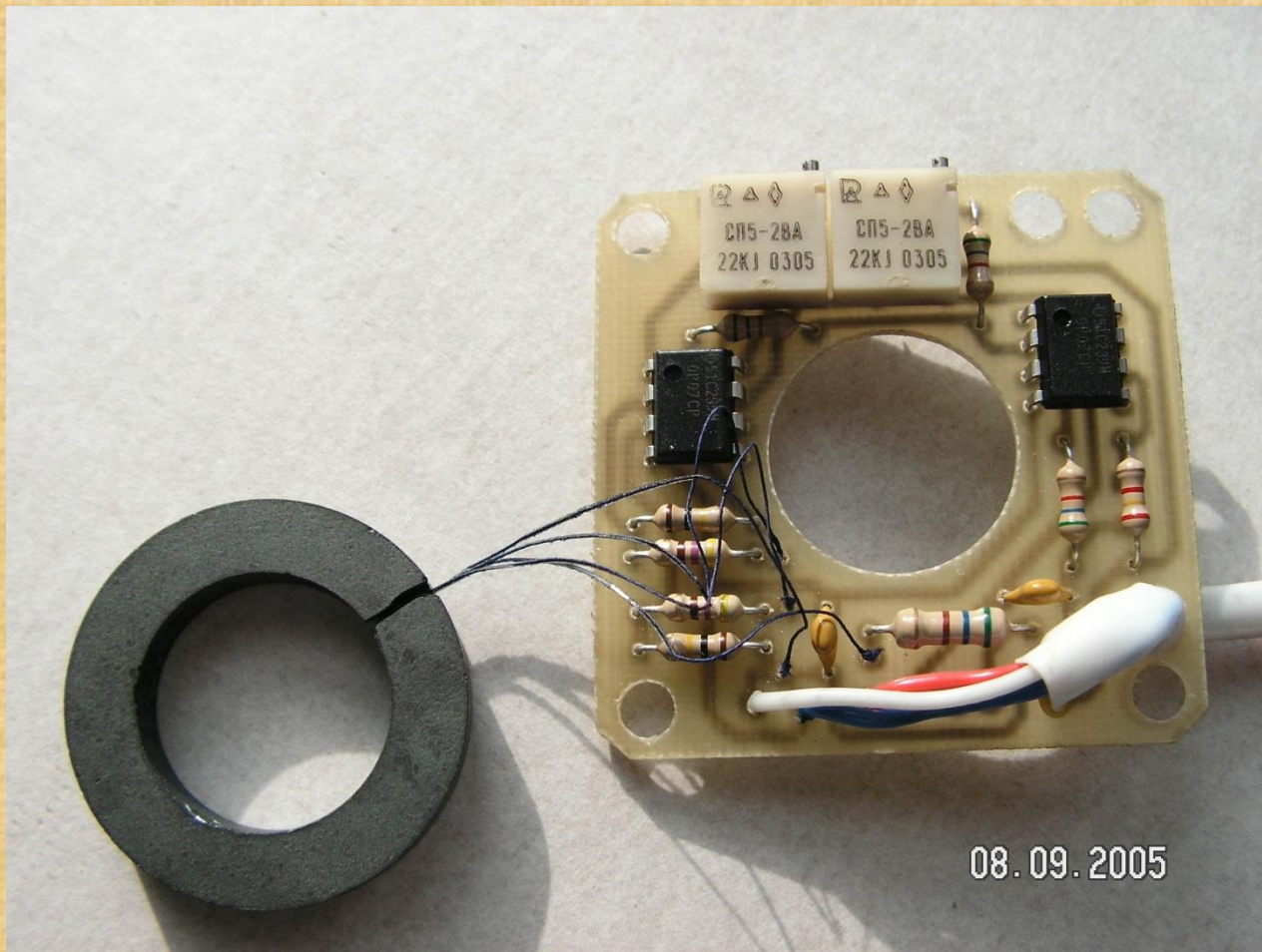
Магнитная система датчика углового положения



МПХ и первичные преобразователи на их основе



Датчик тока



ДАТЧИКИ ТОКА



Параметры	ДТПХ-5	ДТПХ-20	ДТПХ-300	ДТПХ-600
Диапазон измеряемых токов, А	5,0	20,0	300,0	600,0
Погрешность измерения в диапазоне рабочих температур, %, не более	1	1	1	1
Сопротивление между измеряемыми и силовыми цепями, МОм, не менее	200	200	200	200
Частотный диапазон, кГц				
вариант А	12	12	12	12
вариант Б	-	300	300	300
*Выходной сигнал, В	±10	±10	±10	±10
**Ток потребления, мА	5-65	5-65	5-65	5-65
***Диапазон рабочих температур, °С	-40...+55	-40...+55	-40...+55	-40...+55
Габаритные размеры, мм	50x70x30	- \ \ -	70x75x35	- \ \ -
Масса, г, не более	100	100	200	200

Различные сенсоры на микроминиатюрных преобразователях Холла (другие области применения)

Датчик уровня топлива УТ-90



Датчик деформации – магнитный аналог тензорезистора



Датчик угла поворота на эффекте Холла



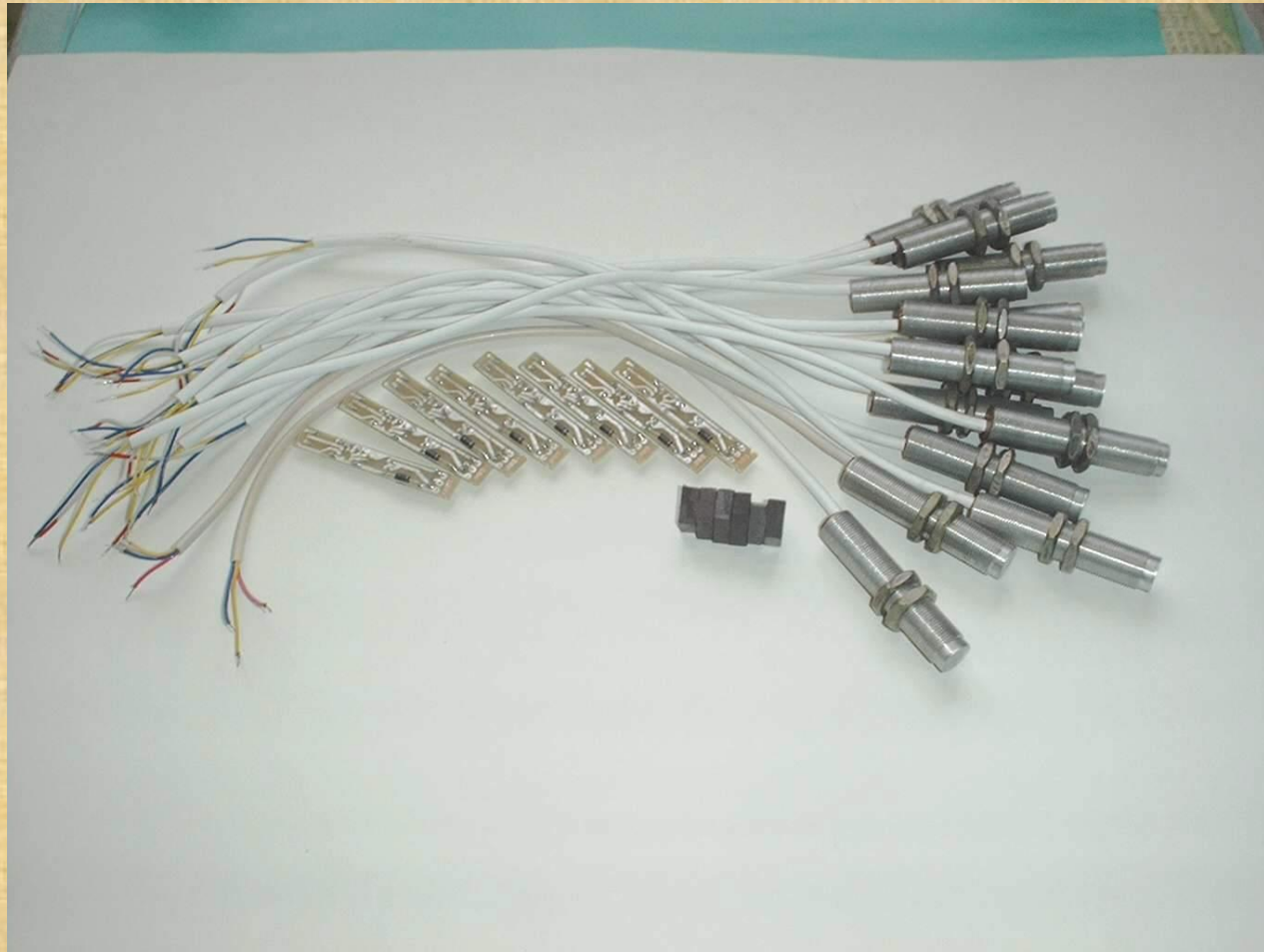
Электронная педаль для управления скоростью автомобиля



Датчик загрузки карьерного самосвала



Бесконтактные выключатели на эффекте Холла



БЕСКОНТАКТНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ БКВ

Бесконтактные выключатели БКВ предназначены для определения положения подвижных частей механизмов с точностью до 0,05 мм в зазорах от 1,0 до 5,0 мм. В зависимости от размеров и формы магнитной системы БКВ фиксируют положение при радиальных или тангенциальных формах перемещений.

БКВ предназначены для использования в системах электротехники автотракторной техники и др. Принцип действия датчиков основан на измерении с помощью магниточувствительных интегральных микросхем индукции магнитного поля в зазоре между концентратором, размещенным в торце БКВ, и подвижной магнитной системой, размещенной на контролируемом подвижном объекте. При превышении индукции в зазоре происходит срабатывание компаратора, с последующим переключением мощного транзистора выходного каскада в открытое состояние. Конструктивно датчики выполнены в виде цилиндра из немагнитного материала со встроенным внутри концентратором с преобразователем Холла и микросхемой, на которой размещены магниточувствительная микросхема, стабилизатор напряжения, компаратор, защитный диод и др. Основные элементы датчика выполнены на современной элементной базе, технологичны.

Датчики частоты на эффекте Холла ДЧХ



ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

1	Параметры	ДЧХ-0,2	ДЧХ-8
2	Габариты, мм	(M18x1)x75	(M18x1)x65
3	Диапазон измеряемой частоты, кГц	0,0012,0	0,05-20
4	Величина рабочего зазора, мм*	0-5	0-5
5	Напряжения питания, В	9...15	9...18
6	Потребляемый ток, мА	не более 20	
7	Выходной каскад	открытый коллектор n-p-n	
8	Сопротивление нагрузки, кОм	не менее 1,0	
9	Диапазон рабочих температур, °С	-40...+120	
10	Исполнение	герметичное, пыле- влаго-маслозащищенное	

Датчик уровня топлива



Датчик уровня топлива



ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ датчика уровня топлива

Питание датчика от бортовой сети, 24 ± 6 В.

Выходной ток, 4-20 мА.

Основная приведенная погрешность, $\pm 0,5$ %.

Максимально допустимое напряжение питания $34 \pm 0,5$ В, при времени воздействия в течение 5 мин.

Минимально допустимое напряжения $12 \pm 0,5$ В,

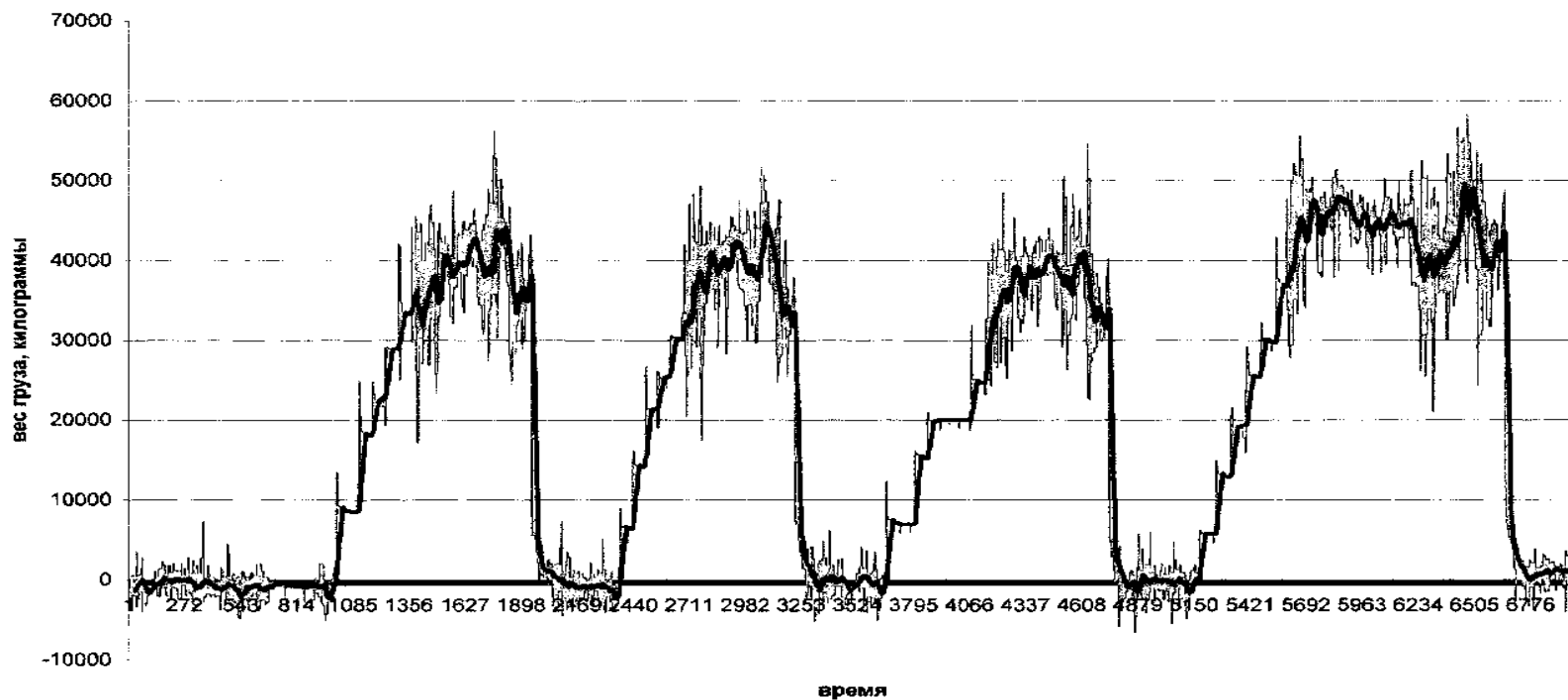
Датчик сохраняет работоспособность при изменении температуры окружающей среды от минус 40 до плюс 85 °С.

Датчик загрузки карьерного самосвала



Показания веса груза, перевозимого карьерным самосвалом БелАЗ в течение нескольких рейсов

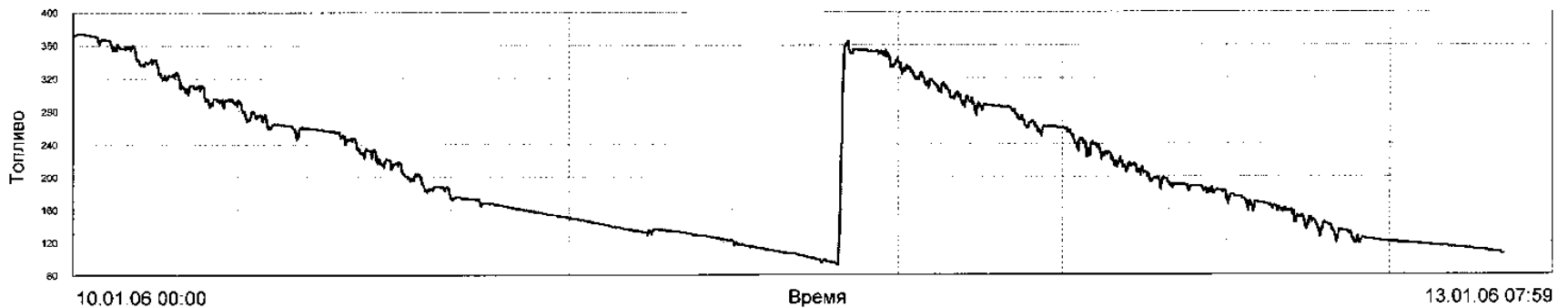
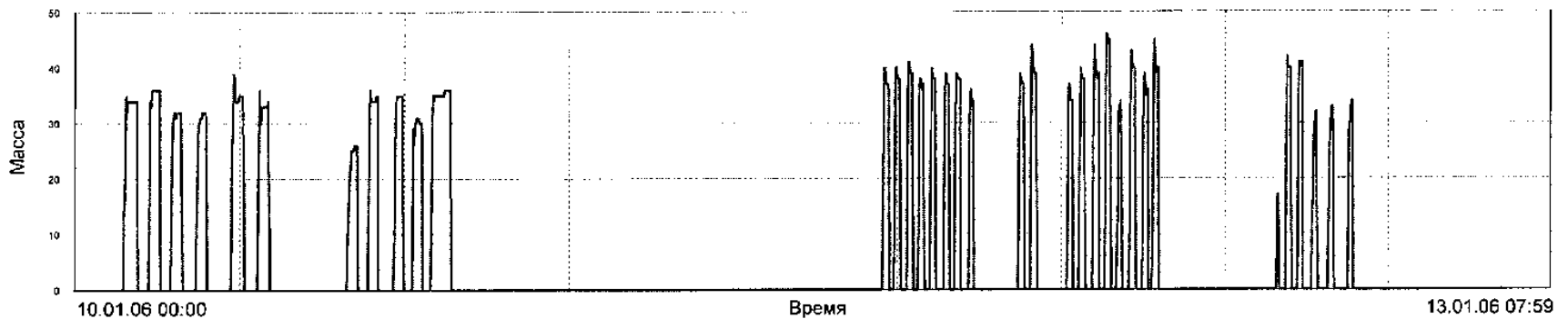
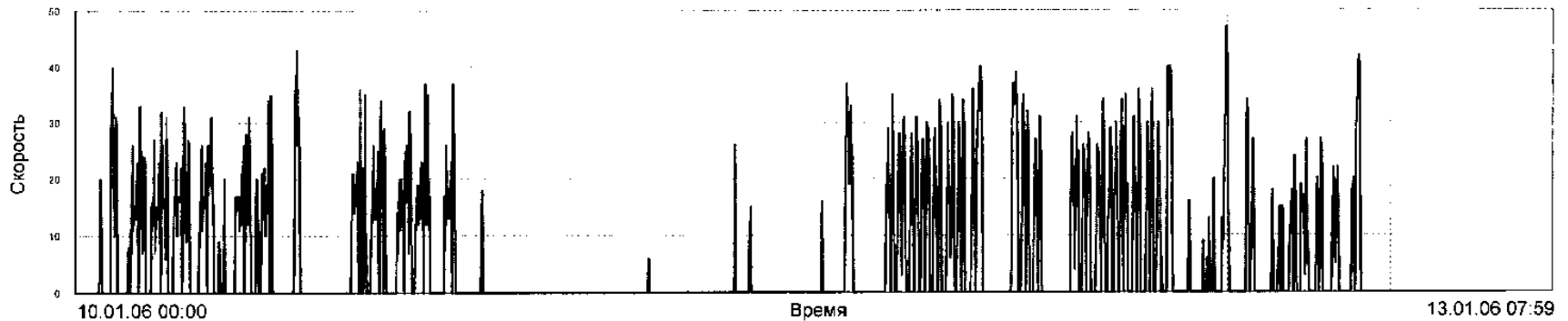
магнитка , ноябрь 2005 г.



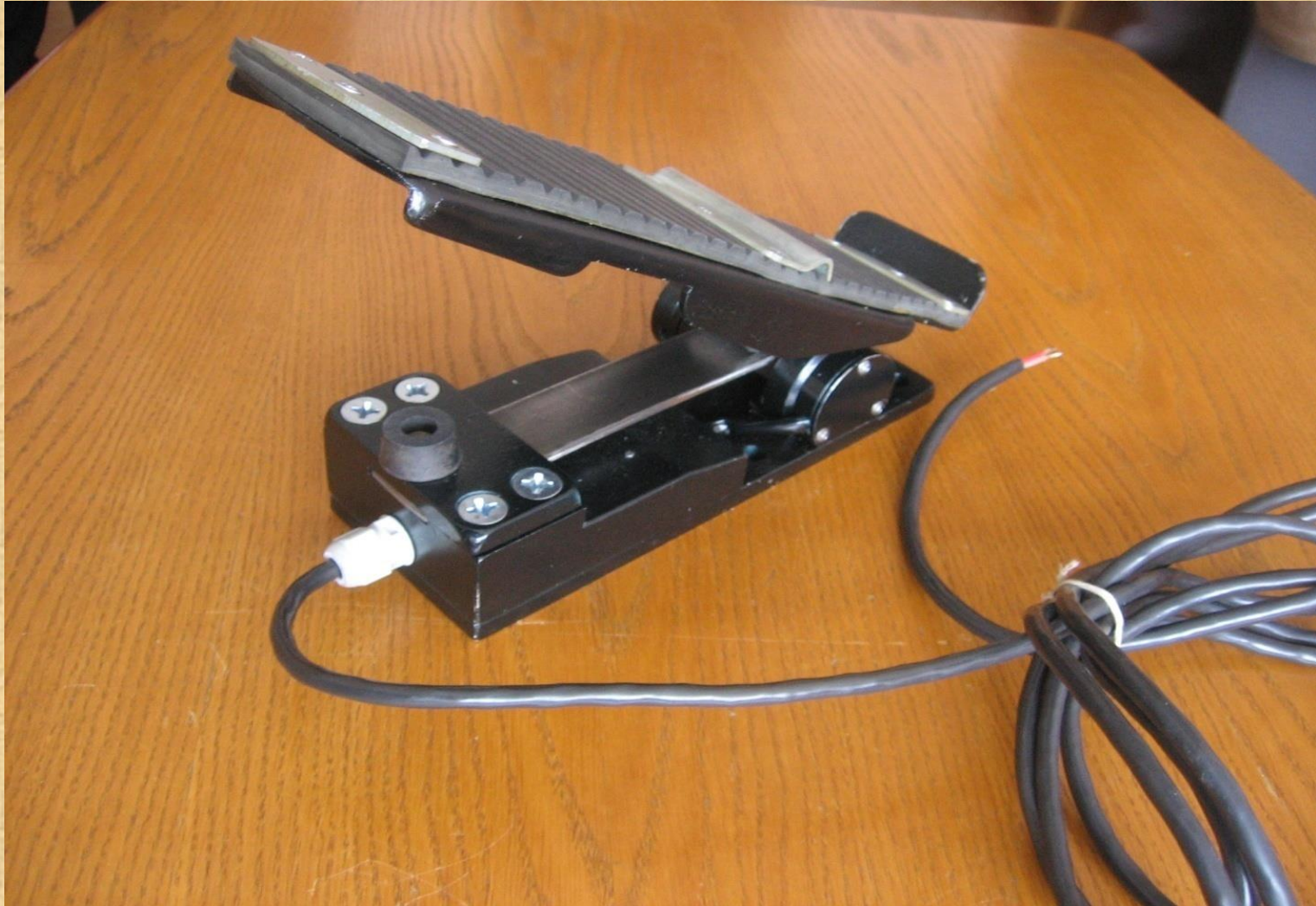
1

Изменения скорости , массы перевозимого груза и уровня топлива карьерного самосвала БелАЗ

Графики движения мобильного объекта № 12132 с 10.01.06 00:00:00 по 13.01.06 08:00:00



Электронная педаль для управления скоростью автомобиля

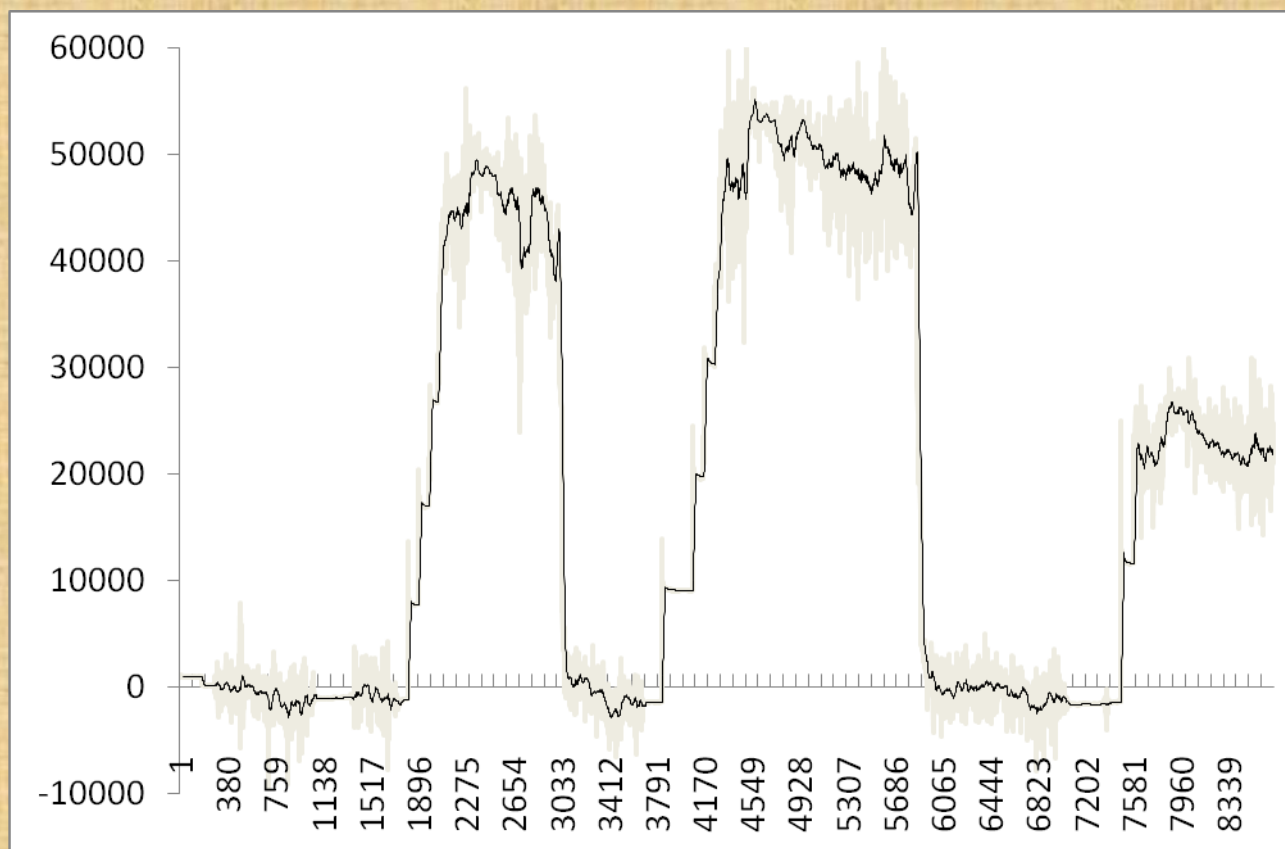


Электронная педаль тормоза и газа включает двухканальный датчик угловых перемещений, двухканальный АЦП с микропроцессором, обеспечивающим обработку и передачу данных в формате CAN интерфейса на центральный процессор. Наличие бесконтактных сенсоров начального и конечного положения платформы педали обеспечивает легкую настройку и программирование выходных сигналов. Для обеспечения высокой надежности функционирования педали используется «горячее» резервирование (дублирование) сигналов от элементов Холла и микропроцессоров. Угол поворота платформы педали 30°. Усилие активации педали на расстоянии 200 мм от оси вращения 55 Н. Напряжение питания (18-32) В. Выходной сигнал (0-6) В. Потребляемый ток не более 50мА.

Датчик деформации – аналог тензорезистора



Сигнал с датчика деформации при работе грузового автосамосвала как функция времени



Особенностью ряда весоизмерительных систем, предназначенных для определения и контроля минимальных деформаций несущих конструкций (шасси автомобиля, железнодорожный рельс и т.д). является обязательное разнесение точек крепления двух конструктивных деталей (рычагов). На одной из деталей располагается высокоградиентная магнитная система, а на другой элемент Холла. Например, при изгибе магнитная система перемещается относительно элемента Холла на величину $\Delta x = (45...50)$ мкм при величине загрузки в $P_{max} = 30$ тонн. По величине сигнала с элемента Холла можно судить о деформации. По 4-6 датчикам деформации можно вычислять вес груза в кузове автомобиля с точность до 5%. Максимальное количество циклов срабатывания превышает 10 в десятой раз.

МПХ успешно управляют и контролируют ряд параметров электротранспорта, выпускаемыми в РБ, некоторые из которых представлены ниже:



Датчики угловых и линейных перемещений для аппаратуры МКА

Датчик угла поворота на эффекте Холла



ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ датчика ДУПХ-1

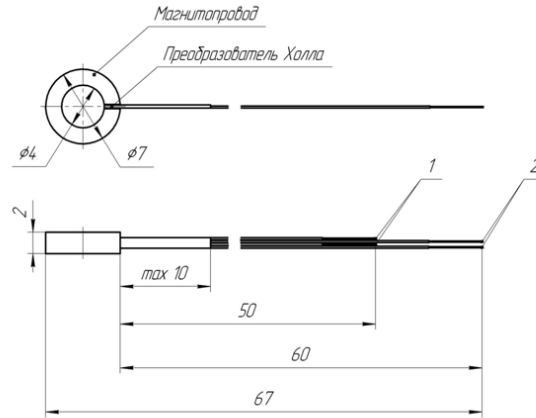
1.	Габариты, мм, не более	∅45X60 (∅45X90)
2.	Напряжение питания, В	+12 ⁺⁵ (4,8 ^{+1,5})
3.	Диапазон угла поворота, град	-15°...0°...+15° (0°...360°)
4.	Разрешающая способность, угл. мин	5'
5.	Рабочий температурный диапазон, °С	-40...+50 (-60 .. +120)
6.	Выходной сигнал, В	2..6 ..10
7.	Ток питания, мА	20...40
8.	Основная погрешность, % не более	0,5
9.	Дополнительная погрешность в диапазоне температур	
	от -40°С до +80°С, % не более	0,25
	от -60°С до +120°С, % не более	1,8
10.	Изменение выходного сигнала от угла поворота, функция	$y=k \sin x$

Особенностью ряда весоизмерительных систем, предназначенных для определения и контроля минимальных деформаций несущих конструкций (шасси автомобиля, железнодорожный рельс и т.д.) является обязательное разнесение точек крепления двух конструктивных деталей (рычагов). На одной из деталей располагается высокоградиентная магнитная система, а на другой элемент Холла. Например, при изгибе магнитная система перемещается относительно элемента Холла на величину $\Delta x = (45...50)$ мкм при величине загрузки в $P_{max} = 30$ тонн. По величине сигнала с элемента Холла можно судить о деформации. По 4-6 датчикам деформации можно вычислять вес груза в кузове автомобиля с точность до 5%. Максимальное количество циклов срабатывания превышает 10 в десятой раз.

Датчик деформации – аналог тензорезистора

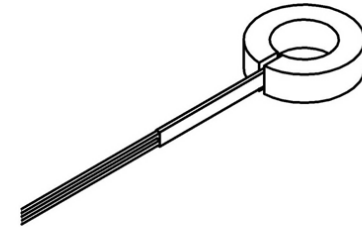


Первичный преобразователь тока (ППТ)



1. Токосые выводы
2. Измерительные выводы

Паспорт
Первичный преобразователь тока (ППТ)
ШИЯБ.089.00.000 ПС



Минск 2015

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Первичный преобразователь тока (ППТ) КД ШИЯБ.089.00.000
Изготовитель - ООО «НТЦ ВИСТ Групп сенсор», 220053 г. Минск,
ул. Новаторская 26-204 г./ факс (017) 289 78 01

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Пределы измерения значения тока, А	0...10;
Род тока	постоянный, переменный, импульсный;
Ударный ток (аварийный), А, не более	200;
Токовая чувствительность, мВ/А	±0,02;
Напряжение неэквипотенциальности, мВ, не более	±0,1;
Номинальный ток потребления, мА,	30;
Диапазон рабочих температур, °С	от -60 до +80;
Погрешность измерения в диапазоне рабочих температур, %, не более	2;

КОМПЛЕКТНОСТЬ

Первичный преобразователь тока (ППТ) _____ шт.
Паспорт _____ 1 экз.

СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ УПАКОВЫВАНИИ

Первичный преобразователь тока (ППТ) номер группы _____
упакован согласно конструкторской документации

Дата упаковки 30.09.15 г.

Упаковку произвел _____

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ

Первичный преобразователь тока (ППТ) номер группы _____
соответствует комплекту КД ШИЯБ.089.00.000 и признак годным для
эксплуатации

М.П.

Дата выпуска 30.09.15 г.

Представитель ОТК _____

ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

1. Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие Первичного преобразователя тока (ППТ) требованиям КД ШИЯБ.089.00.000 при соблюдении потребителем условий эксплуатации, транспортирования и хранения.
2. Гарантийный срок эксплуатации 12 месяцев с даты ввода в эксплуатацию при условии соблюдения потребителем правил эксплуатации, хранения, транспортирования и монтажа.
3. При выходе Первичного преобразователя тока (ППТ) из строя в течение гарантийного срока предприятие-изготовитель безвозмездно ремонтирует или предоставляет замену.

СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ

При включении ППТХ в электрическую цепь:

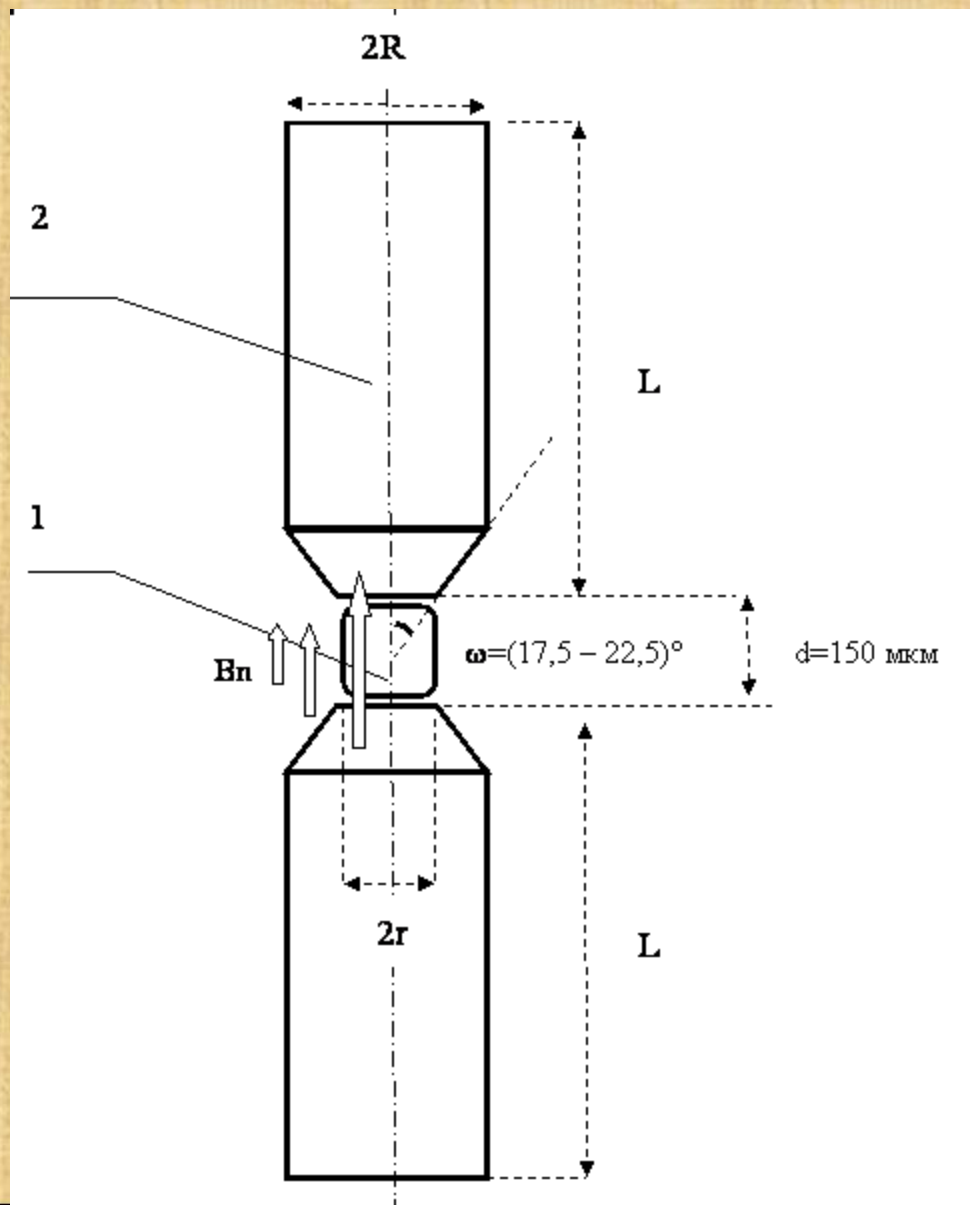
- 1) токосые выводы короткие;
- 2) измерительные выводы длинные;

М. П.

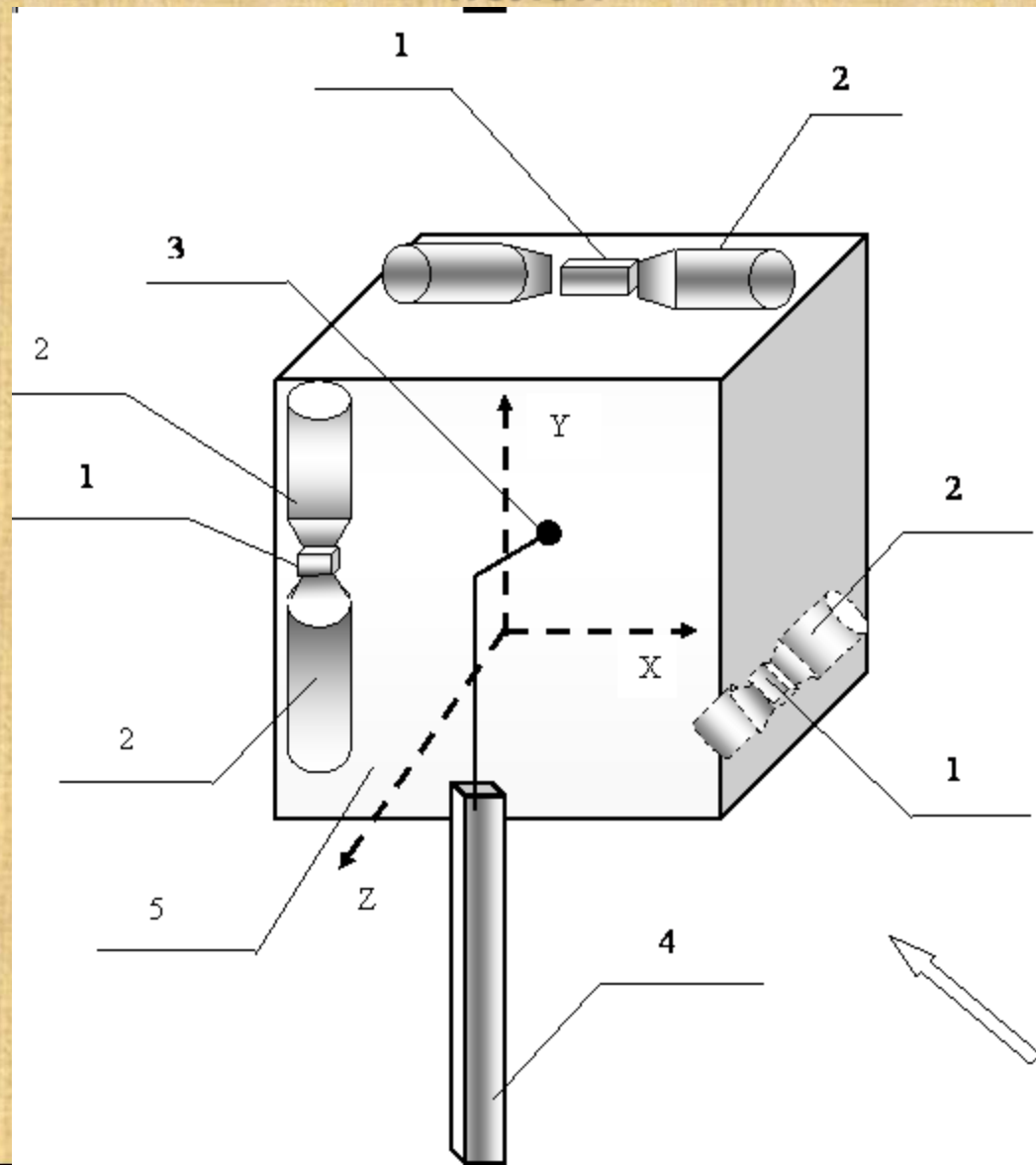
Руководитель предприятия _____

СВЕДЕНИЯ О ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛАХ

Ферромагнитный концентратор магнитного потока для высокочувствительного трехкоординатного магнитометра



Трехкомпонентный датчик слабых магнитных полей



Лабораторная установка источника трехкомпонентного постоянного и переменного магнитного поля (УВМП)

УВМП предназначена для проверки основных характеристик магнитометра и МПЭ и обеспечивает в рабочем объеме индукцию постоянного и переменного трехкомпонентного магнитного поля в диапазоне $0 \pm 5,0 \text{ мТл}$, с нелинейностью не более 3%.

При исследованиях магнитометр или МПЭ калибруют в магнитном поле, возбуждаемом в центре катушек Гельмгольца УВМП постоянным током.

Ток питания от 0 до 10 А;
напряжение питания до 100 В;
точность установки тока не более $\pm 0,5\%$



Описание конструкции УВМП.

УВМП состоит из трех взаимно перпендикулярных пар катушек Гельмгольца диаметрами 420, 360 и 300 мм.;

Все элементы УВМП выполнены из полиамида П-12Б-20ТУ 6-05-898-73. Полиамид выбран в качестве основного конструкционного материала, как легко обрабатываемый и механически прочный. Имеющий низкие температурные коэффициенты расширения и выпускаемый в виде листов и стержней.

Намотка катушек производится проводом диаметром от 0,4 до 1,5 мм., в зависимости от применяемых источников питания. Пропитка катушек производится электроизоляционным лаком с последующей сушкой при температуре до 80 градусов.

Для прецизионных параметров однородности магнитного поля в зазоре предусмотрена ручная доводка числа витков в катушках;

Гетероэпитаксиальные структуры $n\text{-InSb-i-GaAs}$ не нашли широкого применения в приборах полупроводниковой электроники, в первую очередь из-за отсутствия **массовой интегральной технологии**, позволяющей изготавливать п/п приборы из InSb с **уровнем надежности соответствующей современной ЭКБ**, в том числе **специального назначения**. За исключением операций дисковой резки, части фотолитографии, все типовые процессы изготовления ИМС из Si или GaAs не могут быть применены, без существенной доработки стандартного оборудования и новых технологий для изготовления приборов из пленок антимоноида индия.

Эпитаксиальная пленка $n\text{-In-Sb}$ выращивается на монокристаллической подложке из полуизолирующего арсенида галлия. Механическая прочность такой подложки гораздо ниже по сравнению с кремнием. Это приводит к существенному увеличению толщины п/п приборов при применении диаметров исходных подложек, используемых в современном тех. процессе. Так, например, даже при диаметрах 60 мм, толщина пластины $i\text{-GaAs}$ достигает 500 .. 600 мкм. Если при изготовлении ИМС, транзисторов и других п/п приборов подобные толщины не являются критическими, то при производстве гальваномагнитных преобразователей (преобразователей Холла), толщина преобразователя существенно сказывается на характеристиках окончательных устройств – сенсоров физических величин.

В ООО «Научно-технический центр Вист групп сенсор» г. Минск разработана **новая групповая технология изготовления п/п приборов из структур $n\text{-InSb-i-GaAs}$** . При этом максимально были использованы типовые технологические процессы с небольшой доработкой промышленного оборудования, используемого при изготовлении ИМС. Предлагаемый миниатюрный преобразователь Холла (МПХ) – это **оригинальный корпусированный полупроводниковый прибор обладающий уникальными характеристиками**.

На основе МПХ и оригинальных магнитных систем из самарий-кобальтовых сплавов разработан **типоряд различных датчиков физических величин**: датчиков угла поворота, линейных перемещений, датчиков тока, датчиков «реперных» точек, датчиков геомагнитных полей, в том числе трекоординатных, бесконтактных выключателей, датчиков оборотов, уровня топлива и схем вторичной обработки сигналов с датчиков.

На сегодняшний день МПХ успешно используются, прошли испытания временем и условиями эксплуатации в ряде проектов, в том числе специального назначения.

На основании вышеизложенного, считаем возможным предложить **МПХ для широкого внедрения в качестве ЭКБ для магнитных сенсоров специального применения**.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ



ООО

НТЦ - научно-технический центр

ВИСТ - внедрение информационных систем и технологий

Групп сенсор

Республика Беларусь,

Минск

ул.Новаторская, 26 - 204

E-mail: vgs-05@mail.ru

Тел/факс: +375 172 89-78-01

Website: www.ntc-vgs.by