

КОНСТРУКЦИЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ МИКРОСИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ.

THE CONSTRUCTION INTEGRATED MICROSYSTEM FOR MEASUREMENT OF THE SPACE-DISTRIBUTED MAGNETIC FIELDS.

г.Зеленоград, ГУ НПК «Технологический Центр» Московского института электронной техники
Zelenograd, SMC «Technological centre» of Moscow Institute of Electronic Technology

The construction principles have been discussed and the developed designs of the magnetosensitive microsystem for measurement of the space-distributed magnetic fields of the extended objects have been considered. The cell of microsystems are based on two-drain n-MOS magnetotransistors typically exhibiting a thermal coefficient of of the absolute magnetosensitivity of the order of $-0,4 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$. Magnetosensitive cell sizes are $50 \times 100 \text{ } \mu\text{m}$, and they are arranged in 30×30 pixel arrays. The fabricated magnetosensitive microsystems exhibit sensitivity of up to $4 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$ with voltage supply of 9 V and corresponds to the current consumption of $70 \text{ } \mu\text{A}$. Calculations yielded a field resolution of $7 \text{ } \mu\text{T}/\sqrt{\text{Hz}}$ at 1 kHz.

В последнее время широкое применение в различных областях, таких как медицина, биология, дефектоскопия и т.д., получили системы визуализации магнитного поля. Данные системы используются при создании электронных систем сканирования и контроля приповерхностного магнитного поля дефектов ферромагнитных объектов с последующим отображением информации на экране видеоконтрольного устройства или обработкой данных на компьютере [1]. При построении таких систем предпочтительно использование матричных преобразователей магнитного поля.

В настоящее время уровень развития полупроводниковой технологии позволяет создать матричные преобразователи в интегральном виде [2]. При этом отдельные магниточувствительные элементы выполняются на одном полупроводниковом кристалле. В этом случае повышается идентичность параметров элементов, уменьшается их себестоимость, габариты, улучшается технологичность производства.

Разработанная оригинальная интегральная микросистема матричного типа для измерения распределенных в пространстве магнитных полей содержит 900 чувствительных ячеек расположенных на площади менее 75 мм^2 в виде массива 30×30 элементов (Рис.1). Расстояние между ячейками микросистемы составляет 250 мкм по X направлению и 200 мкм по Y направлению.

Интегральная микросистема была изготовлена по КМОП технологии ИС с использованием 3 мкм проектных норм. Размеры одной чувствительной ячейки микросистемы (без учета металлической разводки и контактных площадок) составили $50 \times 100 \text{ мкм}$.

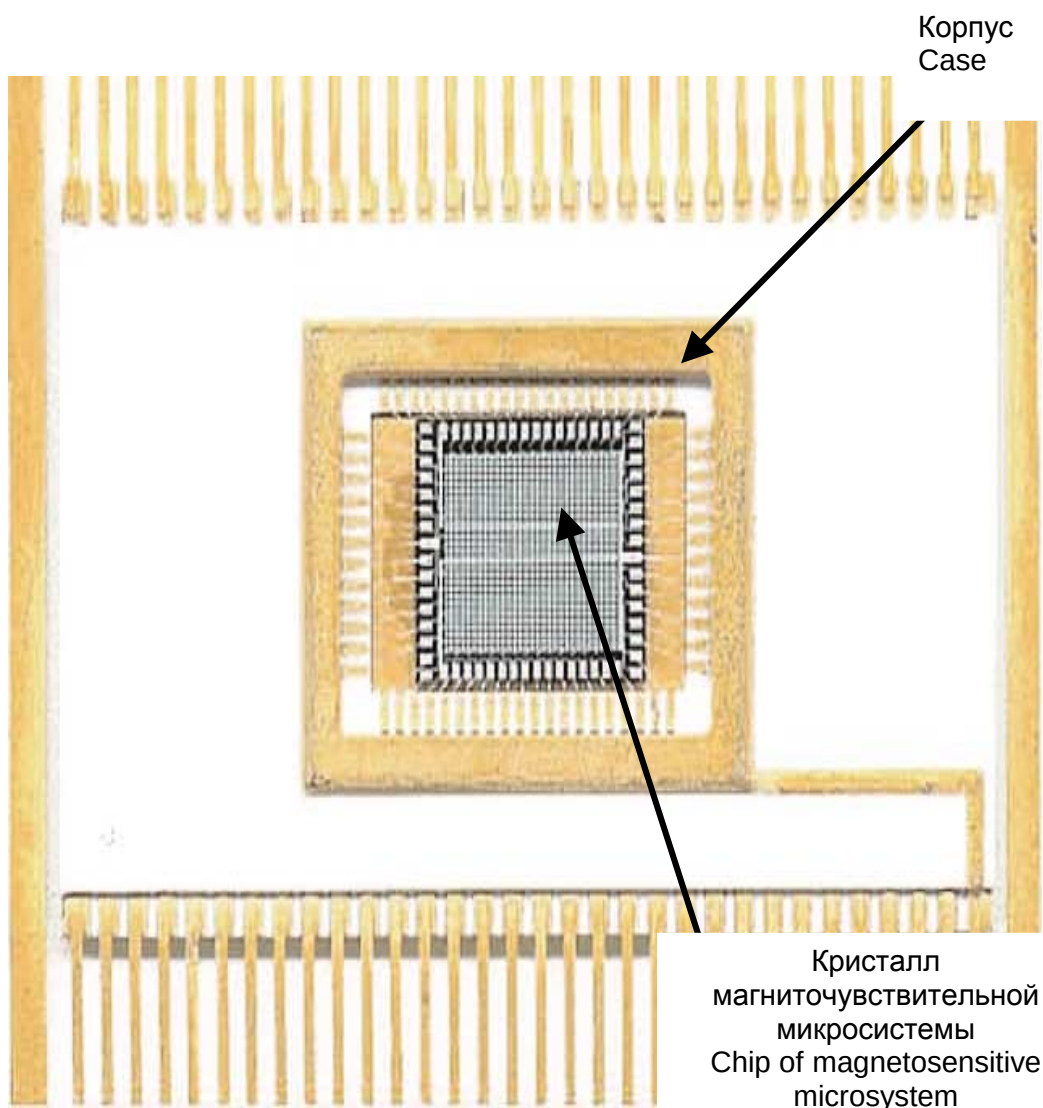


Рис.1. Интегральная магниточувствительная микросистема матричного типа.
Fig.1. Integrated magnetosensitive microsystem of array type.

В отличие от подобных гибридных микросистем содержащих определенное количество ячеек с однонаправленной чувствительностью, разработанная интегральная микросистема исключает рассовмещение магниточувствительных ячеек друг относительно друга, что позволяет существенно уменьшить угловую ошибку и повысить прецизионность измерения нормальной относительно поверхности компоненты вектора магнитного поля. К тому же, реализуемый конечный магниточувствительный объем ячейки достаточно мал, что позволяет достичь высокого пространственного разрешения микросистемы. Благодаря этому, данного класса микросистемы могут быть пригодны для измерения магнитных полей с большим нелинейным градиентом.

Для уменьшения начального смещения нуля, возникающего при изготовлении микросистемы, при разработке конструкции и технологии изготовления использовался метод самосовмещения. Благодаря этому любое привносимое рассовмещение элементов структуры относительно друг друга и угловая погрешность при изготовлении микросистемы были минимизированы.

Данного типа микросистема позволяет регистрировать нормальную относительно поверхности кристалла составляющую магнитного поля, так как в качестве чувствительного элемента при построении ячеек матрицы используются n-МОП двухстоковые магнитотранзисторы.

Организация и специальная коммутация измерительных электродов микросистемы позволяет значительно уменьшить количество информационных выводов, необходимых для опроса

всех ячеек. Поочередный опрос ячеек микросистемы осуществляется одновременно с включением конкретной опрашиваемой ячейки, что позволяет значительно снизить потребляемую мощность матричного преобразователя до уровня потребления одной ячейки. При напряжении питания 9 В среднее значение тока потребления микросистемы составило менее 70 мкА, а значение относительной чувствительности более 4 %/Тл.

Изготовление магниточувствительных микросистем матричного типа по интегральной технологии позволило уменьшить более чем на порядок не идентичность мультипликативной погрешности чувствительных элементов микросистемы.

Исследования уровня шума выходного сигнала элементов микросистемы в диапазоне частот от 1 Гц до 10 кГц позволили определить величину предельного разрешения по измеряемой величине магнитного поля. Ее значение составило 7 мкТл/ $\sqrt{\text{Гц}}$ на центральной частоте 1 кГц, при этом наиболее существенный вклад в интегральную величину шума в диапазоне частот вносят шумы на низких частотах.

Помимо исследования параметров микросистемы при комнатной температуре были также проведены исследования влияния температуры на величину ее абсолютной чувствительности. Рассчитанный из экспериментальных зависимостей температурный коэффициент изменения магниточувствительности в диапазоне температур от 20°C до 80°C составил величину $-0,4 \text{ \%}/^\circ\text{C}$. При этом существенного изменения уровня шума выходного сигнала выявлено не было.

Для снижения температурных коэффициентов изменения магниточувствительности микросистемы были разработаны схемные решения, позволяющие более чем на порядок снизить зависимость чувствительности от температуры [3]. Следует отметить, что все элементы схемы температурной компенсации изменения чувствительности могут быть достаточно просто реализованы в рамках КМОП конструктивно-технологического базиса в однокристалльном исполнении вместе с чувствительной частью микросистемы и позволяют уменьшить температурный коэффициент чувствительности до значений $0,02 \text{ \%}/^\circ\text{C}$.

Работа выполнена при финансовой поддержке в форме гранта №Т00-8.0-2727 «Исследование принципов построения полупроводниковых микросистем для измерения параметров распределенных магнитных полей» по фундаментальным исследованиям в области технических наук Минобразования России.

1. Абакумов А.А., Абакумов А.А. (мл.), Галушков А.И., Чаплыгин Ю.А. Полупроводниковые сканеры распределенного магнитного поля // н-т. журнал "Известия вузов", Электроника, 1997, N3-4, С.117-125.

2. Галушков А.А., Чаплыгин Ю.А. Микроэлектронные матричные преобразователи магнитных полей на основе магнитотранзисторов.// Датчики и преобразователи информации систем измерения, контроля и управления. VIII научно-техническая конференция. Тезисы докладов. Гурзуф. Май. 1996. С.210-211.

3. Галушков А.И., Шорин М.В. Самокомпенсация температурного измерения магниточувствительности биполярного двухколлекторного магнитотранзистора. // Датчики и преобразователи информации систем измерения, контроля и управления. X научно-техническая конференция. Тезисы докладов. Гурзуф. Май. 1998. Том 1. С.27-30.