

**ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТОУПРАВЛЯЕМЫХ МИКРОСХЕМ**

**ТЕРМОСТАБІЛІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ МАГНІТОКЕРОВАНИХ МІКРОСХЕМ**

**TERMOSTABILIZATION OF PARAMETERS OF MAGNETOGUIDED MICROCIRCUITS**

**Аннотация.** Разработан способ термостабилизации величины пороговой индукции переключающего магнитного поля кремниевой цифровой магнитоуправляемой микросхемы.

**Анотація.** Розроблений спосіб термостабілізації величини порогової індукції перемикаючого магнітного поля кремнієвої цифрової магнітокерованої мікросхеми.

**Summary.** Method of the thermostabilization of the threshold induction size of the make-and-break magnetic field of silicic digital magnetoguided microcircuit is developed.

В связи с широким развитием электроники в настоящее время остро стоит проблема повышения надежности микросхем, одним из классов которых являются магнитоуправляемые микросхемы. На надежность их работы сильно влияют различные виды внешних излучений [1, 2], а также температурный фактор. Однако, в литературе отсутствует способ решения задачи температурной стабилизации выходного сигнала.

Целью данной работы являлась разработка способа температурной стабилизации величины пороговой индукции магнитоуправляемой микросхемы.

Магниточувствительные элементы в основном используются в устройствах двух типов: в измерительных устройствах, где выходной сигнал является функцией величины магнитной индукции, и в переключающих устройствах, где при достижении определенной величины пороговой индукции магнитного поля  $B_{\Pi}$  выходной сигнал скачком изменяется от одной величины к другой (кодируемых как “0” и “1”). В обоих случаях сигнал с магниточувствительного элемента обрабатывается соответствующей схемой, содержащей транзисторы и резисторы. В настоящее время вся такая конструкция, включая магнитоэлемент, изготавливается в виде одной кремниевой микросхемы по стандартной планарной технологии. Этот класс микросхем получил название – магнитоуправляемые микросхемы. В соответствии со сказанным выше они делятся на два типа – аналоговые и цифровые. Типичная аналоговая микросхема содержит стабилизатор напряжения, датчик Холла и усилитель на биполярных транзисторах. В цифровую микросхему добавляется триггер.

Основным недостатком таких микросхем является сильная зависимость ЭДС Холла от температуры, что приводит, в свою очередь к сильной температурной зависимости выходного сигнала аналоговой микросхемы или порога срабатывания  $B_{\Pi}$  цифровой микросхемы.

Вследствие низкого напряжения питания микросхемы ((5...15) В) датчик Холла питается от источника с постоянным напряжением  $U_0$ . В этом случае формула для ЭДС Холла записывается в виде [2, 3]

$$U_x = BU_0 \frac{\alpha \cdot \mu}{\ell}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – ширина;  $\ell$  – длина датчика;  $\mu$  – подвижность носителей заряда в кремнии. На рис. 1 показана зависимость ЭДС Холла планарного кремниевого датчика от температуры. Очевидно, уменьшение  $U_x$  более чем в 2 раза связано с уменьшением в (1) подвижности, которая сильно зависит от температуры.

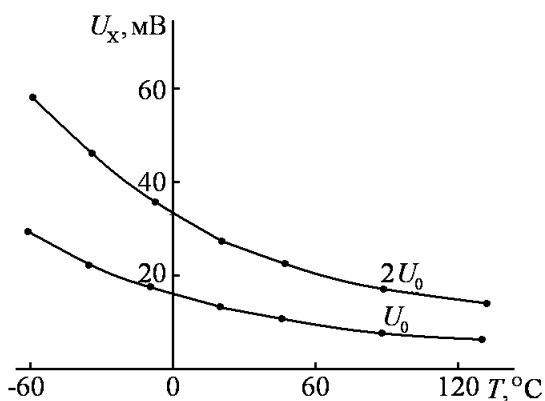


Рисунок 1– Зависимость ЭДС Холла кремниевого датчика от температуры при различных напряжениях источника питания

Для компенсации уменьшения  $U_x$  был использован усилитель с зависящим от температуры коэффициентом усиления. Структура такой микросхемы в цифровом варианте показана на рис. 2. Она содержит стабилизатор (СТ), подающий на элементы схемы стабилизированное напряжение  $U_0$ ; датчик Холла (ДХ), сигнал с которого подается на дифференциальный усилитель из транзисторов (УТ), выход которого подключен ко входу триггера (ТГ). В усилителе имеется токозадающий транзистор (ТТ), на вход которого включен термочувствительный элемент (ТЧ).

Микросхема работает следующим образом. Как и в обычной микросхеме, при отсутствии магнитного поля сигнал на выходе ДХ и усилителя равен нулю, триггер находится в состоянии логической "1". В управляющем магнитном поле, при превышении индукцией порогового значения  $B_{\Pi}$ , усиленная ЭДС Холла  $U_x$  переключает триггер в состояние "0". Зависимость  $U_x$  от температуры и является причиной того, что с ростом температуры величина  $B_{\Pi}$  увеличивается. Для термостабилизации значения  $B_{\Pi}$  необходимо обеспечить независимость от температуры напряжения на входе триггера, являющегося выходным напряжением усилителя  $U_y$ . Поскольку

$$U_y = KU_x, \quad (2)$$

где  $K$  – коэффициент усиления усилителя, то для компенсации уменьшения  $U_x$  с ростом температуры, нужно обеспечить одновременный рост  $K$ . С этой целью в схему введен термочувствительный элемент (ТЧ), который обеспечивает увеличение входного тока токозадающего транзистора (ТТ) с ростом температуры, а это увеличивает общий ток через усилительные транзисторы (УТ). Как известно [2], при малых токах коэффициент передачи тока биполярного транзистора растет с увеличением тока, что и обеспечивает рост  $K$ .

Рассмотренное техническое решение было внедрено в конструкцию промышленной магнитоуправляемой микросхемы типа К1116КП. Микросхема изготавливается на основе выращенных на  $p$ -кристалле эпитаксиальных пленок  $n$ -кремния толщиной 12 мкм и удельным сопротивлением  $\rho = 3 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ . Датчик Холла представляет собой часть пленки размером  $500 \times 600 \text{ мкм}$ . Остальные элементы схемы (транзисторы и резисторы) изготавливались в этой же пленке методом диффузии. Топология транзисторов и резисторов ничем не отличается от элементов обычных схем. Изоляция элементов друг от друга осуществлялась методом разделительной диффузии. Коэффициент передачи тока транзисторов около 80. Микросхема помещается в пластмассовый корпус с выводами из немагнитных материалов. В качестве триггера использовался триггер Шмидта. Термочувствительным элементом являлись два последовательно включенных диода. Как следует из (2) для достижения термостабильности  $U_y$  необходимо выполнение соотношения

$$K \cdot U_x = K_0 \cdot U_{x0} \quad \text{или} \quad \frac{K}{K_0} = \frac{U_{x0}}{U_x}, \quad (3)$$

где  $K_0$  и  $U_{x0}$  измерены при определенной температуре, например,  $T = 300 \text{ К}$ . При малых токах  $I$  через усилитель  $K \sim I$ , поэтому (3) можно записать в виде

$$\frac{I}{I_0} = \frac{U_{x0}}{U_x}. \quad (4)$$

На рис. 3 приведены экспериментальные зависимости левой и правой частей формулы (4) от температуры для описанной микросхемы К1116КП. Из рис. 3 видно, что в основной части реально используемого диапазона температур ( $-10 \dots 40^\circ\text{C}$ ) зависимости совпадают, что и обеспечивает практически полную термостабилизацию пороговой величины индукции магнитного поля.

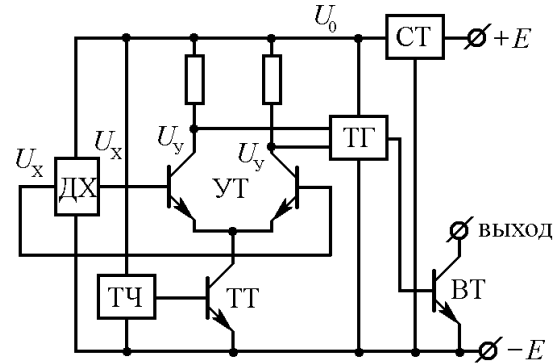


Рисунок 2– Блок-схема магнитоуправляемой микросхемы

На рис.4 показана зависимость выходного напряжения микросхемы от магнитной индукции при напряжении источника питания 5 В. Выходной сигнал снимался с нагрузочного резистора (обычно 30 кОм), подключенного к выходному транзистору (ВТ) (см. рис. 2). Как видно, остаточное напряжение во включенном состоянии не превышает 0,4 В. Небольшой гистерезис на характеристике является типичным для любого триггера.

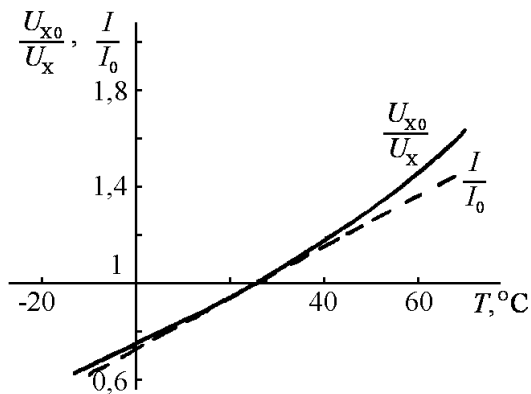


Рисунок 3– Зависимость параметров, входящих в формулу (4), от температуры микросхемы

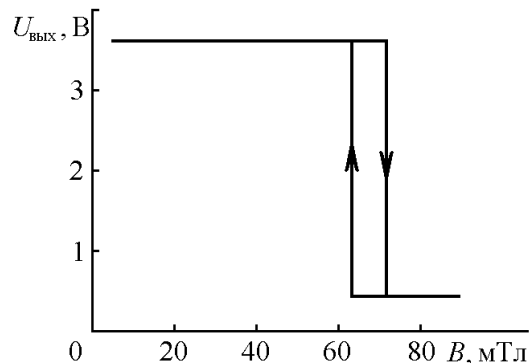


Рисунок 4 – Зависимость выходного напряжения микросхемы К111КП от магнитной индукции

В данной работе решена задача термостабилизации порога срабатывания цифровой микросхемы. Предложена магнитоуправляемая микросхема в которой уменьшение ЭДС Холла компенсируется ростом коэффициента усиления при увеличении температуры.

Описанные микросхемы нашли широкое практическое применение. Наиболее массовое применение получил бесконтактный клавишный переключатель. Обычная клавиша имеет два механически замыкаемых металлических контакта. Такая клавиша имеет малый срок службы и ненадежна при вводе информации вследствие эффекта “дребезга” контактов. Бесконтактные переключатели на основе магнитоуправляемой микросхемы имеют очень большой ресурс работы ( $10^8 - 10^{10}$  переключений), обеспечивают высокую надежность ввода информации благодаря отсутствию ложных срабатываний. Они перспективны для устройств ручного ввода информации в вычислительной технике, печатающих устройствах, телефонии, телеграфии и т.д.

### Литература

1. Марколенко П.Ю., Викулина Л.Ф., Нимцович А.И. Действие радиации на характеристики магнитоуправляемых транзисторов.// Наукові праці ОНАЗ. - Одеса , 2008. -№2. С.92-94.
2. Викулин И.М. Физика полупроводниковых приборов/ И.М. Викулин, В.И. Стафеев. – М.; Радио и связь, 1990. – 270 с.
3. Викулина Л.Ф. Сенсоры температуры и магнитного поля/ Л.Ф. Викулина, М.А. Глауберман. – Одесса: Маяк, 2000. – 244 с.