

УДК 621.3

ДАТЧИКИ ХОЛЛА HALL SENSOR

В. О. Воронова, В. А. Гриневич, С. А. Крейдич
 Научный руководитель - В.В. Зеленко, старший преподаватель
 Белорусский национальный технический университет,
 г. Минск, Республика Беларусь
 zelenko@bntu.by
 V. Voronova, V. Hrynevich, S. Kreidzich
 Supervisor – V. Zelenko, Senior lecturer
 Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Аннотация: В статье описывается общее представление об эффекте Холла и о том, как Allegro MicroSystems разрабатывает и внедряет технологию Холла в полупроводниковые монокристаллические интегральные схемы.

Abstract: The article describes a general idea of the Hall effect and how Allegro MicroSystems develops and implements Hall technology in semiconductor monolithic integrated circuits.

Ключевые слова: датчик Холла, эффект Холла.

Keywords: Hall sensor, Hall effect.

Введение

Эффект Холла назван в честь Эдвина Холла, который в 1879 году обнаружил, что на токопроводящей пластине возникает разность потенциалов, когда магнитное поле проходит через пластину в направлении, перпендикулярном плоскости пластины, как показано на рисунке 1.

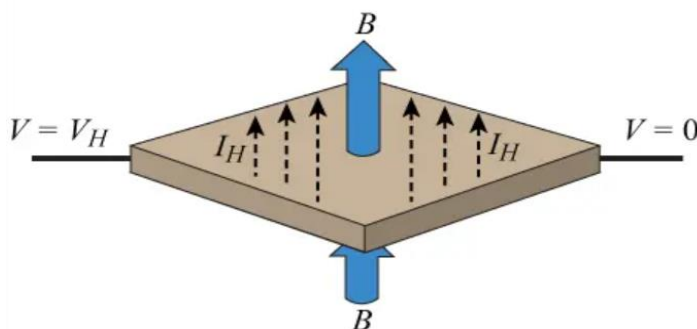


Рисунок 1 – Эффект Холла

Фундаментальным физическим принципом, лежащим в основе эффекта Холла, является сила Лоренца, которая проиллюстрирована на рисунке 2. Когда электрон движется в направлении v , перпендикулярном приложенному магнитному полю B , он испытывает силу F , силу Лоренца, которая нормальна как к приложенному полю, так и к протеканию тока.

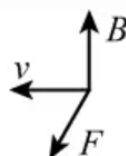
$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$$


Рисунок 2 – Сила Лоренца

В ответ на эту силу электроны движутся по изогнутой траектории вдоль проводника, и на пластине возникает суммарный заряд и, следовательно, напряжение. Это напряжение Холла, V_H , подчиняется приведенной ниже формуле, которая показывает, что V_H пропорционально напряженности приложенного поля и что полярность V_H определяется направлением приложенного магнитного поля - северным или южным. Благодаря этому свойству эффект Холла используется в качестве магнитного датчика.

$$V_H = \frac{IB}{\rho_n q t},$$

где V_H - напряжение Холла на проводящей пластине,
 I - ток, проходящий через пластину,
 q - величина заряда носителей заряда,
 ρ_n - количество носителей заряда на единицу объема, а
 t - толщина пластины.

Основная часть

Интегральные схемы Allegro semiconductor включают элемент Холла, поскольку эффект Холла применим как к проводящим, так и к полупроводниковым пластинам. Используя эффект Холла в полностью интегрированной монолитной микросхеме, можно измерять напряженность магнитного поля и создавать широкий спектр интегральных схем с эффектом Холла для самых различных применений.

Переключатель приводится в действие положительным магнитным полем, генерируемым южным полюсом. Положительное поле включает выходной транзистор и подключит выход к точке нулевого потенциала микросхемы, действуя как активное устройство низкого напряжения.

Поле, необходимое для активации устройства и включения выходного транзистора, называется магнитной рабочей точкой. Когда поле снимается, выходной транзистор выключается. Разница между магнитной рабочей точкой и точкой магнитного расцепления называется гистерезисом и используется для предотвращения скачков переключения из-за шума.

Allegro также производит магнитные защелки и линейные устройства. Магнитные защелки включаются с помощью южного полюса и выключаются с помощью северного полюса. Требование наличия северного полюса для отключения защелки отличает защелки от простых выключателей. Поскольку они не отключаются при удалении поля, они "фиксируют" вывод в текущем состоянии до тех пор, пока не будет применено противоположное поле. Защелки используются для считывания вращающихся магнитов для коммутации двигателя или определения скорости.

Линейные устройства имеют аналоговый выход и используются для определения линейного положения в линейных датчиках угла поворота, таких как автомобильные датчики положения педали газа. Они имеют номинальное выходное напряжение, равное $V_{CC}/2$, когда поле не приложено. При наличии южного полюса выходной сигнал будет перемещаться в направлении V_{CC} , а при наличии северного полюса выходной сигнал будет перемещаться в направлении точка нулевого потенциала микросхемы. Allegro предлагает различные переключатели Холла, защелки и линейные устройства, подходящие для широкого спектра применений. Например, микросхемы магнитных датчиков линейного и углового положения, микросхемы магнитных цифровых датчиков положения, микросхемы датчиков тока на основе эффекта Холла и микросхемы магнитных датчиков скорости.

Использование эффекта Холла

Интегральные схемы (ИС) с эффектом Холла используют эффект путем объединения элемента Холла с другими схемами, такими как операционные усилители и компараторы, для создания переключателей с магнитной активацией и устройств аналогового вывода. Простой переключатель Холла, такой как открытый МОП-транзистор с каналом n-проводимости - устройство, показанное на рис. 3, может быть использован для определения наличия или отсутствия магнита и выдает цифровой выход.

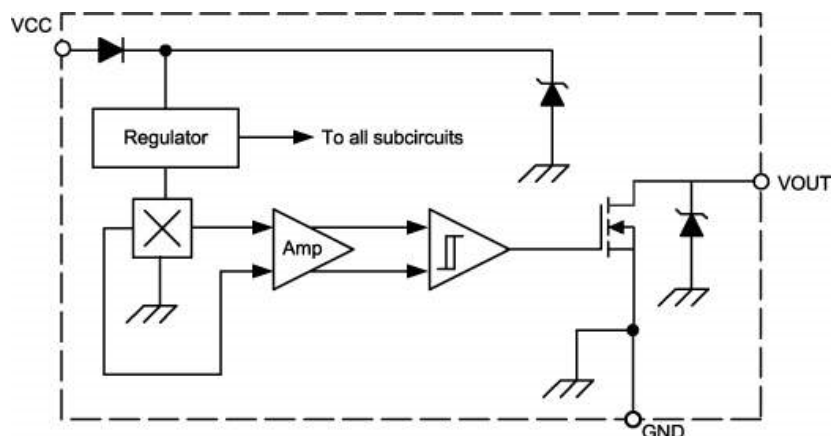


Рисунок 3 – Простой переключатель Холла

Интегральные схемы - это электронные структуры, имеющие большое количество элементов схемы с высокой плотностью, рассматриваемые как единое целое. Элементы схемы включают активные компоненты, такие как транзисторы и диоды, а также пассивные компоненты, такие как резисторы, конденсаторы и катушки индуктивности. Эти компоненты соединены между собой металлом, обычно алюминием, для создания более сложных операционных усилителей и компараторов устройства. Переключатель Холла на рисунке 3 используется для простой иллюстрации, но эти компоненты используются во всех устройствах Allegro даже для самых сложных микросхем. Элемент Холла на рисунке 3 показан в виде квадратного прямоугольника с буквой "X". Его выходной сигнал усиливается, подается в компаратор, а затем на открытый цифровой выход МОП-транзистор. Allegro также производит микросхемы Холла с

двумя элементами Холла для измерения дифференциальных магнитных полей и даже с тремя элементами Холла для определения направления движущихся ферромагнитных целей (цепей). Какой бы сложной ни была топология датчика, все компоненты изготавливаются внутри и на поверхности тонкой подложки из полупроводникового материала.

Структура ИС Холла

Устройства Allegro изготавливаются на кремниевых подложках путем легирования непосредственно в кремний различных материалов для создания областей носителей n-типа (электронных) или p-типа (электронно-дырочных). Эти области материала n-типа и p-типа формируются в геометрические формы, которые составляют активный и пассивный компоненты интегральной схемы, включая элемент Холла, и соединяются вместе путем нанесения металла поверх геометрических форм. Таким образом, активный и пассивный компоненты электрически соединены друг с другом. Поскольку требуемая геометрия очень мала, в диапазоне микрон, а иногда и меньше, плотность схемы чрезвычайно высока, что позволяет создавать сложные схемы на очень небольшой площади кремния.

Тот факт, что все активные и пассивные элементы выращены внутри подложки или нанесены на кремний, делает их неотделимыми от кремния и действительно идентифицирует их как монокристаллические интегральные схемы. На рисунке 4 показано, как элемент Холла интегрирован в ИС Allegro. Это просто область легированного кремния, которая создает пластину n-типа, которая будет проводить ток.

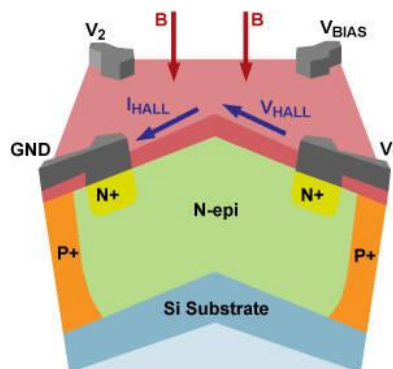


Рисунок 4 – Монолитная схема

Сборка датчика Холла

После распиливания рядов и столбцов кремниевых пластин на отдельные матрицы, они затем упаковываются для индивидуальной продажи. Готовый макет, один из многих возможных стилей, показан на рисунке 5. Матрица видна внутри корпуса, установленная на медной подушечке матрицы. Контакт с медными выводами осуществляется посредством соединения золотой проволоки от металлических прокладок на поверхности матрицы к электрически изолированным выводам корпуса. Затем упаковка инкапсулируется или переформовывается пластиком для защиты матрицы от повреждений.

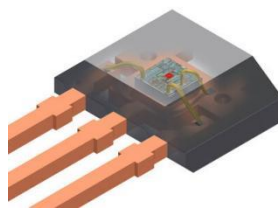


Рисунок 5 - Макет

Заключение

Таким образом, можно сказать, что датчики Холла очень популярны при конструировании и сборке интегральных систем. Также можно отметить, что их цена и качество соответствует требованиям потребителей. Компания по разработке интегральных схем Allegro MicroSystems отлично справляется созданием улучшенных датчиков.

Литература

1. Электронное учебное пособие по курсу физики «Электростатика. Электродинамика. Электромагнетизм. Электромагнитные колебания и волны» - Режим доступа: <https://moodle.kstu.ru/mod/book/view.php?id=31680&chapterid=7445>.

- Дата доступа: 09.04.2023.

2. Датчики Холла [Электронный ресурс]/датчики Холла. - Режим доступа: <https://www.allegromicro.com/en/insights-and-innovations/allegro-hall-effect-sensor>. - Дата доступа: 09.04.2023