

**МИКРОСИСТЕМА СТАБИЛИЗАТОРА МИКРО – И МАЛЫХ ТОКОВ
НА ОСНОВЕ КНИ МАГНИТОТРАНЗИСТОРА С ФУНКЦИЕЙ
АВТОКОМПЕНСАЦИИ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ**

© 2016 г. А.В. ЛЕОНОВ, М.И. ПАВЛЮК

Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых
материалов РАН, г. Черноголовка
ЗАО “ПКК Миландр”, г. Москва, Зеленоград
e-mail: alex25.08@mail.ru

В работе [1] описан магниточувствительный элемент, представляющий собой гибрид тонкоплёночного кремниевого двухзатворного полевого транзистора со встроенным каналом и элемента Холла, именуемый далее полевым датчиком Холла (ПДХ). ПДХ изготавливается по технологии «кремний на изоляторе» и обладает полевой управляющей системой типа металл – диэлектрик – полупроводник – диэлектрик – металл (МДПДМ), обеспечивающий аккумуляцию электронов вблизи границ раздела с обоими диэлектриками (SiO_2). Наличие двух управляющих затворов позволяет расширить функциональные возможности использования ПДХ в магнитометрической аппаратуре [2], но этим возможности ПДХ не исчерпываются. В данной работе, в частности, показано, что на основе ПДХ можно создать микросистему для стабилизации микро – и малых токов и компенсировать изменения тока цепи при вариациях сопротивления нагрузки и/ или температуры окружающей среды. Это достигается формированием обратной связи между холловскими контактами и управляющими затворами МДПДМ системы (рис. 1, а), или созданием обратной связи между холловскими контактами, источником питания и затворами (рис. 1, б).

На рис. 1, а видно, что схема стабилизации изменений тока через ПДХ, обусловленных изменением сопротивления нагрузки, включает операционный усилитель (ОУ), регулятор тока и постоянный магнит, создающий опорный сигнал э.д.с. Холла на холловских контактах. При изменении сопротивления нагрузки изменится ток через ПДХ и соответственно значения э.д.с. Холла. Хорошо известно, что при прочих равных условиях э.д.с. Холла пропорциональна произведению значения тока на значение индукции магнитного поля [3]. Изменение э.д.с. Холла, усиленное ОУ, изменит потенциалы управляющих затворов и скомпенсирует влияние изменившейся нагрузки. Следует, однако, иметь в виду, что значение э.д.с. Холла ПДХ (как и любого полупроводникового элемента Холла), весьма чувствительна к изменению температуры. В частности, в случае кремниевых элементов Холла коэффициент температурной зависимости магниточувствительности составляет минус $0,5\% / ^\circ\text{C}$, что обусловлено уменьшением подвижности электронов с увеличением температуры в характерном диапазоне рабочих температур кремниевых элементов Холла и магниточувствительных ИС на их основе, составляющем от -60°C до $150-170^\circ\text{C}$ [3]. Возможность подавления влияния температуры на ток канала ПДХ иллюстрируется схемой на рис. 1, а и б. В этом случае изменение температуры (и соответственно и тока канала ПДХ) приводит к изменению напряжения затвора или питания схемы и соответствующей компенсации изменения тока канала. По сути дела в случае схемы 1б ПДХ функционирует в режиме генератора тока, тогда как в случае, показанном на рис. 1, а, используется режим генератора напряжения.

На рис. 2 представлены результаты эксперимента, демонстрирующие существ-

венную стабилизацию тока обоими предложенными способами. Наилучший результат достигается, когда в схеме стабилизатора объединены обе цепи обратной связи (рис. 1, б). Видно, что при изменении сопротивления нагрузки в 10 раз значение тока поддерживается с точностью не хуже 1%. Рис. 3 иллюстрирует возможность стабилизации тока ПДХ при изменениях температуры. Как и в предыдущем случае, наилучшая степень компенсации достигается при использовании обратной связи по питанию и затвору. В эксперименте использовались ПДХ, изготовленные на основе слоя n-Si толщиной 0,2 мкм (концентрация электронов - $5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$, длина и ширина канала 500 мкм). Индукция опорного магнитного поля составляла 10 мТл. В таком ПДХ интервал значений стабилизируемого тока лежал в пределах от нескольких мкА до 2 мА. Изменяя топологию ПДХ можно расширить этот диапазон по крайней мере, до 10мА. В работе [4] показана возможность функционирования ПДХ до температуры 350°C. Таким образом существует принципиальная возможность создания стабилизаторов тока, работающих при высоких температурах.

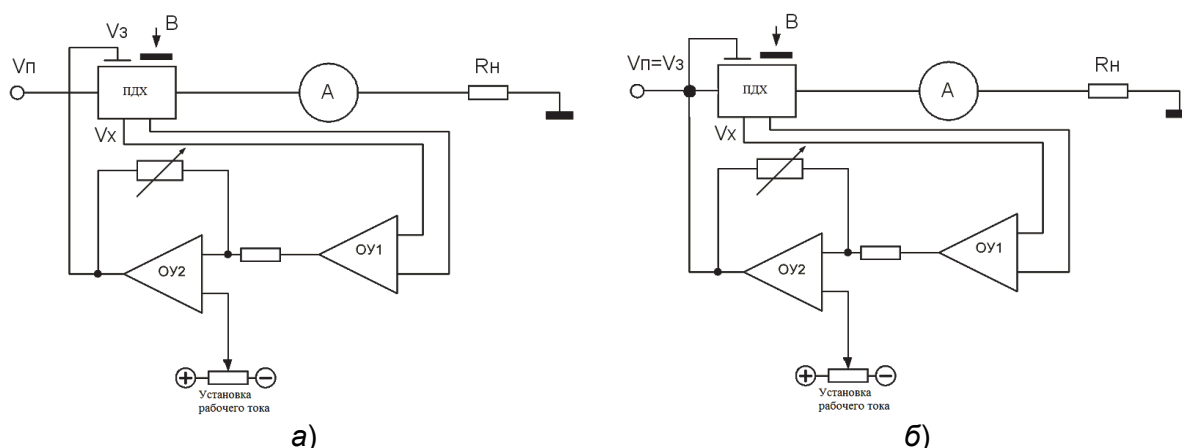


Рис. 1. Микросистема стабилизации тока на основе ПДХ, а) – по затвору, б) – по затвору и питанию. В – постоянный магнит с индукцией 10 мТл, ПДХ – полевой датчик Холла, Rн – сопротивление нагрузки, ОУ1 (AD 620) – усилитель напряжения Холла, ОУ2 (КР 574 УД1) – установщик рабочего стабилизированного тока, А – микро – миллиамперметр, Vп, Vз – напряжения питания и затвора соответственно, Vх – напряжение Холла.

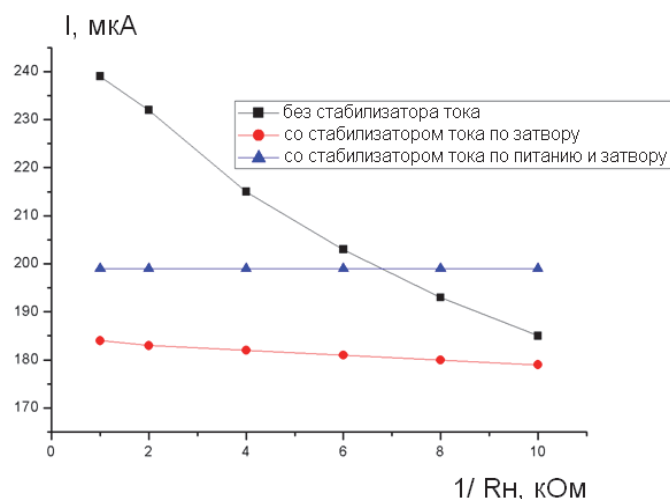


Рис. 2. Зависимость тока от величины нагрузки в разных схемах стабилизации тока на основе ПДХ.

Отметим также определённую оригинальность концепции стабилизатора как микросистемы, в которой ПДХ выполняет как функцию преобразователя внешнего воздействия в электрический сигнал, так и функцию исполнительного элемента, регули-

рующего ток микросистемы стабилизатора. Так же хотелось бы обратить внимание на то, что принцип построения данной схемы и возможности ПДХ позволяют создавать датчики внешних воздействий компенсационного типа для измерения температуры, магнитного поля и радиации.

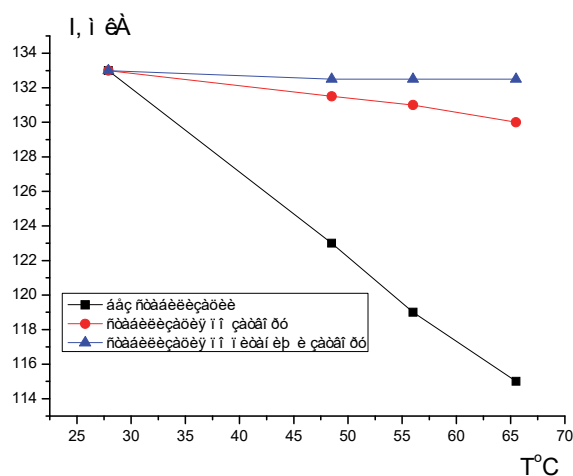


Рис. 3. Зависимость тока от температуры в разных схемах стабилизации тока на основе ПДХ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мордкович В.Н., Бараночников М.Л., Леонов А.В., Мокрушин А.Д., Омеляновская Н.М., Пажин Д.М. Полевой датчик Холла—новый тип преобразователя магнитного поля // Датчики и системы. – 2003. – №. 7. – С. 33-37.
2. Бараночников М.Л., Леонов А.В., Мордкович В.Н., Пажин Д.М. Особенности магниточувствительных сенсоров на основе Полевого Датчика Холла // Приборы и техника эксперимента, 2012, Вып.6, с. 494 – 499.
3. Popovic R.S. Hall Effect Devices, second ed. - IOP Pub. Bristol and Philadelphia, 2004 - 419 p.
4. Leonov A.V., Malykh A.A., Mordkovich V.N., Pavlyuk M.I. Field Controlled Si Hall Element with Extended Operation Temperature Range from Liquid Helium Temperature up to 650K, *Procedia Engineering*, 120, 2015, pp. 1197-1200.