

К. ф.-м. н. Л. Ф. ВИКУЛИНА

Украина, г. Одесса, Гос. академия связи им. А. С. Попова

Дата поступления в редакцию
29.06 1998 г.

Оппонент к. т. н. В. П. НОКЕЛЬ

СХЕМНОЕ РЕШЕНИЕ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДАТЧИКОВ

Уменьшение чувствительности полупроводникового датчика с ростом температуры компенсируется использованием усилителя с изменяющимся коэффициентом усиления.

The decreasing of semiconductor sensor sensitivity with temperature increasing by use of amplifier with changing amplification factor is compensating.

Полупроводниковые датчики широко используются для измерения различного типа внешних воздействий — давления, света, магнитного поля и т. д. В резистивном исполнении это тензорезисторы, фоторезисторы и магниторезисторы.

При измерении слабых воздействий резисторы включаются в схему измерительного моста, на одну диагональ которого подается питающее напряжение, а с другой снимается выходной сигнал [1, с. 202]. Недостатком таких схем является зависимость выходного сигнала от температуры, обусловленная зависимостью чувствительности полупроводниковых резисторов от температуры. Обычно эта проблема решается термостабилизацией полупроводниковых резисторов, однако системы термостабилизации в десятки раз увеличивают размеры, энергопотребление и стоимость измерительных устройств, что сводит к нулю преимущество полупроводников как элементов, имеющих микроразмеры и потребляющих микротоки.

В данной работе предлагается для термостабилизации выходного сигнала измерительного моста использовать усилитель с обратной зависимостью коэффициента усиления (K) от температуры, т. е. если сигнал уменьшается, то K увеличивается, и наоборот. В результате выходной сигнал с усилителя в заданном рабочем температурном диапазоне может практически не зависеть от температуры, а определяться только величиной измеряемого внешнего воздействия.

Рассмотрим конкретный вариант реализации такого устройства на примере измерителя индукции магнитного поля с датчиком Холла.

Датчик Холла (далее ДХ) представляет собой четырехполюсник, на одну диагональ которого подается питающий ток (I), а с другой снимается эдс Холла (U_X), пропорциональная индукции магнитного поля (B):

$$U_X = R_X IB / d, \quad (1)$$

где $R_X = 1 / qn$ — коэффициент Холла, зависящий от концентрации носителей заряда (n),
 d — толщина датчика.

В последние годы наметилась устойчивая тенденция к снижению напряжения питания электронных схем. При низковольтном питании трудно обеспечить режим постоянного тока, поэтому датчик питается от источника с постоянным напряжением (E_0). Для этого режима, подставляя в (1) известные выражения $I = E_0 / R$, $R = \rho l / ad$, $\rho = 1 / q\mu n$, нетрудно получить

$$U_X = \mu E_0 B a / l, \quad (2)$$

где ρ — удельное сопротивление полупроводника ДХ;
 R — сопротивление ДХ;
 l, a — длина и ширина датчика;
 q — заряд электрона;
 μ — подвижность носителей заряда.

Таким образом, в этом режиме из электрофизических параметров полупроводника в формулу для U_X входит лишь подвижность носителя заряда.

В наиболее важном для практики диапазоне температур ($0 \dots 40^\circ\text{C}$) подвижность в большинстве полупроводников уменьшается, что приводит к уменьшению U_X . Например, в кремниевых ДХ с удельным сопротивлением $1 - 5 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ U_X уменьшается почти в 1,5 раза. Для компенсации этого уменьшения используются два варианта схем, показанных на рис. 1. Выбор схемы определяется знаком зависимости удельного сопротивления полупроводника ДХ от температуры. В узкозонных полупроводниках (антимонид индия, собственный германий) сопротивление с ростом температуры уменьшается из-за увеличения концентрации n , а в широкозонных растет из-за уменьшения подвижности μ .

Для ДХ с уменьшающимся сопротивлением используется схема рис. 1, а. Здесь ток питания ДХ проходит через токовый транзистор (ТТ), задающий ток через усилительные транзисторы (УТ)

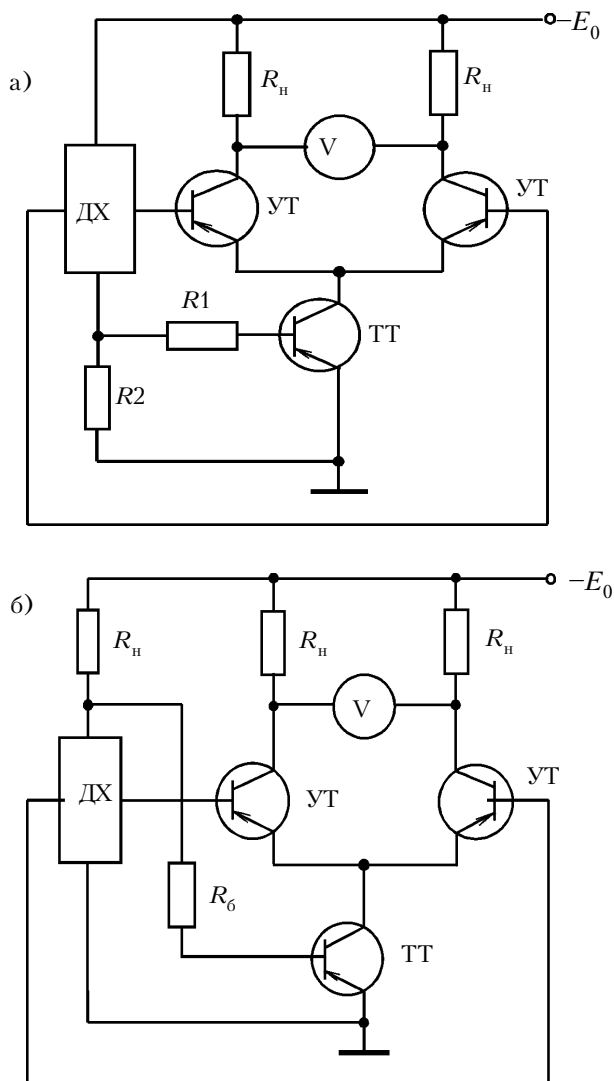


Рис. 1. Схемы термостабилизации выходного сигнала измерителя магнитной индукции:
 а — для датчика Холла с уменьшающимся сопротивлением;
 б — с увеличивающимся сопротивлением

дифференциального усилителя, на вход которых подается сигнал с боковых контактов ДХ. Зависимость коэффициента усиления от элементов схемы определяется формулой

$$K = R_n h_{213} / R_{вх} \quad (3)$$

где R_n — сопротивление нагрузки;
 h_{213} — коэффициент передачи тока транзисторов;
 $R_{вх}$ — входное сопротивление УТ.

Выходной сигнал с усилителя равен

$$U = U_X K = U_X R_n h_{213} / R_{вх} \quad (4)$$

В большинстве маломощных транзисторов коэффициент h_{213} растет с увеличением тока [1, с. 83].

Схема рис. 1, а работает следующим образом. С увеличением температуры U_X уменьшается, а ток питания ДХ увеличивается, что приводит к росту входного тока ТТ и тока через УТ, а значит, и коэффициента h_{213} . Таким образом, уменьшение U_X в (4) компенсируется ростом h_{213} , что и обеспечи-

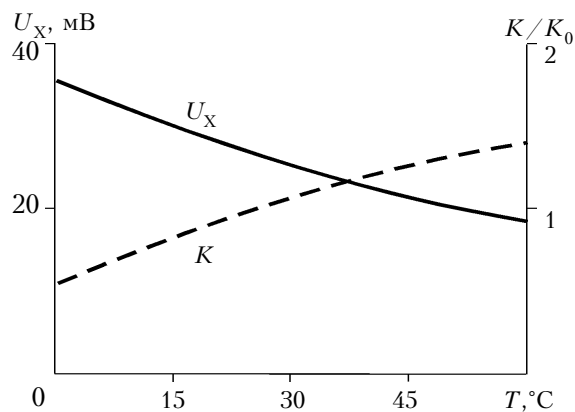


Рис. 2. Зависимость эдс датчика Холла и коэффициента усиления усилителя от температуры

вает возможность температурной стабилизации выходного сигнала измерительного устройства.

Для ДХ с увеличивающимся сопротивлением используется схема рис. 1, б. В ней ток ДХ с ростом температуры уменьшается, что приводит к увеличению входного тока ТТ, росту h_{213} и т. д.

В конкретных измерительных устройствах температурная компенсация осуществляется подбором величин сопротивлений $R1$ и $R2$ для определенного ДХ и типа транзисторов. Следует также учитывать, что h_{213} растет при увеличении собственной температуры транзисторов.

На рис. 2 приведены экспериментальные температурные зависимости U_X кремниевого ДХ при $B=50$ мТл и отношения K/K_0 ($K_0=K$ при $T=25^\circ\text{C}$) усилителя на кремниевых транзисторах КТ315. Из графиков можно определить, что в пределах 5%-ной точности измерений удается получить произведение $U_X K$, практически не зависящее от температуры в диапазоне $0 \dots 40^\circ\text{C}$.

Приведенные схемы термостабилизации были испытаны нами при разработке измерителя магнитного поля на основе моста из четырех магниторезисторов [2, с. 51], два из которых (противоположные по диагонали) помещались в магнитное поле, а два других находились вне его. Эффективность схемы подтвердилась также при создании измерителя давления на основе тензочувствительной мембраны из четырех тензорезисторов и измерителя интенсивности света на основе четырех фоторезисторов. Если в качестве чувствительных элементов используются кремниевые резисторы, то вся схема может быть изготовлена в одном кристалле в виде интегральной микросхемы [3].

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Викулин И. М., Стафеев В. И. Физика полупроводниковых приборов. — М.: Радио и связь, 1990.
2. Хомерики О. К. Полупроводниковые преобразователи магнитного поля. — М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. А. с. СССР 1200793. Магниточувствительная интегральная схема / И. М. Викулин, Л. Ф. Викулина, А. Н. Марченко, Б. В. Ткачев. — 28.03.84.