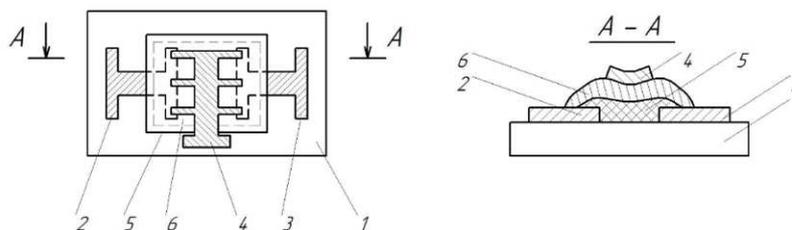


Д.С. Карпович, доц., канд. техн. наук;  
 М.А. Анкуда, ст. преп.;  
 Н.М. Олиферович, ст. преп.  
 (БГТУ г. Минск)

## ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СХЕМЫ ПЛЕНОЧНЫХ СЕНСОРОВ

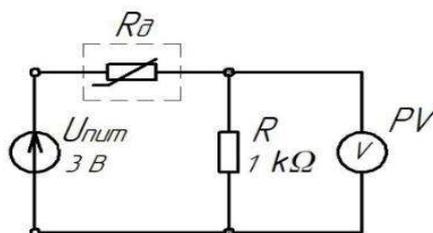
Работа пленочного сенсора газоанализатора основана на свойствах поглощения газа поверхностью нагретого оксида металла. Простейший чувствительный элемент пленочного сенсора выполнен в виде пленки полупроводника (чаще всего металлоксидного) с двумя контактными площадками и двумя металлическими электродами, находящимися на диэлектрической подложке. При необходимости на последней изготавливается и тонкопленочный нагреватель (рис. 1) [1].



1 – подложка; 2, 3 – измерительные электроды; 4 – вспомогательный электрод;  
 5 – диэлектрическая пленка; 6 – полупроводниковая пленка

**Рисисунок 1 – Тонкопленочный датчик для детектирования составляющей газовой среды**

При нагреве чувствительного элемента до определенного уровня атомы газовой среды поглощаются на поверхности полупроводника и изменяют электрическое сопротивление оксидного материала. При увеличении концентрации газа резистивное сопротивление датчика обычно уменьшается. Надлежащий выбор измерительной схемы означает, что в выходной сигнал не будут вноситься дополнительные погрешности, а на сам процесс измерения не будут накладываться дополнительные ограничения. Элементарная схема измерения сопротивления показана на рис. 2.



**Рисунок 2 – Схема измерения сопротивления:**  
 1 – источник напряжения; 2 – чувствительный элемент; 3 – выходной сигнал

Последовательно к датчику подсоединяется резистор с известным сопротивлением. Сопротивление датчика определяется исходя из падения напряжения на резисторе.

Уравнение преобразования цепи имеет вид

$$U_{out} = \frac{U_{пит} R_{PV} R}{(R_{\partial} \pm \Delta R_{\partial})(R + R_{PV}) + R \cdot R_{PV}}$$

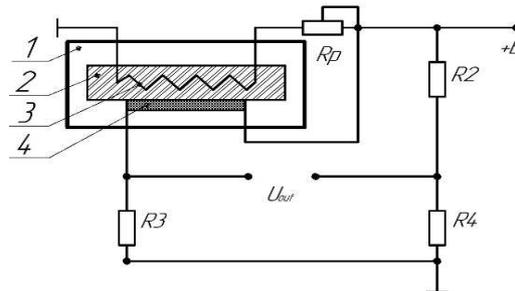
где  $R$  – сопротивление, ограничивающее ток в цепи.

Если сопротивление вольтметра  $R_{PV} \gg R$ , получим

$$U_{out} = \frac{U_{пит} R}{(R_{\partial} \pm \Delta R_{\partial}) + R}$$

Измерительные цепи последовательного включения и резистивного делителя напряжения характеризуются нелинейной зависимостью между выходной величиной ( $\Delta I_X, \Delta U_X$ ) и изменением  $\Delta R_{\partial}$ .

Большее распространение получили мостовые или компенсационные схемы измерения сопротивления. В общем случае полупроводниковый газоанализатор в составе мостового измерителя можно представить в виде следующей схемы (рис. 3) [2].



**Рисунок 3 – Электрическая схема газоанализатора полупроводникового типа: 1 – корпус чувствительного элемента; 2 – подложка керамическая; 3 – спираль нагрева; 4 – полупроводник**

От источника напряжения  $+E$  происходит нагрев с помощью спирали 3 керамической подложки 2 и полупроводника 4. Температуру нагрева датчика можно устанавливать с помощью регулируемого резистора  $R_p$ . По краям легированного полупроводника, проводимость которого будет меняться под действием исследуемого продуваемого газа, размещают два электрода. В результате между электродами возникает некоторое параметрическое сопротивление  $R_{\partial}$ . Сопротивление  $R_{\partial}$  вместе с  $R_2, R_3, R_4$  образует мостовую схему, которая позволяет переводить изменение сопротивления датчика в электрический сигнал  $U_{out}$ .

В неравновесных мостах в исходном состоянии осуществляется компенсация начального значения выходного сигнала так, чтобы он

был равен нулю. При отклонении измеряемой величины от нуля изменяется сопротивление  $R_{\partial} = R_0 + \Delta R_{\partial}$  и мост выходит из состояния равновесия.

Выходное напряжение мостовой цепи

$$U_{out} = \frac{E(R_{\partial}R_4 - R_2R_3)R_{PV}}{R_{PV}(R_{\partial} + R_2)(R_3 + R_4) + R_{\partial} \cdot R_2(R_3 + R_4) + R_3 \cdot R_4(R_{\partial} + R_2)}$$

В настоящее время очень широкое применение находят измерительные цепи резистивных сенсоров, использующие операционные усилители. На рис. 4 приведены примеры схем преобразователей сопротивления в напряжение.

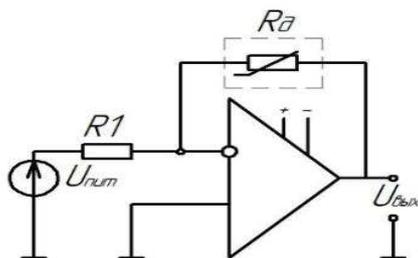


Рисунок 4 – Схема измерения сопротивления на базе операционного усилителя

Схема с двухпроводной линией связи применяется в тех случаях, когда измеряются большие сопротивления или когда резистивный сенсор находится в непосредственной близости от измерительной схемы. Для данной цепи выходное напряжение

$$U_{\text{ВЫХ}} = -U_{\text{ПИТ}} \frac{R_{\partial}}{R_1}$$

При этом датчик может быть включен вместо резистора входной цепи так и в цепь обратной связи операционного усилителя схемы. Наличие операционного усилителя позволяет реализовывать предварительную обработку и масштабирование выходного сигнала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Родионов, Ю. А. Микроэлектронные датчики и сенсорные устройства: учеб. пособие / Ю. А. Родионов. – Минск : БГУИР, 2019. – 300 с. : ил.
2. Адаптивная цифровая фильтрация для обработки сигналов от полупроводниковых пленочных газовых сенсоров / И. О. Оробей [и др.] // Химическая технология и техника : материалы 86-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 31 января – 12 февраля 2022 г. – Минск : БГТУ, 2022. – С. 322–324.