

## РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ СЕНСОР ДАВЛЕНИЯ С ЧАСТОТНЫМ ВЫХОДОМ

Осадчук В. С., д.т.н., проф.; Осадчук А. В., д.т.н., проф.;  
Осадчук Я. А.

Винницкий национальный технический университет, г. Винница, Украина

Характеристики микроэлектронных сенсоров давления определяют точность и надежность приборов контроля технологических процессов, характеристики окружающей среды, безопасность работы ядерных, тепловых, химических установок, летальных аппаратов, транспорта и т.д. Это определяет жесткие требования к микроэлектронным сенсорам давления.

Одним из перспективных научных направлений в разработке радиоизмерительных микроэлектронных сенсоров давления является использование зависимости реактивных свойств и отрицательного сопротивления полупроводниковых приборов от влияния внешних физических величин и создание на этой основе нового класса радиоизмерительных микроэлектронных сенсоров давления. В устройствах такого типа происходит преобразование давления в частотный сигнал, что позволяет создать радиоизмерительные преобразователи по интегральной технологии и дает возможность повысить быстродействие, точность и чувствительность, расширить диапазон измеряемых величин, улучшить надежность, помехоустойчивость и долговременную стабильность параметров [1, 2]. Использование частоты как информационного параметра разрешает избежать применения усилительных устройств и аналого-цифровых преобразователей при обработке информации, что снижает себестоимость систем контроля и управления [2, 3].

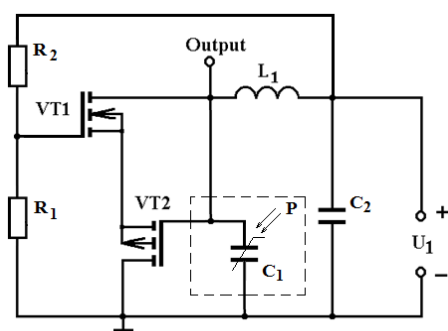


Рисунок 1. Электрическая схема радиоизмерительного сенсора давления

ке [4].

Таким образом, в колебательной системе автогенератора возникают электрические колебания за счет преобразования отрицательным дифференциальным сопротивлением энергии постоянного источника напряжения в энергию переменного электрического поля. Колебательная система сос-

Схема радиоизмерительного сенсора давления с частотным выходом представлена на рис. 1. В результате различной проводимости каналов полевых МДП транзисторов VT1 и VT2 вольтамперная характеристика на выходе устройства имеет падающий участок, что соответствует появлению отрицательного дифференциального сопротивления при выборе рабочей точки на этом участ-

тоит из индуктивности  $L$  и эквивалентной емкости  $C$ , в которую входит емкость существующая на электродах сток-сток полевых транзисторов VT1 и VT2, емкость  $C_1$ , которая изменяется под действием давления, и емкость  $C_2$ , защищающая источник постоянного напряжения  $U_1$  от переменного высокочастотного тока. Сопротивления  $R_1$ - $R_2$  обеспечивают режим работы полевых транзисторов VT1 и VT2 по постоянному току.

Первичный измерительный преобразователь давления представляет собой конденсатор с мембраной, изготовленной методом плазменного травления кремния. Ее толщина составляет 12 мкм. Electroды изготовлены методом катодного распыления меди.

Перейдем к определению функции преобразования и чувствительности радиоизмерительного сенсора давления. При выполнении условия

$$\omega L - \frac{\omega C R_g^2}{1 + (\omega C R_g)^2} = 0 \quad (1)$$

в схеме наступает резонанс. Из уравнения (1) определяем резонансную частоту, которая является функцией преобразования. Эта функция описывает зависимость резонансной частоты от давления

$$F(P) = \frac{1}{2\pi R_g C_{ekv}(P)} \sqrt{\frac{R_g^2 C_{ekv}(P)}{L} - 1}. \quad (2)$$

Чувствительность радиоизмерительного сенсора давления определяется на основании (2) и описывается уравнением

$$S_P^{F_p} = -\frac{1}{2} \frac{\sqrt{\frac{R_g^2 C_{ekv}(P)}{L} - 1} \left( \frac{dC_{ekv}(P)}{dP} \right)}{\pi R_g C_{ekv}^2(P)} + \frac{1}{4} \frac{R_g \left( \frac{dC_{ekv}(P)}{dP} \right)}{\pi L C_{ekv}(P) \sqrt{\frac{R_g^2 C_{ekv}(P)}{L} - 1}}. \quad (3)$$

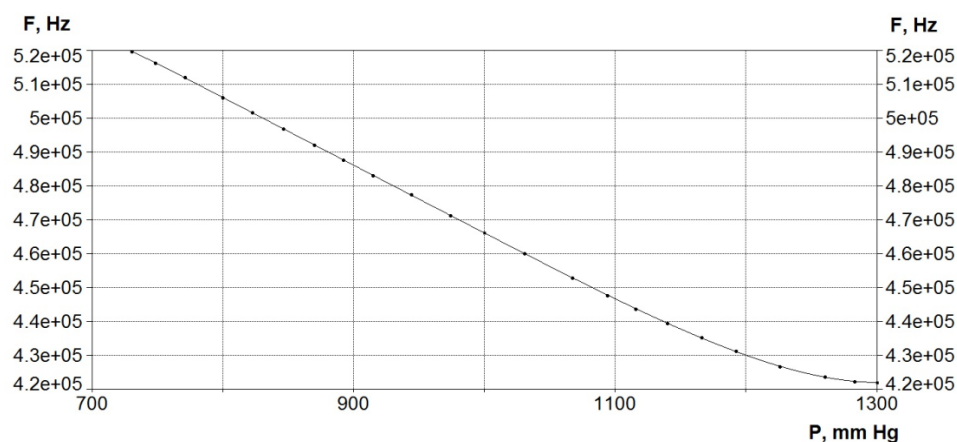


Рисунок 2. Зависимость резонансной частоты от давления

На рис. 2 представлена зависимость резонансной частоты от давления. Как видно из графика, резонансная частота имеет линейный характер до 1230 mmHg давлений, затем линейность нарушается, что объясняется кра-

евыми эффектами поведения мембраны в точках крепления.

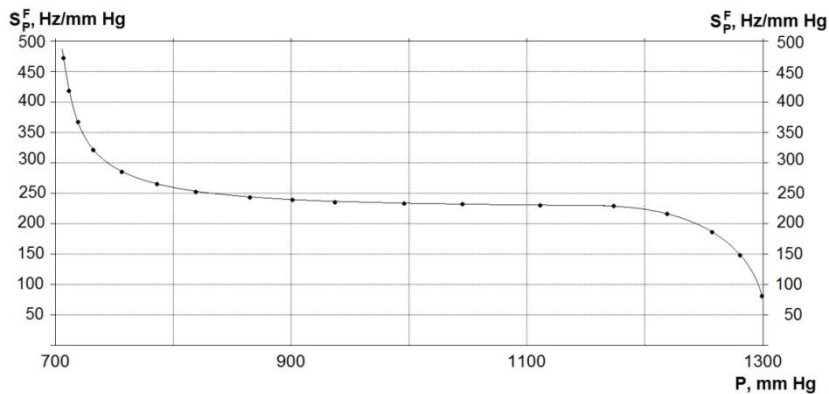


Рисунок 3. Зависимость чувствительности сенсора от изменения давления

На рис. 3 представлена зависимость чувствительности сенсора от изменения давления. Анализ графика показывает, что существует определенный диапазон давления, при котором чувствительность имеет максимальное значение и изменяется от 470 до 235 Hz/mmHg.

#### Перечень источников

1. Новицкий П.В. Цифровые приборы с частотными датчиками / П.В. Новицкий, В.Г. Кноринг, В.С. Гутников. – Ленинград : Энергия, 1970. – 424 с.
2. Осадчук О.В. Мікроелектронні частотні перетворювачі на основі транзисторних структур з від'ємним опором / О.В. Осадчук. – Вінниця : «Універсум-Вінниця», 2000. – 303 с.
3. Осадчук В.С. Реактивные свойства транзисторов и транзисторных схем / В.С. Осадчук, А.В. Осадчук. – Винница : «Универсум-Винница», 1999. – 275 с.
4. Патент на корисну модель №83356 України, МПК G01R 31/315. Вимірювач тиску з активним індуктивним елементом / Осадчук В.С., Осадчук О.В., Осадчук Я.О. Заявка № u201300303; Заяв. 09.01.2013; Пр. 18.04.13. Опубл. 10.09.13 Бюл.17.

#### Анотація

У статті представлені характеристики радіовимірювального сенсора тиску із частотним виходом у вигляді автогенераторної схеми на основі двох польових транзисторів з різною провідністю каналів і чутливим до тиску конденсатором. Представлено функцію перетворення та рівняння чутливості. Чутливість пристрою змінюється від 470 до 235 Hz/mmHg.

Ключові слова: сенсор тиску, частота, від'ємний опір.

#### Аннотация

В статье представлены характеристики радиоизмерительного сенсора давления с частотным выходом в виде автогенераторной схемы на основе двух полевых транзисторов с различной проводимостью каналов и чувствительным к давлению конденсатором. Представлены функция преобразования и уравнение чувствительности. Чувствительность устройства изменяется от 470 до 235 Hz/mmHg.

Ключевые слова: сенсор давления, частота, отрицательное сопротивление.

#### Abstract

The paper presents the characteristics of microelectronic radiomeasuring pressure sensor with frequency output in the form of autogenerating scheme based on two field-effect transistors with different channel conductivity and pressure-sensitive capacitor. Presented conversion function and sensitivity equation. The sensitivity of the device is changed from 470 to 235 Hz/mmHg.

Keywords: pressure sensor, pressure, frequency, negative resistance.