

УДК 621.315.592

**РАЗРАБОТКА ДВУХФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДАТЧИКА
ДАВЛЕНИЯ-ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОСНОВЕ НИТЕВИДНЫХ
КРИСТАЛЛОВ КРЕМНИЯ**

Д. т. н. А. А. Дружинин, к. т. н. А. П. Кутраков, к. т. н. Н. С. Лях-Кагуй, А. М. Вуйцик

Национальный университет «Львовская политехника»

Украина, г. Львов

druzh@polynet.lviv.ua

С целью создания двухфункциональных датчиков давления-температуры на основе нитевидных кристаллов кремния *p*-типа, легированных бором, проводились исследования электрофизических и механических свойств тензорезисторов с разным удельным сопротивлением в широком диапазоне температур. Создан датчик давления-температуры и исследованы его характеристики в интервале температур от -100 до $+200^\circ\text{C}$ и давлений от 0 до 20 МПа.

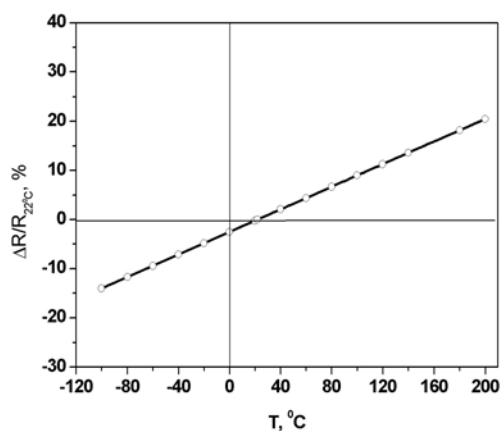
Ключевые слова: нитевидные кристаллы, кремний, датчик, температура, давление.

К современным приборам предъявляется целый ряд требований: многофункциональность, миниатюрность, высокая точность преобразования, стабильность. Перечисленные требования могут быть достигнуты новыми структурными и схемотехническими решениями [1—3].

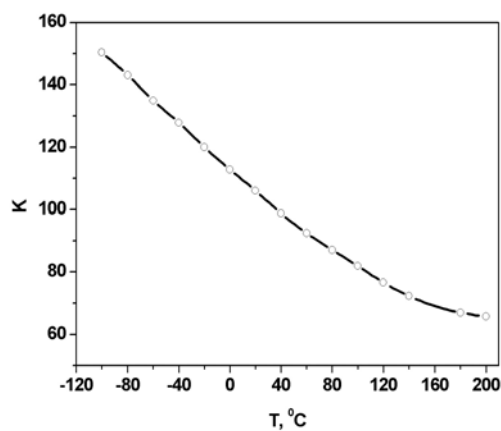
Известные многофункциональные датчики, которые позволяют получить информацию о нескольких измеряемых параметрах одновременно, таких как температура, деформация, давление, магнитное поле и др., основаны на использовании сложных микроэлектронных технологий, требующих специального оборудования и материалов [4]. Поэтому существует потребность в создании многофункциональных датчиков с более простой технологией изготовления, отвечающих всем современным требованиям к первичным преобразователям.

В связи с поставленной задачей проводились исследования электрофизических и механических свойств нитевидных кристаллов (НК) кремния *p*-типа, легированных бором, с различным удельным сопротивлением в широком интервале температур и деформаций [5, 6].

В результате проведенных исследований установлено, что тензорезисторы на основе НК кремния с удельным сопротивлением $0,005$ Ом·см имеют линейную зависимость сопротивления от температуры и близкую к линейной температурную зависимость коэффициента тензочувствительности (см. рисунок).



а)



б)

Температурные зависимости относительного изменения сопротивления (а) и коэффициента тензочувствительности (б) НК кремния *p*-типа с удельным сопротивлением $0,005$ Ом·см

Такие тензорезисторы по своим основным характеристикам являются наиболее подходящими для создания датчиков давления-температуры.

На рисунке представлены температурные зависимости относительного изменения сопротивления и коэффициента тензочувствительности для сильнолегированных НК p -Si с удельным сопротивлением $0,005 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ в интервале температур от -100 до $+200^\circ\text{C}$.

Исходя из результатов проведенных исследований была предложена мембранная конструкция двухфункционального датчика давления-температуры. В основу датчика положены два закрепленных на мембране тензорезистора, включенных в измерительную схему, которая обеспечивает в режиме реального времени раздельное непрерывное преобразование избыточного давления и измерения температуры в унифицированные токовые электрические выходные сигналы ($4\text{—}20 \text{ мА}$ постоянного тока). Основные технические характеристики датчика давления-температуры приведены в таблице.

Основные технические характеристики датчика давления-температуры

Параметр	Значения
Верхний предел измерения, МПа	от 0,1 до 30
Пределы погрешности, %	$\pm 0,25$; $\pm 0,5$; $\pm 1,0$
Температура измеряемой среды, $^\circ\text{C}$	от -100 до $+200$
Пределы погрешности канала температуры, %	$\pm 1,0$; $\pm 1,5$
Постоянная времени канала температуры (зависит от диапазона измеряемого давления), с	≤ 12

Разработанный полупроводниковый датчик давления-температуры характеризуется высокой чувствительностью к измеряемым параметрам и миниатюрностью.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Войтович І. Д., Корсунський В. М. Інтелектуальні сенсори.— Київ: Інститут кібернетики НАН України, 2007.
2. Лепіх Я. І., Гордієнко Ю. О., Дзядевич С. В. та ін. Створення мікроелектронних датчиків нового покоління для інтелектуальних систем.— Одеса: Астропринт, 2010.
3. Вуйцік В., Голяка Р., Каліта В. та ін. Аналогова мікросхемотехніка вимірювальних та сенсорних пристроїв.— Львів: Державний університет «Львівська політехніка», 1999.
4. Дружинин А.А., Марьямова И.И., Кутраков А.П., Павловский И.В. О возможности создания высокочувствительных пьезорезистивных сенсоров механических величин для криогенных температур // Датчики и системы.— 2005.— № 7.— С. 17—21.
5. Дружинин А. О., Мар'ямова І. Й., Кутраков О. П., Лях-Кагуй Н. С. Ниткоподібні кристали кремнію для сенсорної електроніки // Фізика і хімія твердого тіла.— 2011.— Т. 12, № 4.— С. 1078—1084.
6. Дружинин А. О., Мар'ямова І. Й., Кутраков О. П., Лях-Кагуй Н. С. Тензорезистивні сенсори тиску на основі ниткоподібних кристалів кремнію // Сенсорна електроніка та мікросистемні технології.— 2012.— Т. 3, № 9 (3).— С. 16—24.

A. A. Druzhinin, A. P. Kuttrakov, N. S. Liakh-Kaguy, A. M. Vuitsyk
Creation of the dual-function strain-temperature sensor based on silicon whiskers.

In order to create the dual-function pressure and temperature sensors based on boron-doped p -type silicon whiskers, the electrical and mechanical properties of strain gauges with different resistivity have been studied in the wide temperature range. The pressure-temperature sensor has been created and its characteristics have been measured in the range of temperature from -100 to $+200^\circ\text{C}$ and pressure from 0 to 20 MPa.

Keywords: *whiskers, silicon, sensor, temperature, pressure.*