

# Презентація Дениска Олександра

---

31.05.2020

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"  
група ДП-82  
студент II курсу  
Факультету Електроніки

2) Опишіть міждисциплінарний (мультифізичний) характер функціонування мікромеханічних пристроїв. Запишіть відповідні фізичні величини в рамках уявлень про електричні, гідравлічні та теплові аналогії .

---

Мікроелектромеханічні системи, MEMC (англ. MEMS) — технології і пристрої, що поєднують в собі мікроелектронні і мікромеханічні компоненти. MEMC-пристрої зазвичай виготовляють на кремнієвій підкладці за допомогою технології мікрообробки, аналогічно технології виготовлення однокристальних інтегральних мікросхем. Типові розміри мікромеханічних елементів лежать в діапазоні від 1 мікрометра до 100 мікрометрів, тоді як розміри кристала MEMC мікросхеми мають розміри від 20 мікрометрів до одного міліметра.

В даний час МЕМС технології вже застосовуються для виготовлення різних мікросхем. Так, МЕМС-осцилятори в деяких застосуваннях замінюють кварцові генератори. МЕМС технології застосовуються для створення різноманітних мініатюрних датчиків, таких як акселерометри, датчики кутових швидкостей, гіроскопи, магнітометричні датчики, барометричні датчики, аналізатори середовища (наприклад для оперативного аналізу крові).

## Виготовлення з кремнію та полімеру

- МЕМС пристрої можуть бути зроблені з полімерів за допомогою таких процесів, як литтєве формування, штампування або стереолітографія; вони особливо добре підходять для застосування при виготовленні мікрофлюїдних пристроїв, таких, як одноразові картриджі аналізу крові.
- Кремній має значні переваги перед іншими матеріалами завдяки своїм фізичним властивостям. Монокристал кремнію майже ідеально підкоряється закону Гука. Це означає, що при деформації він не схильний гістерезису і, отже, енергія деформації практично не розсіюється. Основні методи отримання всіх МЕМС-пристроїв на основі кремнію: осадження шарів матеріалу, структурування цих шарів за допомогою фотолітографії і травлення для створення необхідної форми.

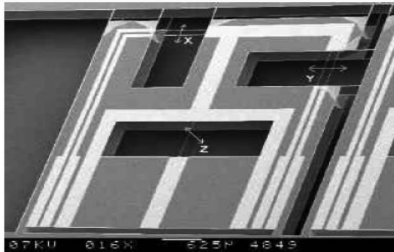
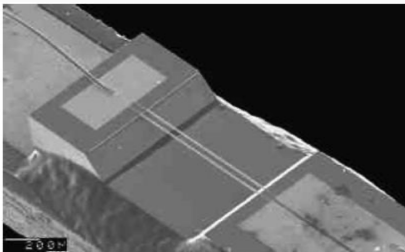
12) Мікромеханічні первинні перетворювачі температури на основі р-п переходу. Запишіть вольт-амперну характеристику р-п переходу та отримайте з неї залежність напруги від температури при заданому струмі. Наведіть ескіз такого первинного перетворювача.

---

## Перетворювачі температури на основі р-п переходу

У термосенсорах, що випускаються фірмою Analog Devices, які виконані за інтегральною технологією, як термочутливий сенсор використовується інтегральна мостова диференціальна схема. Кремнієві транзистори, що працюють у нижніх плечах моста, є термочутливими елементами (струм колекторного р-п переходу залежить від температури). Якщо зазначені транзистори працюють у режимі постійного відношення колекторних струмів  $r$ , то різниця напруг їхніх емітерно-базових переходів буде визначатися співвідношенням  $\frac{kT}{\ln(r)}$ , де  $k$  - постійна Больцмана,  $q$  - заряд електрона. Крім того, величина  $r$ , обумовлена опорами в ланцюгах емітерів термочутливих транзисторів, також постійна, а різниця напруг емітерно-базових переходів буде пропорційна температурі середовища  $T$ , у якій працюють транзистори.

# Перетворювачі температури

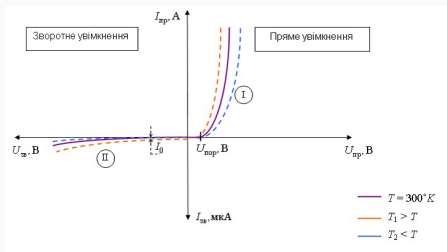


## Терморезисторні первинні перетворювачі Microflown Technologies

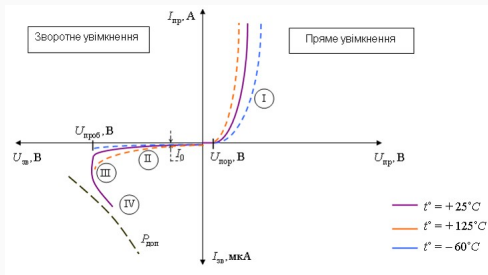
Для виміру температури, поряд з напівпровідниковими сенсорами, що використовують температурні властивості p-n переходів застосовують термістори, що виготовлені з окисних напівпровідників. Вони забезпечують вимір у широкому діапазоні температур від  $-80$  до  $3000^{\circ}\text{C}$  і мають високі від'ємні температурні коефіцієнти опору до  $-\frac{5\%}{^{\circ}\text{C}}$ .



# ВАХ для р-п переходу

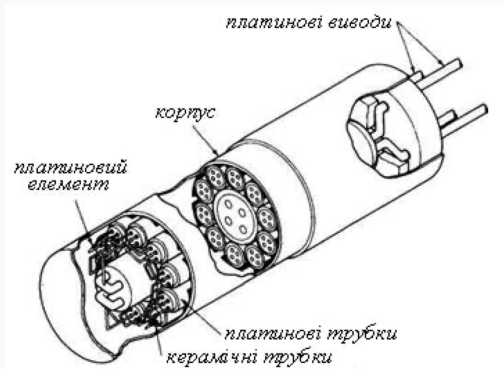


При аналізі реальних процесів в електронно-дірковому переході потрібно використовувати вольт-амперну характеристику (рис. 1)



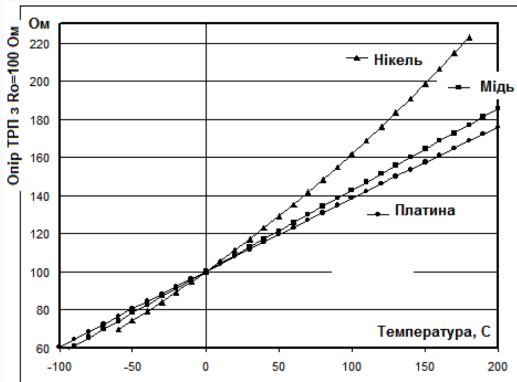
(рис. 1)

# Конструкція об'ємного платинового терморезисторного перетворювача



Конструкція об'ємного ТРПП (терморезисторний первинний перетворювач) традиційно складається з ТЧЕ (термочутливи елемент), захисної арматури і внутрішніх з'єднувальних провідників, комутованих за двох-, трьох- або чотирьох-провідною схемою

# Дротяний терморезисторний перетворювач



Залежність електричного опору дротяних терморезисторних перетворювачів від температури для платини міді та нікелю при  $R_0 = 100\text{ Ом}$

22) Наведіть приклади мостів Уїтстона (резисторних вимірювальних схем), запишіть їх характеристики перетворення (залежність напруги у вимірювальній діагоналі від зміни номіналів резисторів).

---

## Вимірювальний міст (міст Уїтстона)

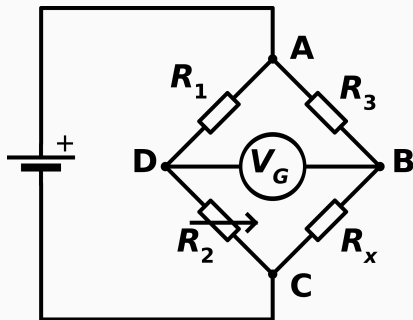


Рис: схема моста Уїтстона

Міст Уїтстона по суті універсальний, і застосовується не лише для вимірювань опорів резисторів, але і для знаходження найрізноманітніших неелектричних параметрів, досить лише щоб сам датчик неелектричної величини був резистивним.

# Застосування моста Уїтстона

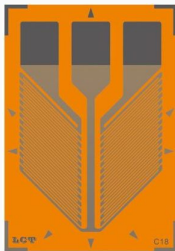


Рис: датчики механічної напруги

Сучасні вимірювальні прилади на базі моста Уїтстона зазвичай знімають показання з моста через аналого-цифровий перетворювач, підключений до цифрового обчислювального пристрою, такого як мікроконтролер з вшитою програмою, яка здійснює лінеаризацію (заміна нелінійних даних наближеними лінійними), масштабування і перетворення отриманих даних в чисельне значення вимірюваної неелектричної величини у відповідних одиницях виміру, а також корекцію похибок і висновок в читається цифровому вигляді.

## Витяг з Вікіпедії

Тензодатчики [тензорезисторы](#) применяются в:

- электронных [весах](#);
- [динамометрах](#)
- измерителях давления ([манометрах](#));
- измерителях [крутящего момента](#) на валах ([торсиометрах](#));
- измерителях деформации деталей под воздействием механической нагрузки и др.

При этом тензорезисторы, наклеенные на упругие деформируемые детали включаются в плечи моста, а полезным сигналом является напряжение диагонали моста между точками **D** и **B** (см. [рисунок](#)).

Если выполняется соотношение:

$$R_1/R_2 = R_3/R_x,$$

то независимо от напряжения на диагонали моста между точками **A** и **C** ([напряжения](#)) между точками **D** и **B** ( $U_{DB}$ ) будет равно нулю:

$$U_{DB} = 0.$$

Но если  $R_1/R_2 \neq R_3/R_x$ , то на диагонали появится ненулевое напряжение («разбаланс» моста), однозначно связанное с изменением сопротивления тензорезистора, и, соответственно, с величиной деформации упругого элемента, при измерении разбаланса моста измеряют деформацию, а так как деформация связана, например, в случае весов, с весом взвешиваемого тела, то и в результате измеряют его вес.

Для измерения знакопеременных деформаций помимо тензодатчиков часто используют [пьезоэлектрические датчики](#). Последние в этих приложениях вытеснили тензодатчики благодаря лучшим техническим и эксплуатационным характеристикам. Недостатком пьезодатчиков является непригодность их для измерения медленных или статических деформаций.

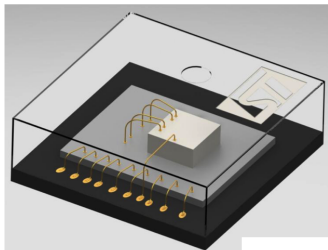
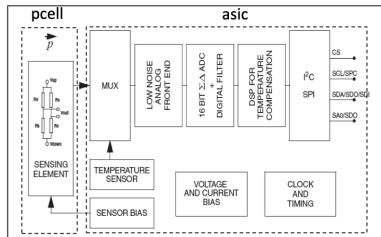
**30) Назвіть області, на Ваш погляд, найбільш ефективного застосування сучасних мікроелектромеханічних систем (MEMS) або приклади, на Ваш погляд, найбільш вдалих і перспективних комерційно доступних MEMS у масовому виробництві.**

---

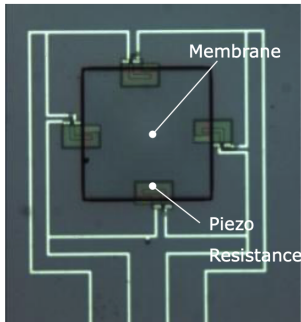
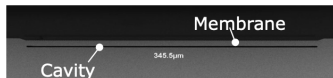


## LPS331AP 260 – 1260 мБар барометр

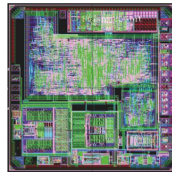
LPS331AP	
Размеры	3x3x1
Диапазон измерений	<b>260-1260 mbar</b>
Сверхдавление	> 20 Бар
Разрешение АЦП	24 бит
Потребление	<b>5.5mA</b> (.16мБар разреш) <b>45 мкА</b> (выс разреш) @ 1Гц ODR <b>5мкА</b> (Low Power)
Шум	0.020 мБар (rms) *
Относительная точность (0+65°C)	Линейная: $\pm 2$ мБар (встроенная) Квадратичная: $\pm 1$ мБар (внешнее sw)
Максимальная ODR	<b>High resolution режим:</b> От 1 до 25Гц 1 разовая (макс время преобразования = 45мсек)
<b>Цифровые параметры</b>	
Компенсация	<b>Линейная встроенная</b> Квадратичная – внешняя программа
Менеджмент	Атоноль Калибровка за 1 шаг Выделенный регистр



## LPS331AP под микроскопом

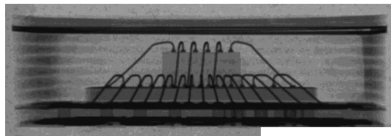


+



ASIC с  
I2C/SPI  
интерфейсом

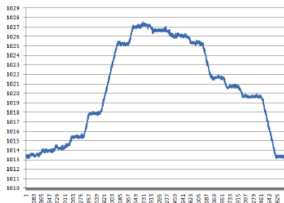
=



# Приклад: сенсор оснований на роботі цього датчика

## LPS331AP – floor detection

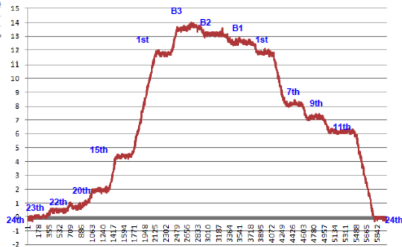
✓ Measured Pressure (mbar)



❖ LPS331AP output

▪ FROM 24<sup>th</sup> floor to B3

✓ Variance (mbar) - pressure value VS reference



На графіку зображено спрацьовування сенсора на вагу яку на нього прикладають (сенсор встановлений під підлогу)