

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

3. Benjamin Lemkea, Rajashree Baskaranb, Oliver Paula. Piezoresistive CMOS sensor for out-of-plane normal stress // Sensors and Actuators A: Physical, Volume 176, April 2012, Pages 10–18.
4. Kobayashi, Masaharu, Irisawa, Toshifumi, Magyari-Köpe, Blanka, Saraswat, Krishna C., Wong, Hon-Sum -S Philip, Nishi, Yo-shio. Uniaxial Stress Engineering for High-Performance Ge NMOSFETs // Electron Devices, 2010, Volume: 57, Issue 5, Page(s): 1037 – 1046.
5. В. В. Филиппов, А. Н. Власов, Е. Н. Бормонтов. Моделирование деформаций и зонной диаграммы гетероструктуры кремний – германий // конденсированные среды и межфазные границы, Том 12, № 3, С. 282—287.
6. С.В. Луньов, П.Ф. Назарчук, О.В. Бурбан. Деформаційні потенціали Δ_1 – мінімуму зони провідності кристалів n-Ge // Релаксаційні, нелінійні й акустооптичні процеси та матеріали РНАОПМ'2012 : матер. 6-ої Міжнар. наук. конф., 25–29 травня 2012 р., м. Луцьк. – с. 42–45.
7. Fawcett W., E.G.S. Paigc Negative differential mobility of electrons in germanium // J. Phys. C: Solid St. Phys. -1971. -Vo1.4. -P. 1801-1821.
8. Herring C. and Vogt E. Transport and deformation – potential theory for many-valley semiconductors with anisotropic scattering // Phys. Rev.-1956.–Vol.101, № 3. – P.944 - 961.
9. Луньов С.В., Назарчук П.Ф., Панасюк Л.І. Про параметри Δ_1 – мінімумів в *n-Ge* // Тези доповідей V Української наукової конференції з фізики напівпровідників (УНКФН-5), 9 – 15 жовтня 2011 р., м. Ужгород.– с. 249.

УДК 681.325

Н. Б. Ващук, В.Т. Михалевич

Луцький національний технічний університет

ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ТА ЗАСТОСУВАННЯ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ВІБРАЦІЙНИХ ПРИСКОРЕНЬ

Для вимірювання параметрів вібрацій широко використовуються п'єзоелектричні вимірювальні перетворювачі. Стабільність їх метрологічних характеристик можна забезпечити на етапі виготовлення шляхом експериментальних досліджень

Ключові слова: кристал, поляризація, прискорення, чутливість, вимірювання

Для измерения параметров вибраций широко используются пьезоэлектрические измерительные преобразователи. Стабильность их метрологических характеристик можно обеспечить на этапе изготовления путем экспериментальных исследований

For measuring the parameters of vibrations piezoelectric measuring converters widely are used. The stability of their metrological characteristics can provide a stage production by experimental research

У сучасних умовах для вимірювання параметрів вібрації використовується електронна апаратура з п'єзоелектричними перетворювачами. П'єзоелектричні давачі дозволяють безпосередньо отримувати електричні сигнали, пропорційні діючим вібраційним прискоренням. Суть прямого п'єзоелектричного ефекту полягає у поляризації певного класу діелектриків від механічних напружень у їх кристалах.

Фізична природа п'єзоєфекту пояснюється на прикладі кристалу кварцу SiO₂. На рис. 1 показана форма елементарної комірки кристалічної структури кварцу.

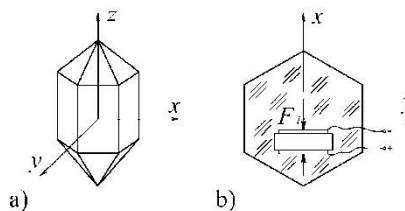


Рис. 1. Кристал кварцу а) і спрощена модель б) кристалічної ґратки

Комірка в цілому електрично нейтральна, але в ній можна виділити три кристалографічні осі (рис. 1,а): поздовжню або оптичну вісь z, електричні осі x, які проходять через ребра шестигранної

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

призми кристалу перпендикулярно до оптичної осі та з'єднують різнополярні іони, і механічні, або нейтральні осі у, перпендикулярні до граней кристалу.

У ненапруженому стані всі заряди скомпенсовані і кристал кварцу є електрично нейтральним, тобто в ньому не спостерігається зовнішньої поляризації. Якщо до кристалу прикладена сила F_1 у напрямку осі x (рис. 1, b), то баланс порушується. Кристалічна ґратка стає поляризованою і на її гранях у – у, паралельних до механічної осі, генерується заряд:

$$q_{11} = d_{11}F_1 \quad (1)$$

поверхнева густина якого

$$\delta_{11} = \frac{q_{11}}{S_1} = d_{11} \frac{F_1}{S_1} = d_{11}\sigma_{11} \quad (2)$$

де d_{11} – п'єзоелектричний модуль кварцу; σ_{11} – механічне напруження; S_1 – площа поверхні, на яку діє сила F_1 .

Прецизійні п'єзоелектричні давачі, які використовуються для вимірювання параметрів вібрації повинні мати характеристики, що висуваються технічними вимогами:

- спектр робочих частот – від 4 до 10000 Гц;
- чутливість – не менше 30-40 мВ/г;
- границі вимірювання прискорень – 0,01-100 г;
- відхилення чутливості у діапазоні від 0,01 до 20 г – не більше 3%;
- максимальна відносна поперечна паразитна чутливість – не більше 3%;
- максимальне відхилення поперечної чутливості від – 60 до +60 °С відносно осьової – не більше 5%;
- максимальна відносна ротаційна паразитна чутливість – не більше 3%.

Вібрації механізмів за своєю природою проявляються у вигляді коливних рухів. Довільний рух твердого тіла визначається трьома лінійними зміщеннями $S_x(t)$, $S_y(t)$, $S_z(t)$; трьома кутовими зміщеннями $\beta_x(t)$, $\beta_y(t)$, $\beta_z(t)$ та вибраною точкою вимірювання. П'єзоелектричний давач, призначений для вимірювання одного лінійного компоненту, наприклад $S_z(t)$, сприймає дію неінформативних решти п'яти компонент. Дія цих компонент негативно проявляється на точності вимірювання компоненти $S_z(t)$.

Отже, прецизійні п'єзоелектричні давачі повинні мати достатню чутливість по осі вимірювання і незначну чутливість до неінформативних компонент як лінійних, так і ротаційних коливань. Паразитна чутливість до лінійних компонент $S_x(t)$ і $S_y(t)$ названа поперечною (боковою), до компонент $\beta_x(t)$ і $\beta_y(t)$ – екваторіальною ротаційною та до компоненти $\beta_z(t)$ – полярною ротаційною. Ця проблема є актуальною у зв'язку з тим, що у деяких конструкціях давачів паразитна чутливість може досягати 25-40% корисного сигналу.

В результаті проведення багатьох досліджень напрацьовано практичні рекомендації щодо зниження поперечної паразитної чутливості. Це дає можливість зробити наступні висновки:

- наклеєні давачі, як правило, мають більшу поперечну чутливість у порівнянні з давачами з пружним елементом;
- із центрованих давачів з пружним елементом слід надати перевагу давачам типу тандем з двома кільцевими п'єзоелементами;
- у всіх випадках висота інерційного елемента не повинна перевищувати десятикратної товщини п'єзоелементу;
- прецизійні п'єзоелектричні елементи можуть бути отримані лише шляхом відбору із значної партії (50 – 100 шт.) виробів.

Ротаційна чутливість може бути досить значною і її величина за певних умов є співрозмірною з поперечною чутливістю.

Для кількісної оцінки ротаційної чутливості важливо не її абсолютне значення, а відношення до чутливості по осі вимірювання давача. Але таке значення отримати проблематично, бо ці чутливості мають різну розмірність. Як показують дослідження, за відносну ротаційну чутливість доцільно прийняти величину

$$\rho_{rot} = \frac{e_{ef}}{e_z} 100\% \quad (3)$$

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

де e_{ef} – ефективне значення напруги, яка знімається з давача від прикладеного прискорення $\ddot{s} = s_a \sin \Omega t$ на плечі стандартної довжини, рівної 100 мм (рис.2); e_z – ефективне значення напруги, що знімається з давача від прикладення того ж прискорення $\ddot{s} = s_a \sin \Omega t$ вздовж осі вимірювання z.

Довжина плеча у 100 мм вибрана не випадково. За такої довжини плеча величина ротаційної чутливості має той же порядок, що й поперечна чутливість у переважній більшості конструкцій давачів.

Для дослідження ротаційної чутливості необхідні спеціальні випробувальні стенди. Ці стенди повинні відповідати наступним основним вимогам:

- мати частотний діапазон від 1-3 Гц до 15-20 кГц;
- рухомі з'єднання стенду повинні бути безлюфтовими;
- каретка для закріплення давачів повинна переміщуватись на різну віддалі від осі обертання і надійно фіксуватись;
- стенд повинен оснащуватись контрольним давачем віброприскорень і апаратурою для вимірювання амплітуди вібраційних зміщень;
- електродинамічна система стенду повинна розвивати вібраційне прискорення не менше 1g;
- на стенді повинно бути передбачено вимірювання як екваторіальної, так і полярної ротаційної чутливості;
- у стенді повинно бути передбачено можливість максимально точного суміщення "точки вимірювання" давача з віссю обертання;
- для виключення ефекту "віддачі" від вібрації основи, вона повинна бути масивною.

Згідно цих вимог розроблені та досліджені дві конструкції електродинамічних стендів. Ці конструкції відрізняються тим, що перший стенд (рис. 3) – консольного типу, а другий має дві опори (рис.4).

У якості магнітної системи стендів використовується потужний електромагніт. Для зниження жорсткості конструкції більшість деталей виготовлено з немагнітних міцних металів – алюмінієвих та титанових сплавів.

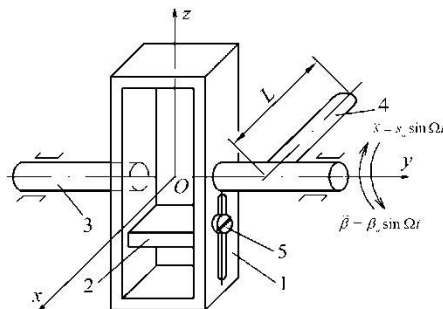


Рис. 2. Схема установки для визначення ротаційної чутливості і знаходження його точки вимірювання: 1 – рама; 2 – каретка для кріплення давача; 3 – вісь обертання; 4 – виносне плече; 5 – гвинт-фіксатор

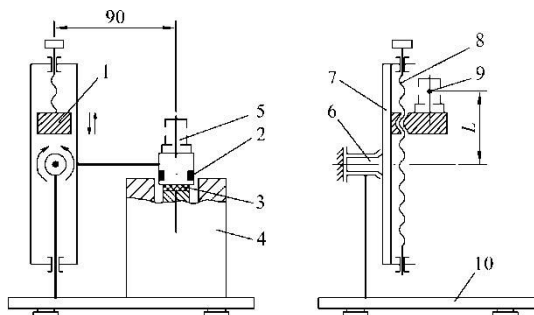


Рис. 3. Схема стенду консольного типу: 1 – каретка; 2 – силова обмотка; 3 – пластикна прокладка; 4 – постійний магніт; 5 – контрольний давач; 6 – конусна ковзна опора; 7 – напрямна; 8 – мікрометричний гвинт; 9 – давач, що випробовується; 10 – основа

Дослідження показали, що резонансна частота стенду консольного типу складає 260 – 270 Гц, а для стенду з двома опорами – 300 – 310 Гц. Якщо живлення силової обмотки стендів здійснюється від

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

генератора низької частоти, то на давачах, що випробовуються, (вагою до 50 Г) виникають вібраційні прискорення до 1,2g.

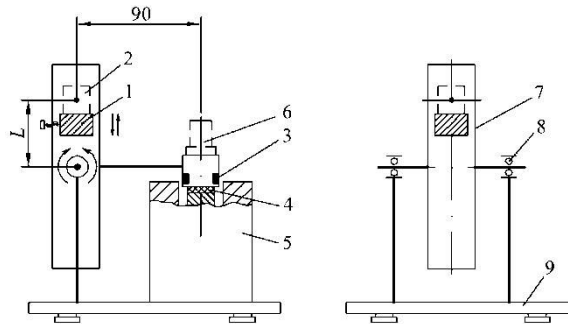


Рис. 4. Схема стану з двома опорами портального типу: 1 – каретка; 2 – давач, що випробовується; 3 – силова обмотка; 4 – пластична прокладка; 5 – постійний магніт; 6 – контрольний давач; 7 – напрямна; 8 – підшипник кочення; 9 – основа

Давачі, які випробовуються, закріплюються на станді за допомогою спеціального шарнірного перехідника. Це забезпечує необхідну юстировку "вимірювальної" точки давача з віссю обертання. Для виявлення ефекту подвоєння частот гармонічних коливань до комплексу вимірювальної апаратури повинен входити аналізатор спектру частот.

В результаті експериментальних досліджень встановлено, що:

1) за стандартної довжини коливного плеча 100 мм у не центрованих п'єзоелектричних перетворювачах відносна ротаційна чутливість приблизно має ту ж величину, що й поперечна чутливість;

2) у центрованих давачах ротаційна чутливість у 2-4 рази менша, ніж у не центрованих.

Інформаційні джерела

1. Поліщук С.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. та ін. Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник. – Львів: Видавництво "Бескид Біт", 2003. – 544 с.
2. Осипович Л.А. Датчики физических величин. – М.: Машиностроение, 1979. – 159 с.

УДК 621.385

Вісін О.О.

Луцький національний технічний університет

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ЛАЗЕРІВ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

В статті висвітлено основні питання безпечної експлуатації лазерних установок в приладобудуванні. Проведена гігієнічна оцінка лазерного випромінювання та розглянуто його вплив на органи зору. Для забезпечення безпеки робіт необхідно, перш за все, визначити всі необхідні захисні заходи, враховуючи специфіку лазерного устаткування та аналіз можливих потенційних небезпек. Ступінь потенційної небезпеки лазерів пов'язаний з дією лазерного випромінювання та інших несприятливих чинників.

Ключові слова: лазери, лазерне випромінювання, техніка безпеки, лазерні установки, безпечні умови праці.

В статье представлены основные вопросы безопасной эксплуатации лазерных установок в приборостроении. Проведена гигиеническая оценка лазерного излучения и рассмотрено его влияние на органы зрения. Для обеспечения безопасности работ необходимо, прежде всего, определить все нужные защитные меры, учитывая специфику лазерного оборудования и анализ возможных потенциальных опасностей. Степень потенциальной опасности лазеров связан с действием лазерного излучения и других неблагоприятных факторов.

Ключевые слова: лазеры, лазерное излучение, техника безопасности, лазерные установки, безопасные условия труда.