

УДК 621

П'єзоелектричні пристрої на плівках A2B6

Калачников О.О., Клименко В.А, к.т.н., Семікіна Т.В., к.т.н. доц.,
Шмирьова Л.М.

Анотація: В роботі досліджено амплітудно-частотні характеристики гетероструктур n-CdS/p-Cu₂S з застосуванням векторного аналізатору «Обзор 103». Результати вимірів показали наявність піків резонансу та антирезонансу. Розраховані значення добротності.

Вступ

Інтерес до п'єзоелектриків обумовлений дуже широким спектром їх застосування. Матеріали, що володіють п'єзоелектричними властивостями, широко використовуються в техніці та електроніці. На їх основі розробляють датчики тиску, п'єзоелектричні звукові випромінювачі і мікрофони, кварцові резонатори, електронні фільтри для звуковідтворювальної апаратури та навіть детонатори, які використовуються для детонації вибухових речовин у виробництві і гірничодобувної промисловості.

Розробники електронної апаратури мають нові вимоги при створенні сучасних приладів. А саме, необхідно застосовувати нові матеріали у зв'язку з загальною мініатюаризацією електронних

приладів. Одним із напрямків для вирішення цих вимог є заміна об'ємних матеріалів на плівкові.

П'єзоелектричні властивості притаманні напівпровідниковим плівкам з гексагональною кристалічною структурою, а саме плівкам CdS. В представленій роботі проведено дослідження п'єзоелектричних властивостей гетероструктур n-CdS/p-Cu₂S методом резонансу-антирезонансу з застосуванням векторного аналізатору «Обзор 103».

1. Методи дослідження п'єзовластивостей матеріалів

Анізотропія фізико-математичних властивостей п'єзоелектриків і взаємозв'язок електромагнітного поля з механічними рухами істотно ускладнюють опис процесів деформування і міцності. У зв'язку з цим значна увага приділяється розвитку і створенню математичних методів кількісного аналізу. Основні співвідношення лінійної теорії електропружності складаються з рівнянь, що описують механічну сторону п'єзоефекту (ці рівняння впливають з законів збереження, необхідних геометричних зв'язків і справедливі для будь-якої лінійної

середовища), і рівнянь Максвелла, що описують електричні явища в середовищі. Зв'язок між змінними двох типів рівнянь визначається фізичними співвідношеннями - рівняннями п'єзоefекту.

Альтернативний підхід полягає в заміщенні п'єзоелектрика еквівалентною електричною схемою з подальшим розрахунком по теорії електричних ланцюгів. Такий підхід природний при вирішенні питання про погодження і загальному аналізі електричного кола, частиною якої є схема заміщення п'єзоелектрика. Але питання механічної та електричної міцності, оптимального конструювання (особливо для об'єктів, описуються не скалярними моделями) залишаються за рамками теорії електричних ланцюгів.

Великий клас завдань складають завдання про вісесиметричні коливання п'єзоелектричних тіл. Вісесиметричні коливання, будучи просторовими з фізичної точки зору, математично описуються двовимірними рівняннями. Нарешті, найбільш точні результати можуть бути отримані експериментальним шляхом. Одним з таких методів є метод виміру амплітудно-частотних характеристик для знаходження частот резонансу чи антирезонансу, які є маркерами наявності п'єзоefекту в досліджуваному матеріалі.

2. Векторний аналізатор «ОБЗОР-103»

Векторний аналізатор ланцюгів - це прилад, який вимірює характеристики проходження сигналу

через тестовий пристрій і характеристики відбиття сигналу від його портів.

Область застосування вимірювача - розробка, налаштування, перевірка різних радіотехнічних пристроїв і компонентів в лабораторних умовах і в умовах промислового виробництва, в тому числі в складі автоматизованих вимірювальних стендів.

Вимірювач комплексних коефіцієнтів передачі складається з вимірювального блоку, двох вимірювальних секцій, спрямованого відгалужувача.

Наші виміри були зроблені за допомогою приладу ОБЗОР-103 (рис 1).



Рис 1. Вимірювач комплексних коефіцієнтів передачі та відображення (векторний аналізатор ланцюгів) ОБЗОР-103.

Вимірювач комплексних коефіцієнтів передачі або векторний аналізатор ланцюгів призначений для вимірювання S - параметрів радіотехнічних пристроїв. Вимірювані параметри включають комплексний коефіцієнт відбиття S_{11} і комплексний

коефіцієнт передачі S_{21} . Для індикації вимірюваних S - параметрів використовуються наступні формати: логарифм амплітуди, фаза, ГВЗ, КСВ, реальна і уявна частини, розширена фаза, лінійна амплітуда, потужність, полярна діаграма і діаграма Вольперт - Сміта.

Кожен S -параметр містить амплітудно-частотну (АЧХ) і фазо-частотну (ФЧХ) характеристики тестового пристрою у відповідному напрямку.

Щоб отримати інформацію про S -параметри, досліджуваній пристрій необхідно увімкнути в вимірювальний тракт приладу і подати на нього сигнал, промодульований по одному з параметрів (амплітуді, частоті або фазі). Сигнал, що пройшов через досліджуваній пристрій або відбитий від нього, несе корисну інформацію якої необхідно цей вимірювальний сигнал порівняти з деяким вихідним (опорним) сигналом. Отже, схема аналізатора ланцюгів повинна містити вимірювальний і опорний канали та перетворювач інформаційних сигналів. При цьому реалізація будь-якого методу вимірювання фази S -параметрів вимагає порівняння невідомої фази вимірювального сигналу (відбитого від випробуваного пристрою або що пройшов через нього) з фазою якогось когерентного опорного сигналу.

Для визначення характеристик різноманітних досліджуваних пристроїв в їх повних робочих діапазонах частот необхідно, щоб

векторний аналізатор ланцюгів дозволяв проводити вимірювання в досить широких і регульованих смугах частот з відображенням інформації на екрані монітора, тобто проводити панорамні вимірювання з можливістю регулювання ширини частотної смуги перегляду і вимірювання потрібних характеристик.

Коефіцієнт відображення і коефіцієнт стоячої хвилі служать для оцінки узгодженості або збігу комплексних опорів джерела, навантаження і лінії передачі.

Характеристики приладу:

1. Вимірювані параметри: комплексний коефіцієнт відбиття S_{11} , комплексний коефіцієнт передачі S_{21} ;
2. Діапазон частот від 0,3 до 1500 МГц;
3. Динамічний діапазон більше 130 Дб;
4. Мінімальний час виміру однієї частотної точки 200 мкс;
5. Вимірювальні тракти: 50 Ом, 75 Ом.

3. Експеримент

В ході експерименту було досліджено напівпровідникові гетероструктури n -CdS/ p -Cu₂S нанесені на молібденову фольгу. Основним досліджуваним об'єктом на присутність п'єзоелектричних властивостей були плівки CdS. Молібденова фольга слугує нижнім струмознімальним контактом. В якості верхнього струмознімального

контакту ми використовуємо вироджений напівпровідник р-типу Cu_2S . Виміри було проведено на аналізаторі «ОБЗОР-103», зображення котрого представлено на рис.2.



Рис 2. Вимірювання за допомогою приладу «ОБЗОР-103».

За допомогою цього приладу було знято амплітудно-частотні характеристики плівок. Було знайдено області з резонансними піками, що є показником наявності п'єзоелектру. Приклади результатів вимірювання представлені на рис. 3 та рис. 4.

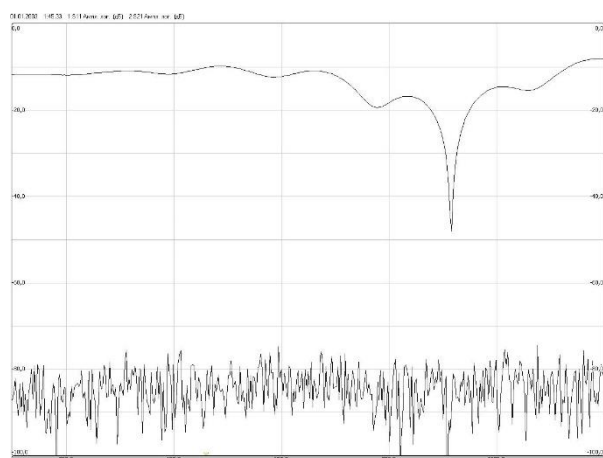


Рис. 3. Результат виміру АЧХ п'єзоплівки.

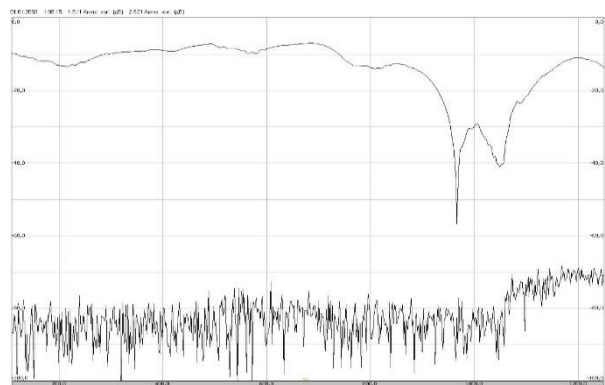


Рис. 4. Результат виміру АЧХ п'єзоплівки.

За результатами проведених вимірів було зафіксовано резонансні смуги в області частот від 950 до 1008 Гц. Отримані резонансні піки є антирезонансними (пік вниз) та резонансними (пік догори). Для характеристики зразків була розрахована добротність коливального контуру, який є моделлю об'єкта з п'єзоелектричними властивостями. Добротність було визначено за формулою:

$$Q = \frac{\omega_p}{\Delta\omega},$$

де ω_p – частота резонансу, а $\Delta\omega$ – діапазон частот вимірювань по рівню 0,7 від максимальної амплітуди резонансного піку. Результати вимірювань представлено в таблиці 1.

Таблиця 1. Характеристики коливального контуру (п'єзоелемента).

Зразок	ω_p	$\Delta\omega$	Q
1	914	12	76,16
2	969	13	74,5
3	1008	74	13,62
4	987	13	76
5	950	56	17

З результатів розрахунків ми бачимо, що плівки CdS мають п'єзоелектричні властивості. Розбіжність в величинах добротності свідчить, що кристалічна структура плівок відрізнялась, тому що плівки були полікристалічні, і тому розмір і напрямок росту полікристалів відрізняється.

Висновки

Результати вимірів АЧХ гетероструктур n-CdS/p-Cu₂S показали, що плівки CdS мають п'єзоелектричні властивості.