

РЕЗОНАТОРИ І ЇХ ПОХОДЖЕННЯ

Сандульський Р.А. (ІІ ДВНЗ ДонНТУ)

науковий керівник – Носач О.К.

Стан рівноваги – це стан, при якому робота рівноважної сили на будь-якому переміщенні дорівнює нулю, тобто будь-яка структурна частина або система в цілому здійснює поперечні коливання на власній частоті. Наприклад, прямий і зворотний п'єзоелектричні ефекти [1]. Механізм прямого п'єзоефекту можна прослідити на моделі, що імітує структуру кварцу SiO_2 (рис.1). Якщо прикласти зовнішній тиск, то іони зміщуються таким чином, що утворюються електричні диполі, і кристали стають поляризованими. Зміна знаку деформацій викликає перемену знаку заряду, тобто п'єзоефект анізотропний.

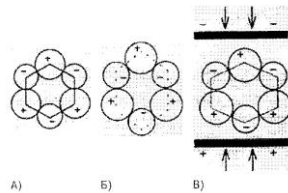


Рисунок 1 – Схема структури кварцу і виникнення п'єзоелектричного ефекту

Збудження в п'єзоелектрику перемінного електричного поля приводить до вимушених механічних коливань в такт зміні зовнішнього поля. На рис.2 показано коливання кварцової пластини, де у відповідності з фазою перемінного поля кварц буде поперемінно стискатися і розтягатися.

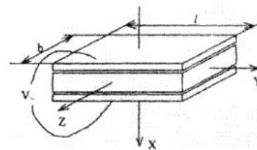


Рисунок 2 – Орієнтація кварцової пластинки між збуджуючими електродами

Для пояснення ефекту кварцового резонатору запропонована модель у вигляді еквіваленту декількох віртуальних конденсаторів і котушок індуктивності (рис.3).

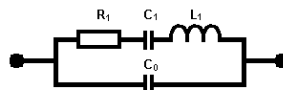


Рисунок 3 – Еквівалентна схема заміщення резонатору

На частотах, далеких від резонансу, резонатор веде себе як звичайний конденсатор з ємністю C_0 . Інші параметри виявляються тільки при коливаннях з частотою, близькою до частоти власного резонансу кварцової пластини. За наявності ємності C_1 резонатор має частоту послідовного резонансу, а завдяки ємності C_0 – частоту паралельного резонансу. Величини L_1 і C_1 залежать від механічних властивостей кварцової пластини, а опір R_1 характеризує затухання механічних коливань. Частота послідовного резонансу залежить тільки від певних параметрів резонатору L_1 і C_1 . У всіх без винятку випадках використання кварцу в якості резонатору реактивна складова повного опору має індуктивний характер та частота коливань завжди знаходиться в межах між частотами послідовного і паралельного резонансу, хоча вони досить близькі (10-15%).

У 1977 році було виявлено, що резонаторами є не тільки кварцові пластини, а й об'єкти з більшості твердих середовищ [2]. Резонансні властивості не залежать від наявності п'єзоефекту, він лише спрощує індикацію і використання цих властивостей. При нагріванні п'єзоэффект зникає, але резонансні властивості від цього не змінюються. Крім кристалічних п'єзогенераторів і п'єзодатчиків все ширше використовуються п'єзоплівки органічних і неорганічних матеріалів. Розібратися з фізичною сутністю коливальних процесів вдалось в результаті експериментального виявлення (рис. 4) ефекту акустичного резонансного

поглинання (АРП) [2].

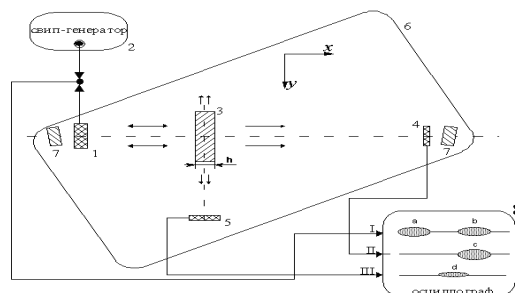


Рисунок 4 - Схема проведення експерименту

Спочатку досліджувались властивості пластины 3 як монохроматора, використовуючи сигнал спеціальної форми. Особливістю необхідного сигналу є його обмеженість у часі, зростання і спад амплітуди відбуваються за експонентою, а в центральній частині він є вузькосмужним з незмінною амплітудою (рис.5).

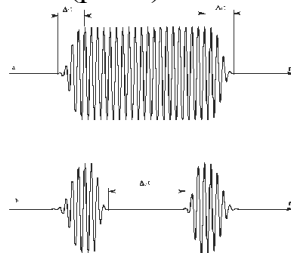


Рисунок 5 – Форма зондуючого сигналу: а – зондуючий сигнал з генератора; б- віддзеркалений сигнал

На частоті на 10-15% більше частоти $f_{мх}$ можна спостерігати ефект, по суті, протилежний ефекту монохроматора, коли відсутнє не віддзеркалення, а наскрізне проходження сигналу, а це відбувається на частоті f_0 . Як виявилось, та частина сигналу, яка на інших частотах проходить наскрізь, на частоті f_0 переорієнтовується у ортогональному напрямку і випромінюється торцями пластины, що і фіксується п'єзокерамічним приймачем 5. На рис.6 показано частотні залежності коефіцієнтів віддзеркалення β , проходження α , а також величини ЕДС (U), що знімається з приймача 5.

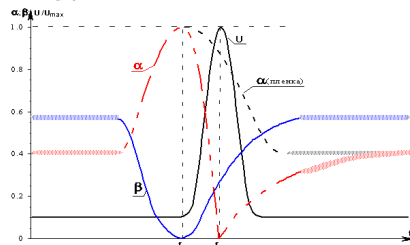


Рисунок 6 - Частотні залежності коефіцієнтів віддзеркалення β , проходження α , а також величини ЕДС (U).

Таким чином, на резонансі відбувається переорієнтація частини поля в ортогональному напрямку. Виявляється, що п'єзокераміка в режимі приймача працює як датчик вдової складової поля, а п'єзоплівка – реальної. В режимі ж випромінювання п'єзокераміка створює як реальну, так і уявну складові поля пружних коливань. Якщо при проходженні через об'єкт поле не просто зменшується по амплітуді, але й змінюється співвідношення між векторами, що його складають, це свідчить про те, що коефіцієнт проходження має комплексний характер.

Література:

1. Беспалько А.А., Яворович Л.В., Климко Т.А. Исследование электромагнитной эмиссии контактов горных пород в шахтном поле. /Физическая мезомеханика, 2004.- 7 спецвыпуск.- ч.2. –С.285-287.
2. Гликман А.Г. Эффект акустического резонансного поглощения (АРП) как основа новой парадигмы теории поля упругих колебаний. Геофизика XX1 столетия: 2003-2004 годы. Сб. трудов Пятых и Шестых геофизических чтений им. В.В. Федынского. М., Тверь: ООО «Издательство ГЕРС», 2005.- С.293-299.