

КОНСТРУКЦІЯ НОВОГО ДВОКАНАЛЬНОГО ЄМНІСНОГО МЕМС ГРАВІМЕТРА

Традиційна аероморська гравіметрія відрізняється дещо застарілими технологіями, недостатнім рівнем точності, при цьому для неї характерні низькі продуктивність, детальність, оперативність, високі матеріальні витрати, в особливості визначаються вартістю експлуатації середнього класу суден літального апарату з екіпажем. У той же час, вирішення проблеми можливе за допомогою застосування бортового мініатюрного навігаційного комплексу на основі мікроелектромеханічних систем та технологій (МЕМС), що поєднують у собі мікроелектронні мікромеханічні компоненти.

Сьогодні відсутні науково-теоретичні та практичні роботи, присвячені дослідженням можливості та доцільності використання у якості гравіметра двоканального ємнісного МЕМС гравіметра, перевагами якого перед відомими гравіметрами є високі точність та чутливість, малі масогабаритні характеристики, простота конструкції та інші. Тому доцільно досліджувати гравіметри даного типу.

Оскільки аналогів серед відомих гравіметрів на даний момент не існує, то для проектування конструкції спираємось на аналоги серед ємнісних МЕМС акселерометрів. Найактуальнішою та найбільш практичною вважається конструкція (рис. 1), що складається з нерухокої основи (1), часто з'єднаної з корпусом, та рамки (2) з чутливим елементом (3), прикріпленої до верхньої рухомої обкладинки (4). На обох пластинах напилено шар діелектрика (5). Обкладки являють собою електроди, які є провідниками певної форми та знаходяться у робочому середовищі. Для обкладок не слід використовувати матеріали з високою рухливістю атомів, такі, як мідь або золото. Атоми цих металів, проникаючи в діелектрик, можуть утворювати провідні перемички між обкладками. Матеріал обкладки повинен мати гарну адгезію до матеріалу підкладки її до діелектрика.

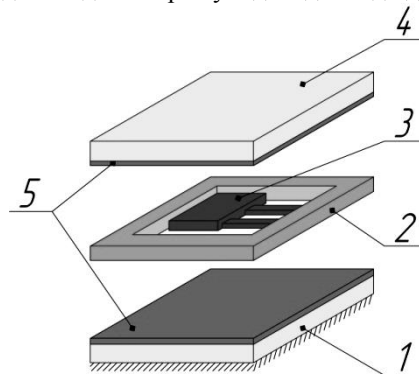


Рис. 1. Типова конструкція ємнісного МЕМС акселерометра

Розглядаючи питання оптимізації конструкції зменшення масо-габаритних характеристик, доцільно прагнути до скорочення величини інерційної маси, одночасно досягаючи при цьому збільшення значень частот власних коливань чутливого елемента. Доцільним рішенням є використання тільки розподіленої маси консолі. Для більш ефективної роботи, пропонується використовувати декілька ємнісних датчиків на одній МЕМС – пластині. Диференціальна структура дозволяє збільшити амплітуду і поліпшити лінійність сигналу (рис. 2).

Для забезпечення принципу двоканальності, симетрично одній МЕМС – пластині, встановлено повністю ідентичну їй другу МЕМС – пластину, сигнали яких сумуються в суматорі й передаються на подальшу обробку та підсилення (рис. 3). Симетрія ЧЕ зменшує залежність від температури чутливості по осі і покращує лінійність.

На ємнісні елементи обох каналів діє прискорення сили тяжіння g , вертикальне прискорення \ddot{h} літака та інструментальні похибки Δi від впливу залишкової неідентичності конструкцій однакових пластин та мас, від впливу змін температури, вологості та тиску зовнішнього середовища, крайових ефектів. Якщо спроектувати всі ці впливи на вимірювальну вісь гравіметра та врахувати те, що ємність ЄМГ1 одного каналу збільшується у той час, коли ємність МГ2 на таку ж величину зменшується, то отримаємо:

$$u_1 = k(mg_z + m_i \ddot{h} + \Delta i);$$
$$u_2 = k(mg_z - m_i \ddot{h} - \Delta i),$$

де u_1 – вихідний електричний сигнал ємнісного МЕМС гравіметра ЄМГ1 одного каналу;

u_2 – вихідний електричний сигнал ємнісного МЕМС гравіметра ЄМГ2 другого каналу;

m_i – інерційна маса у кожному каналі;

k – електрична стала.

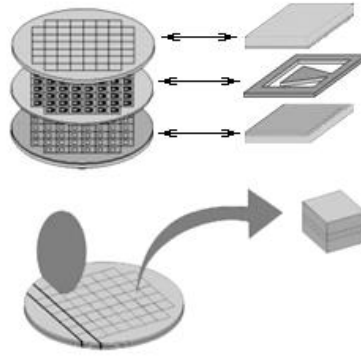


Рис. 2. Розміщення ємнісних MEMC-перетворювачів з оптимізованим чутливим елементом на одній пластині

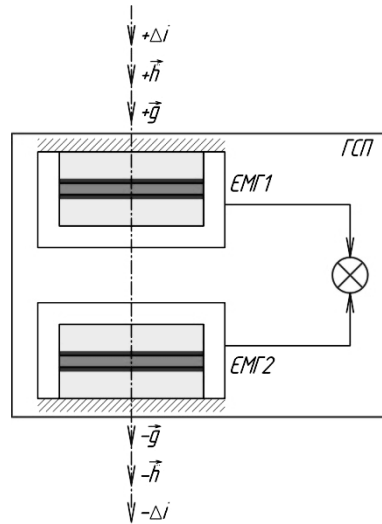


Рис. 3. Розміщення ємнісних датчиків на MEMC пластині

Вихідні електричні сигнали u_1 та u_2 ємнісних елементів обох каналів сумуються у суматорі:

$$u_{\Sigma} = u_1 + u_2 = 2kmg_z,$$

де u_{Σ} – вихідний сигнал.

Отже, для зменшення залежності від впливів залишкової не ідентичності конструкції, змін температури, вологості та тиску, крайових ефектів і для покращення чутливості та лінійності, доцільно встановити симетрично одній MEMC – пластині повністю ідентичну й другу MEMC – пластину з чутливим елементом трикутної форми, сигнали яких сумуватимуться й передаватимуться на подальшу обробку й підсилення.