

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ КОНСОЛІ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА МЕМС-АКСЕЛЕРОМЕТРА

Основними параметрами, які необхідно розраховувати при розробці МЕМС - акселерометра, є площа і ємність обкладинок, інерційна маса, власна частота, коефіцієнт демпфування, напруга притягання. Площу обкладинок та інерційну масу можна розрахувати з геометричних розмірів структури, а ємність обкладинок - використовуючи формулу для плоскопаралельного конденсатора. Поряд з цими параметрами, характеристики МЕМС - акселерометра необхідно знати коефіцієнт пружності підвісу.

У разі консольно-закріпленої інерційної маси при $h_1/l_1 \ll 1$ нормальні напруги ε і відносні подовження шарів a на поверхні консолі в перетині з координатою z можна оцінювати по співвідношеннях:

$$\sigma = \frac{6m_2\alpha(l_1-x)}{bh_1^2}; \varepsilon = \frac{6m_2\alpha(l_1-x)}{bh_1^2E}. \quad (1)$$

де l_1, l_2 - поздовжні та h_1, h_2 - поперечні розміри консольної балки і інерційної маси, відповідно; b - ширина консолі; m_1, m_2 - маси балки і інерційного елемента, закріпленого на її кінці, відповідно; EJ_z - згинальна жорсткість балки, E - модуль пружності матеріалу балки; J_z - момент інерції перерізу балки; ρ_z - радіус інерції інерційної маси відносно центру мас.

Проте пружні підвіси можуть бути прямими і складчастими (рис. 1). Вибір геометрії пружного підвісу багато в чому визначається обмеженнями топології і технологічних процесів. Для отримання високої чутливості і невеликих розмірів підвісу необхідно зменшувати його ширину, проте зменшення ширини призводить до того, що на характеристики підвісу істотний вплив починає чинити відтворюваність технологічного процесу. Збільшення ширини підвісу, для зниження чутливості до відхилень технологічного процесу, призводить до необхідності збільшення його довжини, що збільшує розмір кристала. Як компроміс, може використовуватися складчастий підвіс (foldedbeam, serpentinebeam).

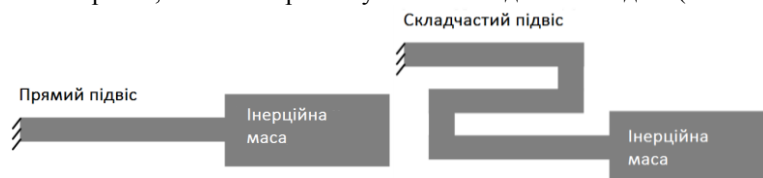


Рис. 1. Можлива форма пружних підвісів

Розрахунок коефіцієнта пружності за допомогою точних аналітичних співвідношень можливий для простих форм підвісу. Для складних використовуються наближені вирази. Зокрема, коефіцієнт пружності складчастого підвісу, зображеного на рис. 1, в першому наближенні, може бути розрахований за допомогою наступної формули:

$$K = \frac{12EI}{(2N+3)l^3} = \frac{Etw^3}{(2N+3)l^3}, \quad (2)$$

де E - модуль пружності матеріалу підвісу, I - момент інерції перерізу підвісу, t - товщина підвісу, w - ширина підвісу, N - число складок підвісу, l - довжина сегмента складчастого підвісу (рис. 2).

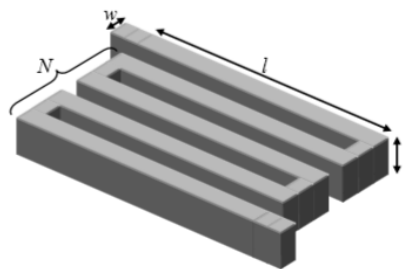


Рис. 2. Геометричні розміри підвісу

Для отримання більш точного значення коефіцієнта пружності підвісу складної форми, зокрема, складчастого підвісу, оптимальним є використання кінцево-елементного моделювання.

Коефіцієнт пружності підвісу дозволяє розрахувати такі важливі характеристики МЕМС-акселерометра як власна частота, а також абсолютний коефіцієнт демпфування і відносний коефіцієнт демпфування.