

УДК 621.317

*Безвесільна О.М., д-р.техн.наук, проф., професор кафедри
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,
Ткачук А.Г., канд. техн. наук, завідувач кафедри
Державний університет «Житомирська політехніка»*

ДВОКАНАЛЬНИЙ ЄМНІСНИЙ МЕМС ГРАВИМЕТР

Дослідження гравітаційного прискорення g та його аномалії Δg необхідні у геодезії, геофізиці, геодинаміці, океанології. Інформацію про гравітаційне поле Землі використовують, авіаційній і космічній техніці (корекція систем інерціальної навігації ракет, літаків, орбіт космічних літальних апаратів), для дослідження геодинамічних явищ, реалізації завдань інженерної геології, картографії тощо.

Ринок МЕМС акселерометрів дуже розвинутий і активно вивчається та постійно вдосконалюється. Оскільки характеристики ємнісного МЕМС акселерометра є досить досконалими, то цікаво застосувати його в якості гравіметра.

Найактуальнішою та найбільш практичною вважається конструкція, що складається з нерухою основи, часто з'єднаною з корпусом, та рамки з чутливим елементом, прикріпленою до верхньої рухомої обкладинки. На обох пластинах напилено шар діелектрику.

Обкладинки являють собою електроди, які є провідниками певної форми та знаходяться у робочому середовищі. Обкладинки, мають невелику товщину, і в них явище поверхневого ефекту може позначатися тільки при досить високих частотах, порядку 100 МГц.

Матеріал, який використовується для виготовлення обкладинок повинен задовольняти наступним вимогам: мати низький електричний опір обкладинок, особливо для високочастотних конденсаторів; його температурний коефіцієнт лінійного розширення (ТКЛР) має бути близьким до ТКЛР підкладки і діелектрика; мати гарну адгезію як до підкладки, так і до раніше сформованих плівок; володіти низькою міграційною рухомістю атомів, високою корозійною стійкістю.

Для обкладинок не слід використовувати матеріали з високою рухливістю атомів, такі, як мідь або золото. Атоми цих металів, проникаючи у діелектрик, можуть утворювати провідні перемички між обкладинками. Матеріал обкладинки повинен мати гарну адгезію до матеріалу підкладки і до діелектрика.

Одним з таких матеріалів є монокристал сапфіру. Монокристал сапфіру має такі властивості: високу механічну твердість (9 за шкалою Моса), високу температуру Дебая ($\Theta_D = 1040$ К), високий бар'єр Пайєрлса. Експериментально встановлено, що швидкість руху дислокацій у

монокристали сапфіра набагато менше, ніж у кварцу і металів. Причому особливо різко зменшується швидкість руху дислокацій при низьких температурах, внаслідок високої фізико-хімічної стійкості сапфіра. Через наявність у сапфіра високої температури Дебая коефіцієнт лінійного розширення і термічний коефіцієнт модуля Юнга зменшуються з пониженням температури значно швидше, ніж у пружних матеріалів.

Ранні технології використовували ємнісний елемент з металевою сенсорної діафрагмою і фіксованими обкладинками конденсатора з окису алюмінію або металізованої кераміки. Відомості про поточну актуальність подібних датчиків надають компанії Texas Instruments.

Відомий мікромеханічний ємнісний акселерометр, що складається зі скляної підкладки з напиленням із плівки алюмінію в якості нерухомої обкладки конденсатора і кремнієвої рамки з інерційною масою у вигляді плати є рухомою обкладкою конденсатора. Недоліками даного акселерометра є низькі метрологічні характеристики, зумовлені використанням кремнію і скла, як матеріалів, що мають різні ТКЛР.

Також відомий акселерометр, що базується на застосуванні обох конденсаторних обкладинок з кремнію і передбачає з'єднання обкладинок по їх повними периферійним областям через вставки із скла.

Недоліками його є наступні: знижені метрологічні характеристики, обумовлені наявністю в областях з'єднання плати та рамки вставок зі скла (мають відмінний від кремнію ТКЛР); складність технології формування на платі вставок зі скла, що включає витравлювання поглиблень під скло, локальне нанесення скла у поглиблення і механічну обробку скла до площини плати.

Також, матеріалом для виготовлення ЧЕ служить структура кремнію на ізоляторі (КНІ), підставка з SiO_2 з нанесенням на нього шаром скла, яке згодом стравлюється, для забезпечення зазору між інерційною масою і статором, поверх скла розташований шар низькоомного кремнію з якого витравлюється ротор.

Як показали дослідження, для чутливого елементу нового двоканального ємнісного МЕМС гравіметра краще використовувати консоль з розподіленою масою та змінними товщиною і шириною.

Для зменшення залежності від температури і чутливості по осі і покращення лінійності, доцільно встановити симетрично одній МЕМС – пластині, повністю ідентичну їй другу МЕМС – пластину, сигнали яких потім необхідно сумувати.