



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **102728** (13) **C2**
(51) МПК (2013.01)
H01H 59/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

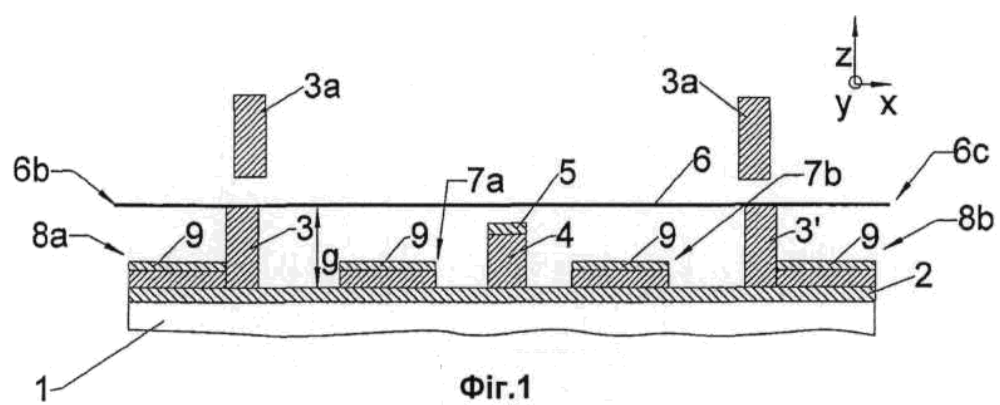
(21) Номер заявки:	а 2011 11172	(72) Винахідник(и):	Сегюені Карім (FR), Лорфелін Ніколас (FR)
(22) Дата подання заявки:	18.03.2010	(73) Власник(и):	ДЕЛЬФЕМЕС, Parc Plaza II, 11 rue de L'Harmonie - Hub Innovation, F-59650 Villeneuve d'Ascq, France (FR)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	12.08.2013	(74) Представник:	Брагарник Олександр Миколайович, реєстр. №326
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	09370007.8	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	SU 506078 A1, 05.03.1976 EP 1672661 A2, 21.06.2006 US 5867302 A, 02.002.1999 US 2005001701 A1, 06.01.2005 EP 1489639 A1, 22.12.2004
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	20.03.2009		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	EP		
(41) Публікація відомостей про заявку:	10.11.2011, Бюл.№ 21		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	12.08.2013, Бюл.№ 15		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	РСТ/EP2010/001701, 18.03.2010		

(54) СТРУКТУРА МІКРО-ЕЛЕКТРО-МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ (MEMS) З ГНУЧКОЮ МЕМБРАНОЮ ТА УДОСКОНАЛЕНИМ УПРАВЛЯННЯМ ЕЛЕКТРИЧНИМИ ЗАСОБАМИ

(57) Реферат:

MEMS (MEMS)-структура, яка містить гнучку мембрану (6), що має основну поздовжню вісь (6а), яка визначає поздовжній напрямок (X), щонайменше одну опору (3, 3') під гнучкою мембраною (6), електричний опускаючий активаційний механізм (7), здатний згинати гнучку мембрану (6) у нижнє форсоване положення, електричний піднімаючий активаційний механізм (8), здатний згинати мембрану (6) у верхнє форсоване положення. Електричний опускаючий активаційний механізм (7) або електричний піднімаючий активаційний механізм (8) містять активаційну область (7с або 8с), яка проходить під частиною мембрани (6) і здатна створювати сили натягу, що впливають на мембрану (6) одночасно по обидві сторони від зазначеної щонайменше однієї опори (3) в поздовжньому напрямку (X).

UA 102728 C2



Область техніки

Даний винахід відноситься до технічної області мікроелектромеханічних систем (MEMS, MEMS) і, зокрема, до нової структури MEMS (MEMS) з гнучкою мембраною і удосконаленим електричним активаційним механізмом для згинання зазначеної мембрани. Ця нова структура MEMS (MEMS) може мати різні застосування, зокрема, наприклад, з успіхом може використовуватися для виготовлення MEMS (MEMS) перемикачів (омічних контактних перемикачів або ємнісних контактних перемикачів), включаючи радіочастотні (РЧ) перемикачі, або може успішно використовуватися, наприклад, для виготовлення оптичних структур MEMS (MEMS), так званих мікро-опто-електромеханічних систем (MOEMS, MOEMS).

Рівень техніки

Структури мікроелектромеханічних (MEMS) систем в даний час широко використовуються для виготовлення РЧ-перемикачів (омічних контактних перемикачів або ємнісних контактних перемикачів) або оптичних перемикачів. Ці MEMS (MEMS)-структури, зокрема, використовуються в телекомунікаційних системах для виготовлення, наприклад, фазованих антенних решіток, фазообертачів, компонентів налаштування, що перемикаються і т.д.

MEMS (MEMS)-структура зазвичай містить механізм мікромеханічного перемикання, який є рухомим щонайменше між двома позиціями, і електричний активаційний механізм, що викликає сили, що впливають на засіб механічного перемикання для того, щоб переміщати останнє між своїми щонайменше двома позиціями.

Для реалізації електричного активаційного механізму MEMS (MEMS)-структури можуть бути використані різні активаційні техніки. Ці електричні активаційні механізми можуть бути електростатичними, електромагнітними, п'єзоелектричними або електротермічними активаційними механізмами. Однак, найбільш поширеною технікою, яка використовується в даний час, є електростатична активація, тому що вона дозволяє досягти скорочення часу переключення (як правило, менше 200 мкс), при практично нульовому споживанні енергії, і повну технологічну сумісність із класичною технологією CMOS (КМОП). Крім того, в конструкціях РЧ MEMS (MEMS)-перемикачів, різні активаційні методи можуть бути об'єднані (наприклад, електростатичне утримання напруги може використовуватися в поєднанні з термічною активацією).

Мікромеханічний механізм перемикання MEMS (MEMS)-структури може включати в себе жорсткий рухливий елемент, як, наприклад, рухливу жорстку балку, або гнучку мембрану.

MEMS (MEMS)-структури, що містять рухливий елемент жорсткого перемикання, описані, наприклад, в заявці на патент США 2005/0001701 або в заявці на європейський патент EP-A-1489639.

Використання гнучкої мембрани дозволяє, однак, вигідно скоротити час перемикання, в порівнянні з використанням рухомих елементів жорсткого перемикання.

Гнучка мембрана може бути затиснута з обох боків на підкладці з метою формування моста. MEMS (MEMS)-структури, що включають перемикаючий елемент, створений таким двозатискним способом гнучкої мембрани, описані в наступних публікаціях: патент США 2004/0050674, заявка на патент США 2004/0091203, Європейський патент EP-A-1343189, заявка РСТ WO-A-2004/076341.

Гнучка мембрана може бути також закріплена на підкладці тільки з одного кінця, формуючи консоль. MEMS (MEMS)-структура, що включає перемикаючий елемент, створений такою консольною гнучкою мембраною, розкривається, наприклад, в патенті США 5638946.

Гнучка мембрана також може вільно спиратися на підкладку, як описується, наприклад, у заявці на європейський патент EP-A-1705676. Така вільна гнучка мембрана піддається помітно нижчим механічним навантаженням, ніж гнучка двозатискна мембрана або консольна мембрана, і термін служби MEMS (MEMS)-структури, таким чином, вигідно збільшується.

У варіанті на фігурах 1 і 2 з європейської патентної заявки EP-A-1705676, гнучка мембрана вільно підтримується двома опорами і адаптована для двох положень: верхнього форсованого (показаного на фігурі 2) і вихідного положення (показаного на фігурі 1). Для того, щоб згинати мембрану у верхнє форсоване положення, MEMS (MEMS)-структура включає в себе електричний піднімаючий активаційний механізм, здатний згинати гнучку мембрану з метою підйому функціональної частини мембрани. В даному конкретному варіанті, функціональна частина мембрани це частина мембрани між двох опор. Цей електричний піднімаючий активаційний механізм, більш конкретно, складений з двох зовнішніх електродів, розташованих під мембраною, між кожною стороною мембрани і найближчою опорою, і електростатичні сили натягу сили на обох кінцях мембрани, коли на електроди подається активаційна напруга.

Дані сили натягу, в поєднанні з ефектом важілю опор, дозволяють згинати мембрану вгору, в її форсоване положення. При активаційній напрузі на електродах рівній нулю, мембрана повертається у своє вихідне положення фігури 1, завдяки жорсткості мембрани.

Мета винаходу

5 Існує потреба в MEMC (MEMS)-структурі, яка має щонайменше два форсовані положення мембрани, тобто в MEMC (MEMS)-структурі, в якій гнучка мембрана може мати верхнє форсоване положення та нижнє форсоване положення, а при необхідності, вихідне положення між форсованими верхнім і нижнім положеннями.

10 Така MEMC (MEMS)-структура може бути отримана, наприклад, у варіанті на фігурах 1 і 2 європейської патентної заявки EP, шляхом додавання електричного опускаючого активаційного механізму, здатного згинати вниз гнучку мембрану з метою опускання функціональної частини мембрани нижче горизонтального положення решти мембрани. Цей електричний опускаючий активаційний механізм може мати, наприклад, додаткові внутрішні електроди, розташовані під мембраною, між двома опорами, що підтримують мембрану. Дані внутрішні електроди здатні 15 створювати електростатичні сили натягу вплив на функціональну частину мембрани, коли на електроди подається активаційна напруга.

Але при такій структурі MEMC (MEMS), що має два форсовані положення, для того, щоб переміщати мембрану між верхнім і нижнім форсованими положеннями без збоїв, а при необхідності, при високих швидкостях, необхідно:

20 - використовувати жорстку мембрану і великі деформації мембрани для одержання механічної обертаючої сили мембрани, тобто досить великої для згинання мембрани назад до її вихідного положення,

25 - використовувати високу активаційну напругу через велику відстань між мембраною або в її верхньому форсованому положенні і опускаючими активаційними електродами, або між мембраною в її верхньому форсованому положенні і піднімальними активаційними електродами, крім того, чим вище жорсткість мембрани, тим вище має бути активаційна напруга.

30 Таке збільшення активаційної напруги недоцільно через енергоємності, особливо у зв'язку з додаванням перетворювача постійної/постійної напруги, що ускладнює конструкцію MEMC (MEMS)-структури, в першу чергу, з точки зору вимог компактності і виробничих витрат.

Метою винаходу, таким чином, є пропозиція нової MEMC (MEMS) -структури з гнучкою мембраною, яка могла б функціонувати під дією електричної активації, як мінімум, між верхнім і нижнім форсованим становищем форсованим становищем, і яка була б вдоскоалена з метою 35 зниження активаційної напруги і/або жорсткості мембрани без шкоди для ефективності MEMC-структури. У рамках винаходи, ця MEMC (MEMS)-структура може складатися з безопорної, гнучкої мембрани, що вільно лежить за зразком, що описаний в EP-A-1705676, або гнучкої двозатискної мембрани або гнучкої консольної мембрани.

Короткий опис винаходу

40 Ця мета досягається за рахунок нової MEMC (MEMS)-структури, розкритої у п. 1 формули винаходу. Ця нова структура MEMC (MEMS) включає в себе:

- гнучку мембрану, яка має основну поздовжню вісь, що визначає поздовжній напрямок (X),
- як мінімум одну опору під гнучкою мембраною,
- електричний опускаючий активаційний механізм, здатний згинати гнучку мембрану вниз, в 45 нижнє форсоване положення,

- електричний піднімаючий активаційний механізм, здатний згинати гнучку мембрану вгору, у верхнє форсоване положення, причому електричний опускаючий активаційний механізм або електричний піднімаючий активаційний механізм включають активаційну область, що проходить під частиною мембрани і здатну створювати сили натягу по відношенню до мембрани (6) 50 одночасно з обох сторін щонайменше однієї зазначеної опори (3) в поздовжньому напрямку (X).

Така протяжність електричного опускаючого активаційного механізму або електричного піднімаючого активаційного механізму з обох сторін опори в поздовжньому напрямку, покращує перехід мембрани з одного форсованого положення в інше.

У рамках винаходу, гнучка мембрана може підтримуватися в початковому положенні за допомогою щонайменше однієї зазначеної опори, або може бути на відстані від щонайменше 55 однієї зазначеної опори (тобто не підтримуватися в початковому положенні зазначеної щонайменше, однією опорою).

Короткий опис креслень

60 Інші характеристики та переваги винаходу будуть розкриті більш ясно після прочитання наступного докладного опису декількох втілень винаходу. Це докладний опис представлений як невичерпний і необмежуючий приклад, і з посиланням на супроводжуючі креслення, на яких:

- Фігура 1 є видом в розрізі (в площині I-I фігури 4) ємнісного РЧ MEMC (MEMS)-перемикача за даним винаходом, де гнучка мембрана знаходяться у вихідному положенні,

- Фігура 2 показує розріз перемикача фігури 1, де гнучка мембрана знаходяться в своєму нижньому форсованому положенні,

5 - Фігура 3 показує розріз перемикача на фігурі 1, де гнучка мембрани знаходяться в своєму верхньому форсованому положенні,

- Фігура 4 показує вид зверху ємнісного РЧ MEMC (MEMS)-перемикача фігур 1-3,

- Фігури 4А, 5-7 є види зверху інших прикладів ємнісного РЧ MEMC (MEMS)-перемикача за даним винаходом, що показують інші прийнятні геометричні форми мембрани і активаційні області,

10 - Фігури 8-12 є види зверху інших прикладів MEMC (MEMS)-структури винаходу, що показують інші прийнятні геометричні форми мембрани і активаційні області, і

- Фігура 13 є видом згори і двома перетинами поліпшеної MEMC (MEMS)-структури за даним винаходом.

15 Детальний опис

Фігури 1-4 показують ємнісний РЧ MEMC (MEMS)-перемикач, виконаний відповідно до кращого варіанту винаходу. Проте, для ясності, потрібно підкреслити, що обсяг винаходу не обмежується ємнісним РЧ MEMC (MEMS)-перемикачем, але включає в себе будь-яку MEMC (MEMS)-структуру, що має, гнучку мембрану, яка може приводитися в дію між верхнім форсованим положенням і нижнім форсованим положенням. Наприклад, винахід може бути також використаний для виготовлення омичних контактних РЧ MEMC (MEMS)-перемикачів або мікро-опто-електромеханічних систем (MOEMS).

Ємнісний РЧ MEMC (MEMS)-перемикач фігур 1-4 має нову структуру, яка далі буде описана детально, і яка може бути виготовлена з використанням традиційних технологій поверхневої мікрообробки.

25 Як показано на фігурах 1-3, РЧ MEMC (MEMS)-перемикач складається з пластини 1 (наприклад, силіконової), що утворює підкладку перемикача. В якості пасиваційного шару на поверхню зазначеної пластини 1 наноситься тонкий діелектричний шар 2. На діелектричному шарі 2, перемикач містить:

30 - Дві бічні опори 3, 3', які є рознесеними в поздовжньому напрямку X, причому кожна опора 3, 3' проходить в поперечному напрямку фігури 1 (див. фігуру 4 - поперечний напрям Y, перпендикулярне подовжньому напрямку X),

- Одну центральну опору 4, яка проходить в поперечному напрямку Y, причому зазначена центральна опора 4 розташована між двох бічних опор 3, 3' і, бажано, по центру між опорами 3, 3'.

35 На відміну від бічних опор 3 і 3', верхня поверхня центральної опори 4 покрита тонким діелектричним шаром 5 для конфігурування ємнісного перемикача.

Дві бічні опори 3, 3' і центральна опора 4 формують компланарний хвилевід КВВ (CPW), причому дві бічні опори 3, 3', відповідають лініям землі. Центральна опора 4 є лінією сигналу для передачі РЧ електричного сигналу в компланарному хвилеводі КВВ (CPW). В іншому варіанті, РЧ-сигнальна лінія може бути також реалізована за допомогою мікрополоскового (мікросмугового) хвилеводу.

Бічні опори 3, 3' і центральна опора 4 виготовляються, наприклад, з металу, такого як золото або золотий сплав. Діелектричним матеріалом для шарів 2 та 5 може бути будь-який матеріал, і, зокрема, полімер, з дуже низькою електропровідністю. Наприклад, діелектричні шари можуть бути виготовлені із силіконового нітриду Ta₂O₅, AlN, Al₂O₃.

РЧ MEMC (MEMS)-перемикач додатково містить перемикаючий елемент, який складається з тонкої гнучкої мембрани 6 з поздовжньою віссю 6а (фіг. 4). Зазначена гнучка мембрана 6 розташовані над опорами 3, 3', 4. Поздовжня вісь 6а мембрани 6 паралельна вищезазначеному подовжньому напрямку X і перпендикулярна вищезазначеному поперечному напрямку Y. Обидва кінці 6b, 6с мембрани 6 не закріплені на підкладці 1 і, таким чином, мембрана є вільнолежачою, у вихідному положенні, (фігура 1) на опорах 3, 3'. У варіанті на фігурі 1, гнучка мембрана 6 знаходиться на відстані від центральної опори 4 і, таким чином, не підтримується в початковому положенні зазначеної центральної опорою 4.

55 В іншому варіанті, гнучка мембрана 6 перемикача може, тим не менш, підтримуватися в початковому положенні центральної опорою 4.

Ця гнучка мембрана 6 виготовляється з металу, наприклад, такого, як алюміній, золото, або будь-якого сплаву, що проводить.

60 Фігура 4 показує приклад розміщення для мембрани 6. Інші прийнятні варіанти розміщення для мембрани 6 показані на фігурах 5-7 і будуть далі детально описані.

Посилаючись на конкретний варіант на фігурі 4, мембрана 6 містить основну центральну гнучку частину 60, що підтримується опорами 3, 3' і проходить, в основному, між двома боковими опорами 3, 3'. Дана центральної гнучка частина 60 надалі називається "функціональною частиною" мембрани 6 і може бути зігнута поздовжньо вгору або вниз (наприклад, в поздовжньому напрямку X) за допомогою ефекту важеля, створюваного опорами 3, 3'. Ця функціональна частина 60 утворює прямокутник шириною I1 і довжиною L1 і складається з двох прямокутних частин 60a і 60b з більшою шириною I2. Прямокутна частина 60a розташовується між бічною опорою 3 та центральною опорою 4, а прямокутна частина 60b розташовується між бічною опорою 3 і центральною опорою 4.

Функціональна частина 60 мембрани 6 має на обох кінцях два подовження 61, практично, у формі U. Кожне подовження 61, називається тут "нефункціональною частиною" мембрани 6. Ці "нефункціональні частини" є активаційною областю, яка, як правило, не присутня в MEMS (MEMS)-структурах (двозатискного) або консольного типу.

Кожна нефункціональна частина 61 мембрани 6 містить центральну нефункціональну частину 61a, складову базу у формі U, і двох бічних нефункціональних частин 61b. Кожна бічна нефункціональна частина 61b має форму прямокутника довжиною L3 (розмір вимірюється в поздовжньому напрямку X) і шириною I3 (розмір вимірюється в поперечному напрямку Y). Дві бічні нефункціональні частини 61b нефункціональної частини 61 у формі U розташовані на кожній стороні функціональної частини 60 мембрани 6 в поперечному напрямку Y. Для ясності, чотири бічні нефункціональні частини 61b мембрани 6 на фігурі 4 заштриховані.

Коли мембрана 6 знаходиться в початковому положенні на фігурі 1, кожна центральна нефункціональна частина 61a знаходиться за межами опор 3, 3' в поздовжньому напрямку X, а кожна з бічних нефункціональних частин 61b мембрани 6 знаходиться за межами відповідної бокової опори 3 або 3' в поперечному напрямку Y і проходить по обидві сторони від відповідної бокової опори 3 або 3' в поздовжньому напрямку X. Крім того, простір 62 встановлюється між основною гнучкою функціональною частиною 60 мембрани 6 і кожною бічною нефункціональною частиною 61b таким чином, що кожна бічна нефункціональна частина 61b мембрани 6 є гнучкою і може бути зігнута поздовжньо (наприклад, в поздовжньому напрямку X) незалежно від основної гнучкою функціональної частини 60 мембрани.

Як вже було описано в заявці на європейський патент 1705676, MEMS (MEMS)-перемикач також переважно має фіксатори 3a ("мостовими частинами" в EP 1705676), які розташовані над кожною бічною опорою 3, 3', і утворюють прохід, через який вільно позиціонується центральна частина 60 мембрани 6. Ці фіксатори показані тільки на фігурі 1, але для ясності не показані на фігурах 2 і 3. Ці фіксатори використовуються для підтримки мембрани 6 на бічних опорах 3 і 3', але вони не перешкоджають вільному руху мембрани 6 відносно бічної опори 3 під час звичайного використання перемикача. Ці фіксатори можна замінити будь-яким інших еквівалентним механізмом.

РЧ MEMS (MEMS)-перемикач додатково містить електростатичний опускаючий активаційний механізм 7, який використовується для поздовжнього згинання мембрани 6 в нижнє форсоване положення на фігурі 3, і електростатичний піднімаючий активаційний механізм 8, який використовується для поздовжнього згинання мембрани 6 в верхнє форсоване положення на фігурі 2.

Електростатичний опускаючий активаційний механізму 7 утворений двома внутрішніми електродами 7a, 7b, які розташовані у функціональній частини 60 мембрани 6. Внутрішній електрод 7a розташований між бічною опорою 3 та центральною опорою 4. Внутрішній електрод 7b розташований між центральною опорою 4 і бічний опорою 3'. Зокрема, з посиланням на фігуру 4, два внутрішніх електрода 7a, 7b розмежовують дві внутрішні опускаючі активаційні області 7c (показані пунктирними лініями). Коли мембрана 6 знаходиться в початковому положенні (фіг. 1 і 4), кожна внутрішня опускаюча активаційна область 7c знаходиться під прямокутними частинами 60a, 60b функціональної частини 60 мембрани 6.

Електростатичний активаційний піднімаючий механізм 8 утворюється двома зовнішніми електродами 8a, 8b, має практично ту ж форму U, що і нефункціональна частині 61 мембрани 6. Як показано на фігурі 4, два зовнішніх електрода 8a, 8b позначають межі двох піднімаючих активаційних областей 8c (показаних пунктирними лініями). Коли мембрана 6 знаходиться в початковому положенні (фіг. 1 і фігура 4), кожна піднімаюча активаційна область 8c розташовується під нефункціональною частиною 61 мембрани 6. Більш детально, кожна піднімаюча активаційна область 8c містить бічні частини, розташовані під бічними нефункціональними частинами 61b мембрани і, таким чином, знаходяться по обидва боки бічної опори 3 або 3' в поздовжньому напрямку X.

Коли перемикач є ємнісним РЧ-перемикачем, верхня поверхня кожного електрода 7a 7b 8a, 8b покривається шаром діелектрика 9 (фігура 1) для того, щоб уникнути будь-якого омичного контакту між мембраною 6 і електродами. Діелектричні шари 9 можуть бути виготовлені з нітриду кремнію, Ta_2O_5 , AlN, Al_2O_3 . Такі шари діелектрика 9 можна замінити будь-яким іншим еквівалентним матеріалом, який дозволить уникнути омичного контакту між мембраною 6 і електродами. В іншому варіанті, діелектричні шари 9 можуть бути опущені, в такому варіанті, МЕМС (MEMS)-перемикач включає стикувальні частину для запобігання контакту між мембраною і активаційними електродами 7a, 7b, 8a, 8b.

Початкове положення

При відсутності активаційної напруги на електродах, 7a, 7b, 8a і 8b, мембрана 6 перемикача знаходиться в початковому положенні фігури 1 (вихідне положення). У цьому початковому положенні, мембрана 6 є практично плоскою та підтримується опорами 3, 3', із заданим розривом g між мембраною 6 і підкладкою 1. В іншому варіанті, мембрана може бути зігнута в початковому положенні.

Нижнє форсоване положення

Коли на внутрішні електроди 7a, 7b надходить активаційна напруга, в активаційній області 7c виникає електростатичні сили натягу, які тягнуть вниз функціональну частину 60 мембрани 6. Ці сили натягу поздовжньо згинають мембрану 6 в форсоване положення на фігурі 2. У цьому нижньому форсованому положенні, через ефект важеля на опорах 3 і 3', зазор Gint між підкладкою 1 і кожним з кінців 6b, 6c мембрани 6 є високим, і, зокрема, вище, ніж зазор g в початковому положенні.

З нижнього форсованого положення у верхнє форсоване положення - ефект "застібки-блискавки"

Для того, щоб перевести мембрану 6 з нижнього форсованого положення на фігурі 2 в верхнє форсоване положення на фігурі 3, активаційна напруга на електроди 7a і 7b не подається, але одночасно активаційна напруга подається на електроди 8a, 8b. Електростатичні сили виникають в піднімаючій активаційній області 8c і тягнуть вниз нефункціональні частини 61 мембрани 6. Більш конкретно, електростатичні, тягучі до внизу сили, діють на кожну нефункціональну частину 61 мембрани 6 одночасно на обох сторонах кожної бічної опори 3 або 3' в поздовжньому напрямку X.

В іншому варіанті, для переміщення мембрани 6 з нижнього форсованого положення у верхнє форсоване положення, напруга може бути подана на електроди 8a, 8b в якості першого кроку активації, зберігаючи активаційну напругу на електродах 7a, 7b. Потім, на другому етапі, після певного часу (наприклад, тривалістю, що відповідає часу перемикачання перемикача), активаційна напруга на електроди 7a і 7b не подається.

Як показано на фігурі 2, в нижньому форсованому положенні, зазор G', вимірюваний між підкладкою 1 і мембраною 6 в районі між бічними опорами 3, 3', менше, ніж зазор Gint, вимірюваний між підкладкою 1 і кожним кінцем 6b, 6c мембрани 6. У нижньому форсованому положенні, внутрішні кінці 61d (фіг. 4) кожної бічної нефункціональної частини 61b мембрани 6, таким чином, знаходяться ближче до піднімаючої активаційної області 8c, ніж протилежні зовнішні кінці 61e зазначеної бічної нефункціональної частини 61b. На початку перемикаючого переміщення мембрани 6 з нижнього форсованого положення, при заданій активаційній напрузі, електростатичні сили натягу, що виникають в активаційній області 8c, таким чином, вище на внутрішньому кінці 61d (фіг. 4) кожної бічної нефункціональної частини 61b і менше на протилежному зовнішньому кінці 61e зазначеної бічної нефункціональної частини 61b. Нефункціональні частини 61 мембрани, таким чином, згинаються вниз і прилипають до активаційних областей 8c, послідовно, від внутрішнього кінця 61d бічної нефункціональної частини 61b до зовнішнього кінця 61e бічної нефункціональної частини 61b і центральної нефункціональної частини 61a. Це явище послідовного прилипання нефункціональної частини 61b, називається тут ефектом "застібки-блискавки". Завдяки цьому ефекту "застібки-блискавки" і ричагового ефекту бічних опор 3, 3', мембрана 6, таким чином, згинається поздовжньо вгору до форсованого положення на фігурі 3.

Як уже підкреслювалося, зазор Gint в нижньому форсованому положенні є високим, і помітно вище, ніж зазор g в початковому положенні. Такий високий зазор Gint може бути проблематичним для переходу з нижнього форсованого положення у верхнє форсоване положення. Якби мембрана 6 перемикача складалася лише з центральних нефункціональних частин 61a, і не включала бічні нефункціональні частини 61b, і якби електроди 8a, 8b, не включали подовжень під бічними нефункціональними частинами 61b, електростатичні сили натягу впливали б тільки на центральні нефункціональні частини 61a мембрани, які знаходяться далеко (зазор Gint) від електродів 8a, 8b. Вищезгаданий ефект "застібки-блискавки" не можливо

було б отримати і така топологія (без бічних нефункціональних частин 61b) вимагала б помітно більш високої активаційної напруги. З іншого боку, за даним винаходом, так як внутрішній кінець 61g кожної бічної нефункціональної частини 61b мембрани 6 близький до піднімальної активаційної області 8с в нижньому форсованому положенні, вищезазначений ефект "застібки-блискавки" можна викликати і отримати з низькою активаційною напругою, і, зокрема, з активаційною напругою, що, переважно, набагато нижча, ніж активаційна напруга, яка було б необхідна, якби мембрана не включала бічні нефункціональні частини 61b. Переключення мембрани 6 з нижнього форсованого положення у верхнє форсоване положення, таким чином, досягається за вигідно низькою активаційною напругою.

Крім того, існує високий ризик того, що мембрана 6 прилипне до підкладки MEMC (MEMS)-структури в нижньому форсованому положенні. Так зване явище прилипання добре відомо і може відбуватися через:

- Діелектричну зарядку: мембрана 6 може бути піддана електростатичної сили, яка підтримує мембрану в нижньому положенні, навіть якщо електричний опускаючий активаційний механізм відключений.

- Капілярності: це явище з'являється, коли зазор між рухомою частиною мембрани 6 і підкладкою 1 в нижньому положенні дуже низький, а вологість знаходиться на високому рівні (зазвичай > 30 % відносної вологості).

- Поверхневу силу зчеплення (силу Ван-дер-Ваальса): це явище з'являється в разі контакту метал/метал в омичному контакті MEMC (MEMS)-перемикачів.

- У разі контакту метал/метал в омичному контакті MEMC (MEMS) перемикачів, може статися часткове плавлення мембрани, що приводить до незначного зварювання мембрани на металевих контактах. За типологією, при якій мембрана 6 перемикача включала б тільки центральні нефункціональні частини 61a, і не включала б бічні нефункціональні частини 61b, і в якій електроди 8a, 8b, не включали б подовжень під зазначеними бічними нефункціональними частинами 61b, існував би великий ризик виходу перемикача з ладу, при виникненні ефекту прилипання мембрани 6.

Для порівняння, у винаході, при подачі активаційної напруги на електроди, 8a, 8b, завдяки тому, що вищезгаданий зазор G' є низьким і завдяки вищезгаданому ефекту "застібки-блискавки", електростатична сила складається з механічної обертальної сили мембрани, і загальна сила відриву перемикача збільшується. Більш низька активаційна напруга, таким чином, може бути вдало використана без шкоди для ефективності роботи перемикача. Для перемикача за даним винаходом, оскільки загальна зусилля відриву перемикача збільшується, явище прилипання може бути усунуто легше.

Ще однією перевагою великого зусилля відриву MEMC (MEMS)-структури за даним винаходом є можливість гарячого перемикачання, особливо для структури РЧ MEMC (MEMS), тобто перемикаюча здатність мембрани, коли на лініях РЧ виникає потенціал.

Для того, щоб максимально збільшити ефективність роботи бічних нефункціональних частин 61b, MEMC (MEMS)-структура може бути змінена шляхом локального скорочення зазору між бічними нефункціональними частинами 61b і підкладкою 1, як показано на фігурі 13. На фігурі 13, зазор g_2 між бічними нефункціональними частинами 61b і підкладкою 1, помітно менше, ніж зазор g_1 між функціональної частини 60 мембрани 6 і підкладкою. Це зменшення зазору може бути отримано шляхом часткового надлишкового травлення по товщині. Як варіант, зазор між центральними нефункціональними частинами 61a і підкладкою 1 може бути також переважно менший, ніж зазор між g_1 функціональної частини 60 мембрани 6 і підкладкою.

Більш детально, з метою підвищення ефективності бічних нефункціональних частин 61b, MEMC (MEMS)-структура може бути змінена шляхом зменшення жорсткості бічних нефункціональних частин 61b. Це досягається за рахунок зменшення товщини бічних нефункціональних частин 61b, тобто, створення MEMC (MEMS)-структури, в якій товщина нефункціональної частини 61b менше, ніж товщина функціональної частини 60 мембрани 6. Таке зменшення товщини покращує активаційні якості MEMC (MEMS)-структури, тому що це зменшує жорсткість бічних нефункціональних частин 61b і поширення активації під час ефекту "застібки-блискавки" тим самим підвищується.

Ці два удосконалення (зменшення зазору і зменшення товщини) можуть бути здійснені для поліпшення будь-якої MEMC (MEMS)-структури винаходу, що включає бічні нефункціональні частини (частина) 61b, зокрема, можуть бути використані для поліпшення варіантів, представлених на фігурах 5-12.

Фігури 4A, і 5-7 представляють три інших прикладу розміщення мембрани 6. На фігурі 4a представлений ще один варіант, в якому права і ліва бічні нефункціональні частини 61b з'єднані між собою.

У варіанті на фігурі 5, мембрана 6 містить центральну функціональну частину 60, яка проходить між двох бічних опор 3. Ця центральна функціональна частина 60 утворює прямокутник довжиною L1 і шириною I1. Центральна функціональна частина 60 мембрани 6 подовжується на кожному кінці 6b, 6c за рахунок того, що нефункціональна частина 61a має

прямокутну форму шириною I2 ($I2 \geq I1$).

Центральна функціональна частина 60 мембрани 6 також подовжується з боків чотирма подовженнями 61, що мають форму L і утворюють чотири бокові нефункціональні частини 61b довжиною L3 і шириною I3. Ці дві бічні нефункціональні частини 61b розташовуються по обидва боки функціональної частини 60 мембрани 6 в поперечному напрямку (Y). Кожна бічна нефункціональна частина 61b розташовується за межами опори 3 або 3' в поперечному напрямку Y і проходить по обидва боки опори 3 або 3' в поздовжньому напрямку X.

Два внутрішніх електрода 7a, 7b позначають межі двох внутрішніх опускаючих активаційних областей 7c (що, позначаються пунктирними лініями), що мають практично форму U. Коли мембрана 6 знаходиться в початковому положенні (фіг. 1 і фігура 4), частини кожної внутрішньої активаційної опускаючої області 7c проходять під бічними нефункціональними частинами 61b мембрани і, таким чином, проходять по обом сторонам бічної опори 3 або 3' в поздовжньому напрямку X.

Два зовнішніх електрода 8a, 8b позначають межі двох активаційних піднімаючих областей 8c (позначаються пунктирними лініями). Коли мембрана 6 знаходиться в початковому положенні (фіг. 1 і фігура 4), кожна активаційна піднімаюча область 8c розташовується під центральною частиною нефункціональної 61a мембрани 6.

Коли мембрана 6 знаходиться у верхньому форсованому положенні, через вигин мембрани 6 (фігура 2), кінець 61d (фіг. 5) кожної бічної нефункціональної частини 61b мембрани 6 знаходиться ближче до опускаючої активаційної області 7c, ніж протилежний кінець 61e зазначеної бічної нефункціональної частини 61b.

Для перемикання мембрани 6 на фігурі 5 з верхнього форсованого положення в нижнє форсоване положення, активаційна напруга на електроди 8a і 8b не подається, і одночасно активаційна напруга подається на електроди, 7a, 7b. Електростатичні сили виникають в опускаючій активаційній області 7c і тягнуть вниз подовження 61 мембрани 6. Більш детально, електростатичні, тягучі вниз сили діють на кожну бічну нефункціональну частину 61b мембрани 6 одночасно на обох сторонах кожної бічної опори 3 або 3' в поздовжньому напрямку X, і на бічних нефункціональних частинах 61b мембрани 6 досягається сприятливий ефект "застібки-блискавки" (раніше описаний для мембрани на фігурі 4). Завдяки цьому ефекту "застібки-блискавки", активаційна напруга, що необхідна для перемикання мембрани їх верхнього форсованого положення в нижнє форсоване положення, помітно знижується.

В іншому варіанті, для переміщення мембрани 6 з верхнього форсованого положення в нижнє форсоване положення, в якості першого кроку може бути подана активаційна напруга на електроди 7a, 7b, зберігаючи при цьому активаційну напругу на електродах 8a, 8b. Потім, на другому етапі, після певного проміжку часу (наприклад, тривалістю, відповідного часу перемикання перемикача), активаційна напруга на електроди 8a і 8b не подається.

Для варіанту на фігурі 5, вищезазначене покращення, пов'язане зі скороченням зазору, досягається, коли зазор g2 у вихідному положенні між підкладкою 1 і кожною бічною нефункціональною частиною 61b менше, ніж зазор g1 у вихідному положенні між кожною центральною нефункціональною частиною 61a мембрани 6 і підкладкою 1.

Для варіанту на фігурі 5, вищезазначене покращення, пов'язане зі зменшенням товщини досягається, коли товщина кожної бічної нефункціональної частини 61b менше, ніж товщина центральної нефункціональної частини 61a мембрани.

Фігура 6 показує інший варіант здійснення винаходу, в якому мембрана 6 підтримується на чотирьох опорах 3, 3'. Піднімаючи активаційні області 8c (що позначаються пунктирними лініями) проходять під мембраною 6 з обох сторін (довжиною L3) підтримуючої опори 3 або 3' в поздовжньому напрямку X. Під час перемикаючого переміщення мембрани 6 з нижнього форсованого положення у верхнє форсоване положення, ефект "застібки-блискавки" досягається в двох областях довжиною L3 мембрани 6, розташованих вище піднімаючих активаційних областей 8c.

На фігурі 7 показаний інший варіант винаходу, в якому піднімаюча активаційна область 8c (позначена пунктирними лініями) проходить під мембраною з обох сторін (довжиною L3) підтримуючої опорою 3 або 3' в поздовжньому напрямку X, і опускаючі активаційні області 7c (позначені пунктирними лініями) проходять під мембраною з обох сторін (довжиною L'3) підтримуючої опори 3 або 3' в поздовжньому напрямку X. Мембрана 6 складається з чотирьох бічних нефункціональних частин 61b, схожих на представлені на фігурі 4. У цьому варіанті, під

час перемикаючого переміщення мембрани 6 з нижнього форсованого положення у верхнє форсоване положення, ефект "застібки-блискавки" досягається в даних бічних нефункціональних частинах 61b, як було описано раніше для варіанту на фігурі 4. Під час перемикаючого переміщення мембрани 6 з верхнього форсованого положення в нижнє форсоване положення, ефект "застібки-блискавки" досягається в двох областях довжиною L'3 мембрани 6, розташованих вище опускаючих активаційних областей 7с.

Винахід не обмежується MEMC (MEMS)-структурою, що має мембрану 6, що вільно лежить на опорах, але може бути також застосована до будь-яких MEMC (MEMS), що включає мембрану, яка може бути зігнута поздовжньо вниз в нижнє форсоване положення, а потім може бути поздовжньо зігнута вгору у верхнє форсоване положення за допомогою електричного активаційного механізму і ричагового ефекту однієї або декількох опор.

Фігури 8-12 показують інші варіанти здійснення винаходу. На цих фігурах 8-12, чорна точка 3 символізує контактну область функціональної частини 60 перемикаючої мембрани 6, коли мембрана знаходиться в нижньому положенні.

У варіантах на фігурах 8 і 9, мембрана 6 утворює консольну балку, закріплену на одному кінці 6b на підкладці 1 і підтримувану в початковому положенні однією опорою 3.

Зокрема, у варіанті на фігурі 8, контактна поверхня з перемикаючої мембрани 6 знаходиться між опорою 3 та закріпленим кінцем 6b мембрани. Мембрана 6 складається з двох бічних функціональних частин 61b. Кожна бічна нефункціональна частина 61b розташовується за межами опори 3 в поперечному напрямку Y і проходить по обидві сторони опори 3 в поздовжньому напрямку X. Існує одна електрична піднімаюча активаційна область 8с, що проходить під мембраною 6 і по обидві сторони опори 3 (під бічними нефункціональними частинами 61b) в поздовжньому напрямку X мембрани. Існують дві електричні опускаючі активаційні області 7с.

Більш докладно, у варіанті на фігурі 9, опора 3 розміщується між контактною площею С перемикаючої мембрани 6 і закріпленим кінцем 6b мембрани. Мембрана 6 складається з двох бічних нефункціональних частин 61b. Кожна бічна нефункціональна частина 61b знаходиться за межами опори 3 в поперечному напрямку Y і проходить по обидві сторони опори 3 в поздовжньому напрямку X. Існує одна опускаюча активаційна область 7с і одна електрична піднімаюча активаційна область 8с. Електрична піднімаюча активаційна область 8с проходить під мембраною 6 і по обидві сторони опори 3 (під бічними нефункціональними частинами 61b) в поздовжньому напрямку X мембрани.

У варіанті на фігурах 10-12, мембрана 6 є двозатисною мембраною, розташованою над опорами 3, 3'. Зокрема, мембрана 6 підтримується на обох кінцях 6b, 6с за допомогою ручок 63, прикріплених до підкладки. У початковому положенні мембрана 6 може або підтримуватись, або не підтримуватись двома опорами 3, 3'.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. MEMC (MEMS)-структура, яка містить гнучку мембрану (6), що має основну поздовжню вісь (6a), яка визначає поздовжній напрямок (X), щонайменше одну опору (3, 3') під гнучкою мембраною (6), електричний опускаючий активаційний механізм (7), здатний згинати гнучку мембрану (6) у нижнє форсоване положення, електричний піднімаючий активаційний механізм (8), здатний згинати мембрану (6) у верхнє форсоване положення, причому електричний опускаючий активаційний механізм (7) або електричний піднімаючий активаційний механізм (8) містять активаційну область (7с або 8с), яка проходить під частиною мембрани (6) і здатна створювати сили натягу, що впливають на мембрану (6) одночасно по обидві сторони від вказаної щонайменше однієї опори (3) в поздовжньому напрямку (X).

2. MEMC (MEMS)-структура за п. 1, який **відрізняється** тим, що мембрана (6) складається з гнучкої функціональної частини (60), що знаходиться вище зазначеної щонайменше однієї опори (3, 3') і здатної згинатися вгору або вниз під дією ефекту важеля, створюваного щонайменше однією опорою (3, 3'), і щонайменше однієї гнучкої бічної нефункціональної частини (61b), розташованої за межами щонайменше однієї опори (3, 3') в поперечному напрямку (Y) і проходить по обидві сторони щонайменше однієї опори (3 або 3') в поздовжньому напрямку (X), причому активаційна область (7с) електричного опускаючого активаційного механізму (7) або активаційна область (8с) електричного піднімаючого активаційного механізму (8) проходить під щонайменше однією боковою нефункціональною частиною (61b) і здатна створювати сили натягу, що впливають на щонайменше одну бічну нефункціональну частину (61b) мембрани (6) одночасно з обох сторін щонайменше однієї опори (3, 3') в поздовжньому напрямку (X).

3. MEMC (MEMS)-структура за п. 2, який **відрізняється** тим, що мембрана (6) містить щонайменше дві бічні гнучкі нефункціональні частини (61b), розташовані по обидві сторони від функціональної частини (60) мембрани (6) у поперечному напрямку (Y).

4. MEMC (MEMS)-структура за п. 2 або 3, який **відрізняється** тим, що додатково містить підкладку (1), в якій функціональна частина (60) мембрани (6) витягнута щонайменше на одному кінці в поздовжньому напрямку (X) центральної нефункціональної частини (61a), причому зазначена центральна нефункціональна частина (61a) витягнута в поперечному напрямку щонайменше однією боковою нефункціональною частиною (61b), що розташована за межами щонайменше однієї опори (3, 3') в поперечному напрямку (Y) і проходить по обидві сторони від щонайменше однієї опори (3 або 3') в поздовжньому напрямку (X), і в якій зазор (g2) в початковому положенні між підкладкою (1) і зазначеною бічною нефункціональною частиною (61b) менше, ніж зазор (g1) в початковому положенні між функціональною частиною (60) мембрани і підкладкою (1).

5. MEMC (MEMS)-структура за будь-яким з пп. 2-4, який **відрізняється** тим, що функціональна частина (60) мембрани (6) витягнута щонайменше на одному кінці в поздовжньому напрямку (X) центральної нефункціональної частини (61a), причому зазначена центральна нефункціональна частина (61a) витягнута в поперечному напрямку щонайменше бічною нефункціональною частиною (61b), що знаходиться за межами щонайменше однієї опори (3, 3') в поперечному напрямку (Y), і яка проходить по обидві сторони від щонайменше однієї опори (3 або 3') в поздовжньому напрямку (X), і товщина бічної нефункціональної частини (61b) менше, ніж товщина функціональної частини (60) мембрани.

6. MEMC (MEMS)-структура за п. 2 або 3, який **відрізняється** тим, що додатково містить підкладку (1), в якій функціональна частина (60) мембрани (6), витягнута щонайменше на одному кінці в поздовжньому напрямку (X) центральної нефункціональної частини (61a), причому функціональна частина (60) мембрани (6) витягнута в поперечному напрямку щонайменше бічною нефункціональною частиною (61b), що розташована за межами зазначеної щонайменше однієї опори (3, 3') в поперечному напрямку (Y) і проходить по обидві сторони зазначеної щонайменше однієї опори (3 або 3') в поздовжньому напрямку (X), причому зазор (g2) в початковому положенні між підкладкою (1) і зазначеною бічною нефункціональною частиною (61b) менше, ніж зазор (g1) в початковому положенні між центральною нефункціональною частиною (61a) мембрани і підкладкою (1).

7. MEMC (MEMS)-структура за будь-яким з пп. 2, 3 або 6, який **відрізняється** тим, що функціональна частина (60) мембрани (6) витягнута щонайменше з одного кінця в поздовжньому напрямку (X) центральної нефункціональної частини (61a), причому функціональна частина (60) мембрани (6) витягнута в поперечному напрямку щонайменше бічною нефункціональною частиною (61b), що розташована за межами щонайменше однієї опори (3, 3') в поперечному напрямку (Y), і яка проходить по обидві сторони від щонайменше однієї опори (3 або 3') в поздовжньому напрямку (X), причому товщина бічної нефункціональної частини (61b) менше, ніж товщина центральної нефункціональної частини (61a) мембрани.

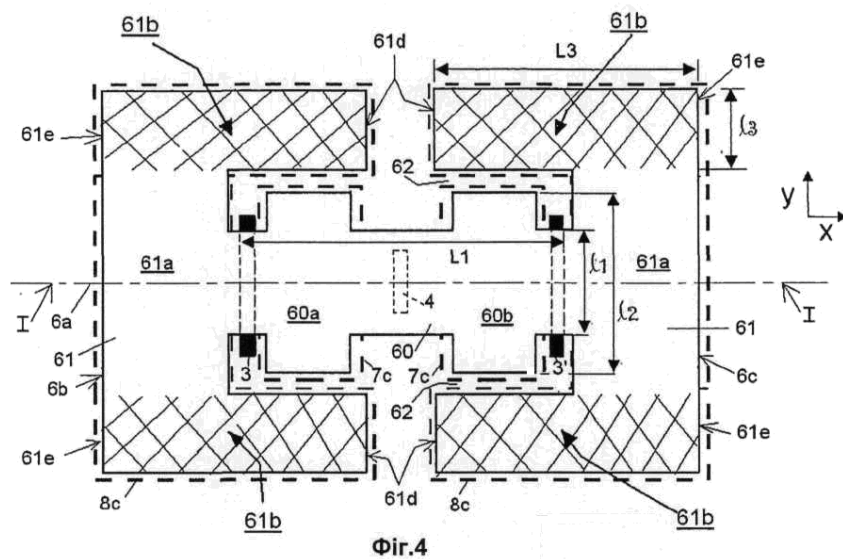
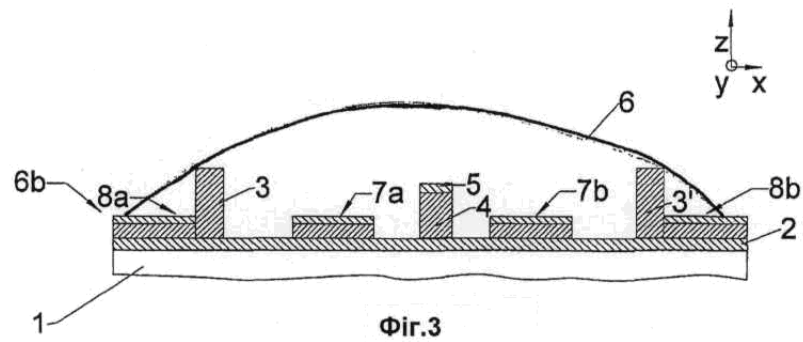
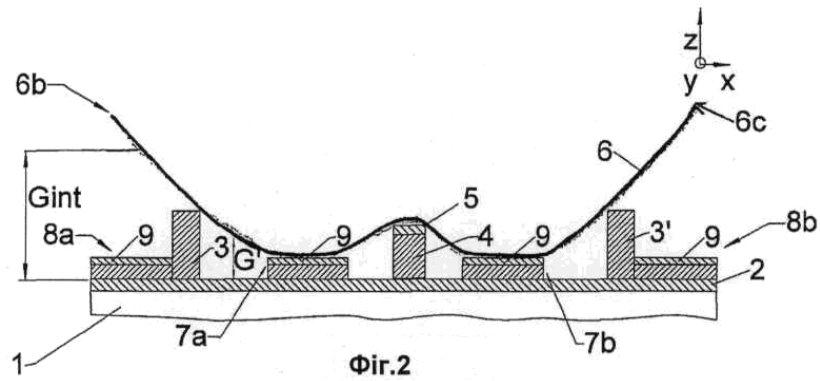
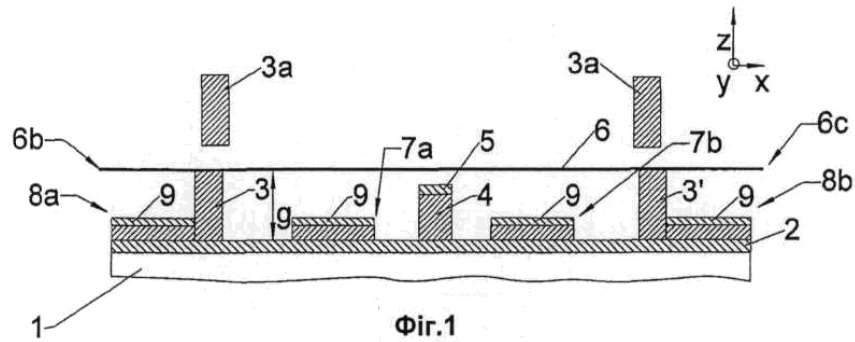
8. MEMC (MEMS)-структура за будь-яким з пп. 1-7, який **відрізняється** тим, що електричний опускаючий активаційний механізм (7) включає активаційну область (7с), що проходить під частиною мембрани (6) і здатну створювати сили натягу, що впливають на вказану частину мембрани (6) одночасно по обидві сторони від щонайменше однієї опори (3, 3') в поздовжньому напрямку (X), і електричний піднімаючий активаційний механізм (8) включає активаційну область (8с), що проходить під іншою частиною мембрани (6) і здатну створювати сили натягу, що впливають на зазначену іншу частину мембрани (6) з обох сторін від щонайменше однієї опори (3, 3') в поздовжньому напрямку (X).

9. MEMC (MEMS)-структура за будь-яким з пп. 1-8, який **відрізняється** тим, що мембрана (6) знаходиться вище щонайменше двох опор (3, 3'), рознесених одна від одної в поздовжньому напрямку (X), причому електричний піднімаючий активаційний механізм (7) або електричний опускаючий активаційний механізм (8) включають для кожної опори (3, 3') активаційну область (7с або 8с), що проходить під частиною мембрани (6) і здатну створювати сили натягу, що впливають на вказану частину мембрани (6) одночасно по обидві сторони від відповідних опор (3 і 3') в поздовжньому напрямку (X).

10. MEMC (MEMS)-структура за будь-яким з пп. 1-9, який **відрізняється** тим, що мембрана (6) є вільною мембраною, у якій обидва кінці (6b, 6с) не прикріплені до підкладки (1), та підтримується в початковому положенні щонайменше однією опорою.

11. MEMC (MEMS)-структура за будь-яким з пп. 1-9, який **відрізняється** тим, що мембрана (6) є консольною мембраною, яка закріплена на одному кінці (6a) до підкладки (1).

12. MEMC (MEMS)-структура за будь-яким з пп. 1-9, який **відрізняється** тим, що мембрана (6) є двозатисною мембраною (6) і прикріплена двома кінцями (6b, 6c) до підкладки (1).



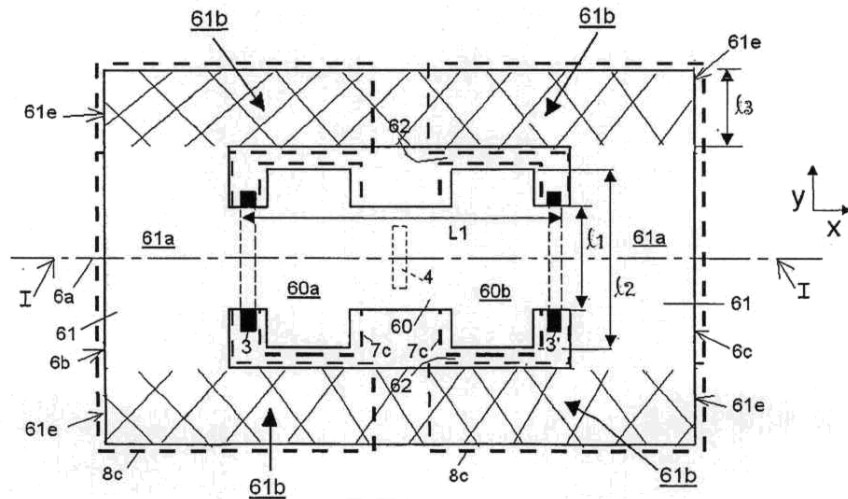


Fig. 4A

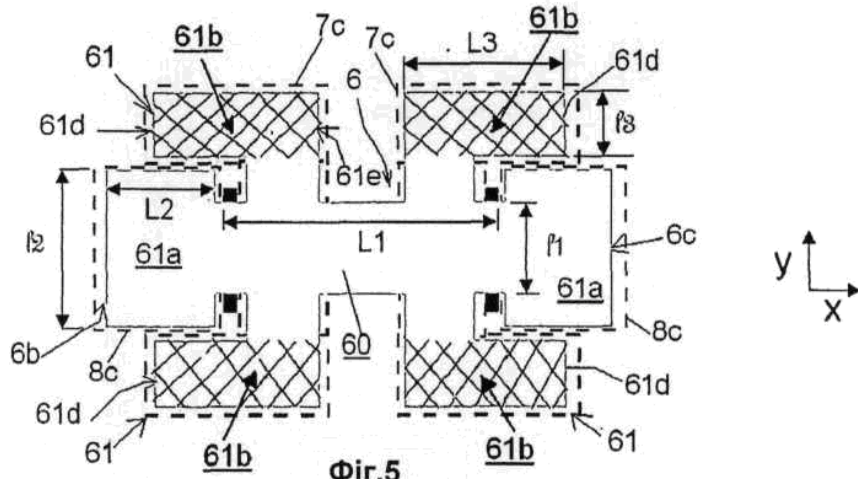


Fig. 5

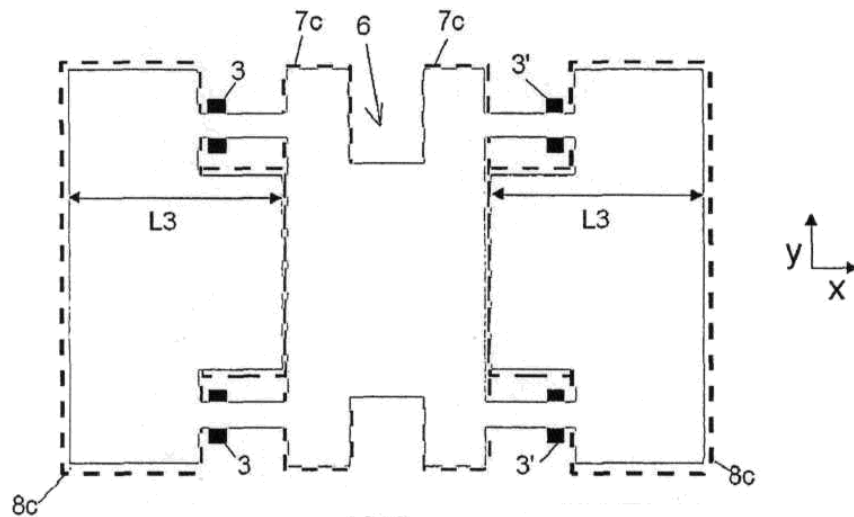


Fig. 6

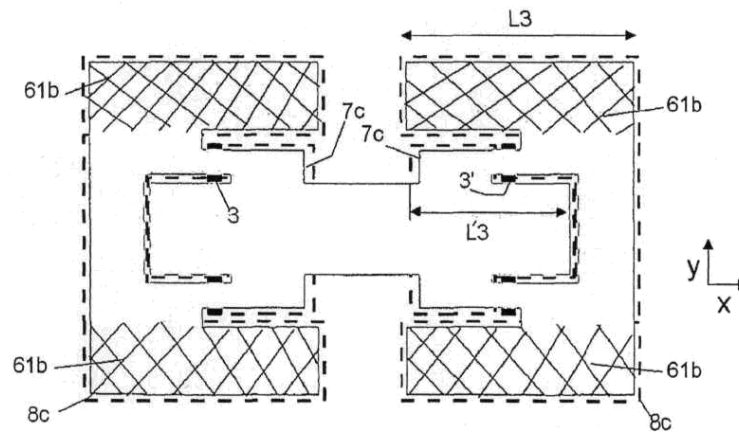


Fig. 7

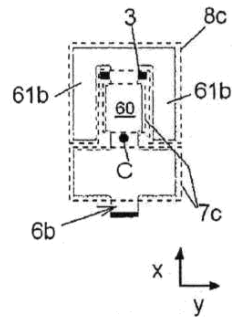


Fig. 8

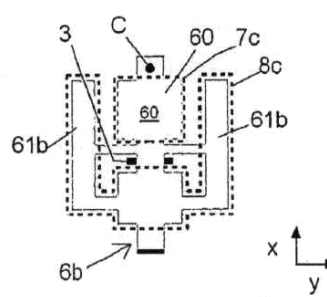


Fig. 9

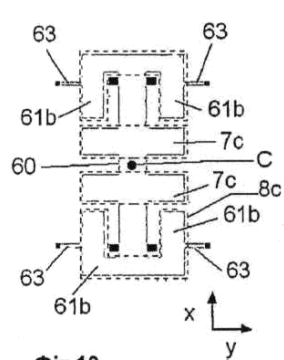


Fig. 10

Fig. 12

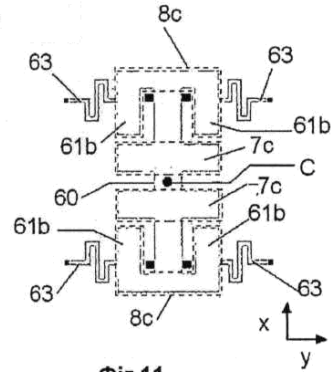


Fig. 11

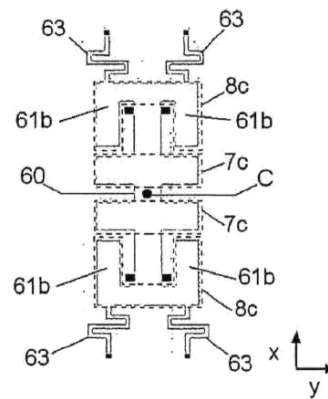


Fig. 12

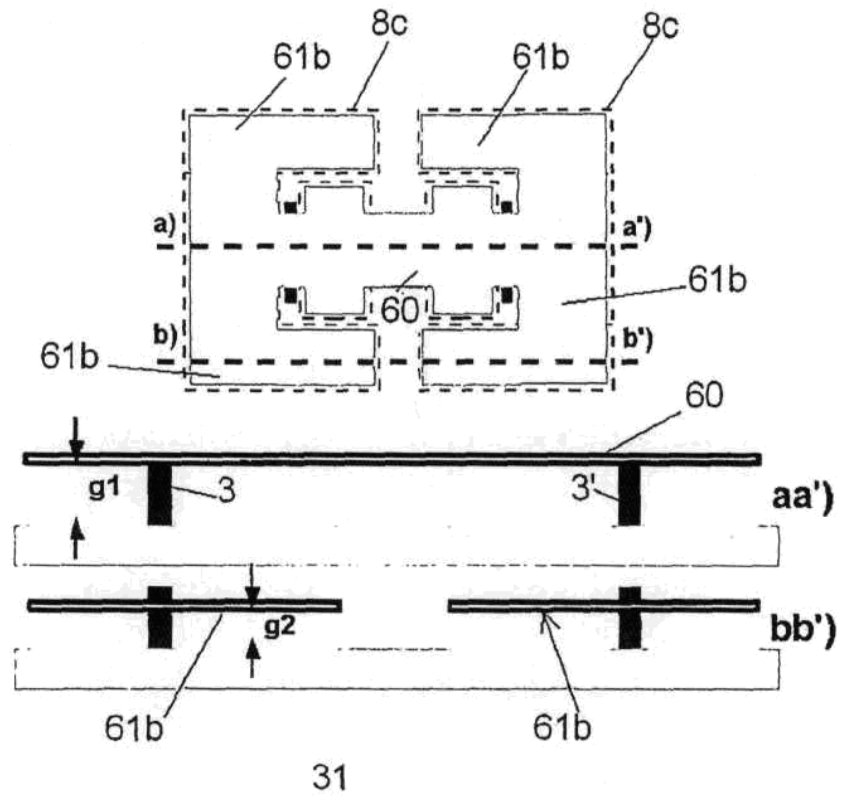


Fig. 13

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601