

результати показують, що запропонований багаторівневий метод забезпечує найменшу ймовірність похибки (ймовірність пропуску цілі – 0,0642 проти 0,1040 та ймовірність хибної тривоги – 0,0022 проти 0,0039) порівняно з системами, що використовують окремі канали. Порівняння з системами, де було використано комплексування на рівні пікселів, показало, що за дещо гіршої ймовірності хибної тривоги (0,0022 – як результат роботи методу проти 0,0005 – у випадку піксельного комплексування даних 1-го, 3-го та 5-го каналів) було досягнуто значне покращання ймовірності пропуску цілі (0,0642 – як результат роботи методу проти 0,2826 – у випадку піксельного комплексування даних 1-го, 2-го та 3-го каналів).

1. Hall D. (ed) and Llinas J. (ed.), *Handbook of Multisensor Data Fusion*, CRC Press LLC, 2001.
2. Прудіус І.Н., Лазько Л.В., Семенов С.О., Голотяк Т.С. Детекція водних поверхонь на основі багаторівневого методу комплексування інформації у пасивних ширококутових супутникових системах дистанційного зондування // *Вісник Національного університету “Львівська політехніка”*. *Радіoeлектроніка та телекомунікації*”. – 2006. – № 557. – С. 114 – 121.
3. Прудіус І.Н., Лазько О.В., Лазько Л.В., Семенов С.А. Комплексирование изображений в широкополосных спутниковых системах мониторинга на основе многоуровневого метода: *Материалы 14-й Международной Крымской конференции “СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии” КрыМиКо-2006*. – Севастополь, 11–15 сентября, 2006. – С. 29.

**М.Д. Матвійків**

Національний університет “Львівська політехніка”  
кафедра електронних засобів інформаційно-комп’ютерних технологій

## **ВПЛИВ ВНУТРІШНІХ МЕХАНІЧНИХ НАПРУЖЕНЬ НА ВЛАСТИВОСТІ АКУСТОЕЛЕКТРОННИХ ФІЛЬТРІВ НА ПОВЕРХНЕВИХ АКУСТИЧНИХ ХВИЛЯХ**

© Матвійків М.Д., 2007

**Досліджено вплив внутрішніх механічних напружень (ВМН) на частоту фільтрації та її часову стабільність в акустoeлектронних фільтрах на поверхневих акустичних хвилях (ПАХ). Показано, що ВМН змінюють частоту фільтрації і знижують її часову стабільність. Запропоновано методи послаблення цих деформаційних ефектів.**

**In the article analyzed influence of internal mechanical tensions (IMT) on filtration frequency and its time stability in acoustoelectronic filters on surface acoustic waves (SAW). It is shown, that IMT changes filtration frequency and reduces its time stability. Slackening of deformation effects methods are offered.**

**Вступ.** Сьогодні акустoeлектронні фільтри на ПАХ широко використовують в різноманітних електронних апаратах [1], оскільки вони мають ряд переваг як перед їх електричними аналогами (більшу добротність, менші вагогабаритні показники, вищу надійність), так і перед аналогічними елементами на об’ємних акустичних хвилях (вищі робочі частоти, конструктивну та технологічну сумісність з інтегрованими мікросхемами). Разом з тим виготовлення прецизійних акустoeлектронних фільтрів на ПАХ наштовхується на труднощі як конструктивного, так і технологічного характеру.

**Постановка задачі.** Попередні дослідження конструкції інтегрованої елементної бази електронних апаратів показали, що вона знаходиться в механічно напруженому стані. Величина ВМН в багатьох випадках досягає  $10^8 \dots 10^9$  Па, а їх характер може бути як стискуючим, так і розтягуючим [2]. Раніше було показано, що ВМН впливають на характеристики і параметри ультразвукових ліній затримки на ПАХ [3]. Це нашоує на думку, що аналогічний вплив може відбуватись і на властивості акустоелектронних фільтрів на ПАХ. Тому була поставлена задача дослідити можливий вплив ВМН на властивості акустоелектронних фільтрів на ПАХ, конструкція і технологія яких подібна до конструкції і технології ультразвукових ліній затримки на ПАХ.

**Результати дослідження.** Для того, щоб використати ПАХ для створення фільтрів, необхідно за допомогою електричних сигналів у вхідному плівковому перетворювачі збудити ПАХ, забезпечити протікання їх по звукопроводу, а у вихідному плівковому перетворювачі перетворити їх в електричні сигнали. Фільтрація досягається за рахунок узгодження кроку ґратки  $b$  з довжиною акустичної хвилі  $\lambda_a$ :

$$b = \lambda_a = \frac{g_a}{f}, \quad (1)$$

де  $g_a$  – швидкість акустичної хвилі;  $f$  – частота фільтрації.

З виразу (1) можна визначити  $f$ :

$$f = \frac{g_a}{b}. \quad (2)$$

Розтягуючі ВМН, які виникають в плівкових перетворювачах, викликають появу протилежних за знаком ВМН в поверхневому шарі звукопроводу. Зменшуючи відстані між атомами, вони міняють енергію взаємодії між ними, в результаті чого змінюють усі параметри матеріалу, в тому числі модуль Юнга  $E$  і густину  $\rho$ , від яких залежить швидкість розповсюдження акустичної хвилі  $g_a$ :

$$g_a = \sqrt{\frac{E}{\rho}}. \quad (3)$$

Для механічно напруженого звукопроводу:

$$g_{a\sigma} = \sqrt{\frac{E_\sigma}{\rho_\sigma}}, \quad (4)$$

де

$$E_\sigma = E - \sigma \quad (5)$$

$$\rho_\sigma = \frac{\rho}{(1 + \varepsilon)^2 (1 - 2\nu\varepsilon)}, \quad (6)$$

$\varepsilon$  – відносний стиск звукопроводу;  $\nu$  – коефіцієнт Пуассона;  $\sigma$  – ВМН.

З врахуванням (4)–(6) вираз для частоти фільтрації (2) можна записати у такому вигляді:

$$f = \left[ \frac{E - \sigma}{\rho} (1 + \varepsilon)^2 (1 - 2\nu\varepsilon) \right]^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{b}. \quad (7)$$

Оцінимо величину деформаційних змін частоти фільтрації.

При  $\sigma = 0$ ,  $E \approx 10^{11}$  Па,  $\rho \approx 10^3$  кг/м<sup>3</sup>,  $b = 10^4$  м:

$$f = \frac{10^{11}}{10^3} \cdot \frac{1}{10^4} = 10^8 \text{ Гц.}$$

При  $\sigma = 10^9$  Па,  $\varepsilon \approx 10^{-2}$ ,  $\nu \approx 0,3$ :

$$f_{\sigma} = \left[ \frac{10^{11} - 10^9}{10^3} (1 + 10^{-2})^2 (1 - 2 \cdot 3 \cdot 10^{-1} \cdot 10^{-2}) \right]^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{10^{-4}} = 100192000 \text{ Гц.}$$

Бачимо, що стискуючі ВМН завбільшки  $10^9$  Па збільшують частоту фільтрації приблизно на 192 кГц, тобто на 0,2 %.

Що стосується нестабільності частоти фільтрації, то вона викликається дрейфом ВМН, величина якого, як показали дослідження, може досягати одиниць процентів за рік. Зменшення деформаційних ефектів можливе за рахунок послаблення напруженого стану. Для цього можуть бути використані як конструкційні, так і технологічні фактори. До конструкційних факторів належать підбір сумісних матеріалів підкладок і ґраткових перетворювачів, а для технологічних – вибір оптимальних режимів напilenня ґраткових перетворювачів та їх подальша термообробка з метою зменшення ВМН.

#### **Висновки:**

1. ВМН в плівкових перетворювачах впливають на частоту фільтрації акустoeлектронних фільтрів на ПАХ. За  $\sigma = 10^9$  Па величина деформаційних змін становить десяті частки процента, що є істотним для прецизійних акустoeлектронних фільтрів.
2. Дрейф ВМН викликає дрейф частоти фільтрації.
3. Зменшення деформаційних ефектів можливе за рахунок послаблення напруженого стану.

*1. Основы проектирования микроэлектронной аппаратуры / А.Г. Алексенко, С.С. Бодулин, Л.Г. Барулин и др.; Под. ред. Б.Ф. Высоцкого. – М.: Сов. радио, 1997. – 352 с. 2. Матвійків М.Д. Пластичний і пружний прогини гетеросистем // Вісник Державного університету “Львівська політехніка”. – Львів: “Світ”, 1996. 3. Матвійків М. Вплив внутрішніх механічних напружень на властивості ультразвукових ліній затримки на поверхневих акустичних хвилях // Вісник Державного університету “Львівська політехніка” “Радіoeлектроніка та телекомунікації”. – 2004. – №508. – С. 285–289.*