

УДК 534.86

О.В. Ладизженський, студент гр. ПК-81мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ДОСЛІДЖЕННЯ ЄМНІСНИХ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Анотація. Стаття присвячена розробці і дослідженню ультразвукового перетворювача ємнісного типу. Розглянуто фізичні ефекти і явища, що виникають під час роботи такого перетворювача, досліджено деякі способи вирішення проблем. Описана дослідна установка і результати експерименту.

Ключові слова: ультразвук, ємнісний перетворювач, SMUTN, фазове керування, ФАР.

ВСТУП

Останнім часом певна увага приділяється можливості використання добре відомої можливості збудження і прийому ультразвукових коливань за допомогою перетворювачів конденсаторного типу. Конструктивна простота подібних перетворювачів та їх реалізація на новому технологічному рівні відкривають широкі можливості їх практичного використання в техніці ультразвукового контролю та системах медичної акустичної візуалізації. Не дивлячись на системні недоліки подібного способу збудження-прийому коливань, пов'язані з нижчою чутливістю порівняно з п'єзоелектричними та магнітострикційними перетворювачами.

ФІЗИЧНІ ОСНОВИ

Конденсаторний ультразвуковий перетворювач – це дві електропровідні пластини з діелектричним шаром між ними. Під дією електричного поля – прикладеної різниці потенціалів, між пластинами виникає сила притягання або відштовхування F .

$$F = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{2d^2} U^2 \quad (1)$$

Де ϵ , S та d – відповідно діелектрична проникність діелектрика (наприклад повітря), площа пластини та відстань між ними.

В [1] описується нова технологія виготовлення ємнісних ультразвукових перетворювачів на кремнієвій основі, в якій витравлюються порожнини необхідних розмірів, разом з нанесеними на її дно електропровідним покриттям утворюють базовий нерухомий електрод перетворювача. Рухомий електрод, який покриває утворену порожнину, використовується як мембрана, переміщенням якої під дією прикладеної між електродами напруги збуджуються ультразвукові коливання контактуючого з нею середовища[2].

З метою збільшення напруги збудження коливань пластини використовують вакуумне середовище порожнини між пластинами. Використання повітряного середовища обмежує величину напруги внаслідок можливості електричного пробою [3][4]. Така технологія відома як SMUTN (Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducers).

ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Розвиток SMUTN направлений в основному на створення високочастотних (5-100 МГц) засобів візуалізації структур біологічних тканин живих організмів

та інших малогабаритних систем медичної діагностики. З цією метою нами було створено фокусуєчий дискретний перетворювач з фазовим керуванням (УЗПФК), який розрахований на збудження коливань і прийом лунасигналів частотою 1 МГц.

Конструкція УЗПФК показана на рис. 1. Перетворювач має пластинчасту основу – нерухомий електрод 1. Рухомі під дією електричного поля пластини 2, 3, 4 відділені від електроду 1 тонкими ізоляційними вставками, які забезпечують фіксовану відстань між цими пластинами і загальним електродом рівну 0,1 мм.

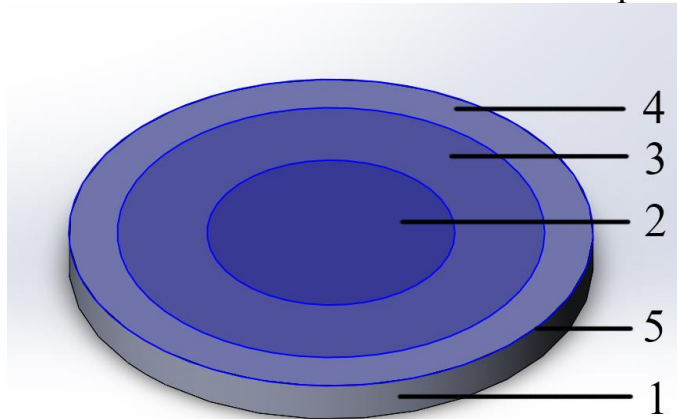


Рисунок 1. Ємнісний ультразвуковий перетворювач

При цьому допустима різниця потенціалів цих електродів по відношенню до загального не повинна перевищувати 50 В. Збудження радіоімпульсних коливань частотою 1 МГц в пластинах 2, 3, 4 виконується електричним полем згідно схеми рис. 2.

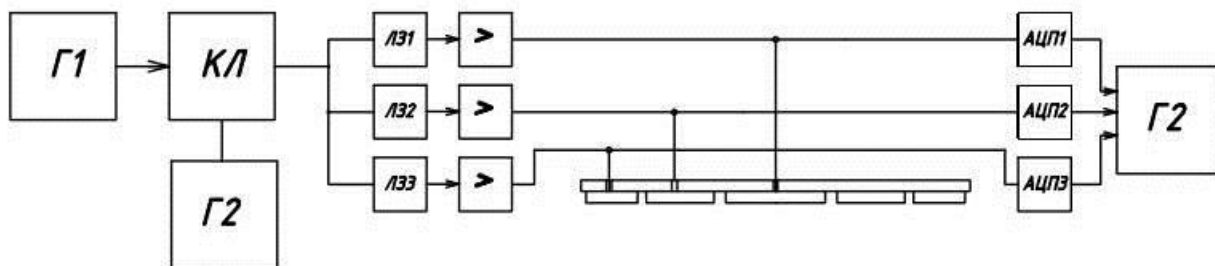


Рисунок 1. Функціональна схема ультразвукової системи

З метою лінійної передачі коливань пластин 2, 3, 4 середовищу об'єкта контролю перетворювач розташовується на його поверхні пі дією ваги додаткової пластини.

Враховуючи обмежену чутливість такого конденсаторного перетворювача внаслідок обмеження допустимої різниці потенціалів електродів, прийом лунасигналів виконується з використанням квадратурно керованих фазових детекторів, що реалізовані програмно [5]. В якості контрольного зразка використовувалась пластина з оргскла товщиною 50 мм. Фокальна відстань перетворювача регулювалась зміною тривалості затримок підключення напруг збудження та напруг лунасигналів, які знімаються з електродів 2, 3, 4.

Експериментальні дослідження підтвердили працездатність використаного перетворювача, роздільна здатність якого на даній частоті впевнено становила 2 мм при довжині хвилі 4 мм. Підвищення роздільної здатності можливе за рахунок підвищення напруги електричного поля, що вимагає використання вакуумного середовища між рухомим і нерухомим електродами. Дослідження продовжуватимуться і в майбутньому будуть представлені результати більш детальних експериментів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] M. I. Haller and B. T. Khuri-Yakub, "A surface micromachined electrostatic ultrasonic air transducer," *1994 IEEE Ultrasonics Symposium*, pp. 1241–1244, 1994.
- [2] B. T. Khuri-Yakub and O. Oralkan, "Capacitive micromachined ultrasonic transducers for medical imaging and therapy," *J. Micromech. Microeng.*, p. 054040, 2011.
- [3] O. Oralkan, S. T. Hansen, B. Bayram, G. G. Yaralioglu, A. S. Ergun, and B. T. Khuri-Yakub, "High-frequency cmut arrays for high-resolution medical imaging," *2004 IEEE Ultrasonics Symposium*, pp. 399–402, 2004.
- [4] I. Ladabaum, X. C. Jin, and B. T. Khuri-Yakub, "Air coupled through transmission of aluminum and other recent results using muts," *1997 IEEE Ultrasonics Symposium*, pp. 983–986, 1997.
- [5] Маєвський С.М. Основи побудови систем аналізу сигналів у неруйнівному контролі / С.М. Маєвський, В.П. Бабак, Л.М. Щербак. – К.: Либідь, 1993. – 200 с.

Наук. керівник – д.т.н., проф. Маєвський С.М.