

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ВИПРОМІНЮВАЧА ДЛЯ АКУСТИЧНОГО БЕЗКОНТАКТНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ МІКРОЧАСТИНОК

Панцир Ю. І., к.т.н., доц., e-mail: panziriyuriy@gmail.com

Потапський П. В., к.т.н., доц., e-mail: p.v.potap@meta.ua

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Актуальність дослідження. Безконтактне точне захоплення і маніпулювання окремими мікрочастинками, можливість організувати клітини і мікрочастинки в бажані схеми має важливе значення для численних біологічних розробок таких як мікрочіпи, тканинна інженерія, фармакологія та регенеративна медицина і тому викликає значний інтерес до біофізики та біомедичної інженерії.

Метою роботи є моделювання процесу акустичної маніпуляції мікрочастинок.

Основні матеріали досліджень. Робота різних приладів п'єзоелектронних заснована на п'єзоелектричному ефекті, який був відкритий в 1880 р. французькими вченими братами П. Кюрі та Ж. Кюрі. Слово "П'єзоелектрика" означає "електрика від тиску". Прямий п'єзоелектричний ефект чи просто п'єзо ефект полягає в тому, що при тиску на деякі кристалічні тіла, звані п'єзоелектрики, на протилежних гранях цих тіл виникають рівні за величиною, але різні за знаком електричні заряди (рис.1). Якщо змінити напрямок деформації, тобто не стискати, а розтягувати п'єзоелектрики, то заряди на гранях змінять знак на зворотний[1].

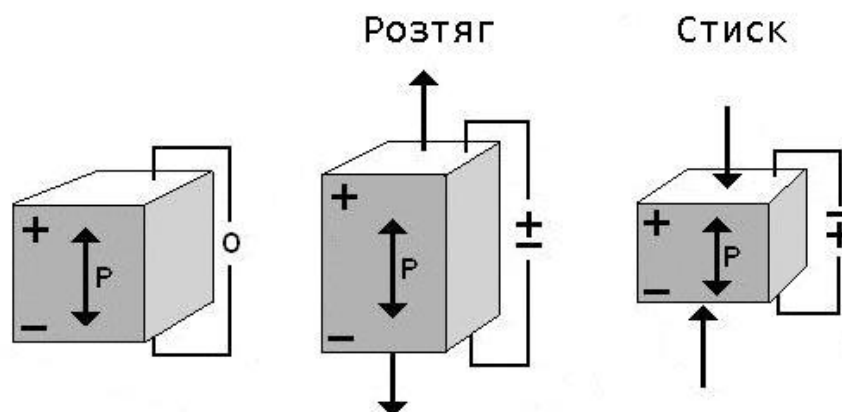


Рис. 1– Принцип п'єзоелектричного ефекту

Для створення власного експериментального приладу заснованого на принципі концентрованих стоячих акустичних хвиль, який відповідно до вище згаданих систем, але працюючих на принципово інших методах здатний до переміщення та маніпуляції з живими клітинами в медичних та дослідницьких цілях. «Пінцет» складається з двох генераторів звукових хвиль, які дозволяють захопити одну клітину і перемістити її в певний пункт з високою точністю. Це рішення дозволяє відмовитися від звичних екструдерів, оскільки підвищує точність маніпуляції до безпрецедентних відміток.

Для роботи з клітинами використовуються так звані «поверхневі» звукові хвилі, які формують навколо необхідної мікрочастинки спеціальний «вузол». «Ув'язнений» в нього об'єкт можна переміщати в трьох вимірах, не побоюючись за його цілісність. Таким чином, вчені можуть створювати повноцінні тривимірні конструкції нанорозмірів.

Нерезонансні левітатори можуть бути виконані з використанням двох розділених і протилежних випромінювачів. Резонансні пристрої більш ефективні, але чутливі до зміни температури і розташування елементів. Як резонансні так і нерезонансні левітатори керуються синусоїдальним сигналом збудження для формування стоячої хвилі між їх елементами; ця стояча хвиля буде захоплювати частинки на його вузлах.

Для резонансних левітаторів було показано, що увігнутий рефлектор створює сильніші сили захоплення, ніж планарний і що використання великої пластини випромінювання, прикріпленої до передньої частини випромінювача, забезпечує більшу стійкість, що дозволяє левітації рідин і дослідження зразків у мікрогравітації ці результати були підтверджені в подальших дослідженнях [2]. Хоча максимальна поздовжня сила захоплення була отримана з радіусом поверхні масиву кривизни 4,5 см, ми вибрали розташування з радіусом 6 см для мінімізації небажаних відбиттів, виступу і отримання більш функціональних пасток.

Власне для розробки такого приладу достатньо перелічених компонентів котрі доступні в загальному вжитку. Використовуючи такого роду складових приладу можна досягти достатньо низької собівартості у порівнянні з вже існуючими на ринку пропозиціями.

Система складається з плати драйвера і одноосного левітатора з 72 перетворювачами (розташовані у вигляді двох поверхонь, кожна з яких містить 36 перетворювачів) [3].

Імітаційне акустичне поле; кожне коло представляє перетворювач діаметром 10 мм, а колір являє собою фазу випромінювання перетворювачів (для забезпечення вертикального переміщення пасток потрібно два сигнали керування).

Список необхідних компонентів для створення акустичного левітатора: 72x 10мм перетворювачі 40 кГц; 1 x ArduinoNano; 1 x L298N DualMotorDriveBoard; 1 x Перемикач живлення; 1 x дроти перемички; 6 x Чорний і червоний дріт; 1 x 3D-друкований корпус.

У середовищі SolidWorks було створено 3D візуалізації корпусу випромінювача в якому буде відбуватися процес безконтактного маніпулювання мікрочастинками [4].

Для даного макету були підбрані основні розміри. Так відстань між двома протилежними випромінювачами є 14 см, діаметр площини випромінювання складає 8 см, а радіус поверхні, де знаходяться перетворювачі є 6см, які забезпечують ефективний процес для безконтактної маніпуляції мікрочастинками.

Такі розміри і кількість випромінювачів забезпечують якнайкраще позиціонування мікрочастинок у вузлах акустичного тиску і дають змогу ефективно маніпулювати та переміщувати мікрочастинки які досліджуються.

Висновок. Було розглянуто основний ефект на якому базується процес перетворення напруги в ультразвукові коливання під назвою п'єзоелектричний ефект.

Розраховані основні величини акустичної хвилі. Також описано модель акустичного левітатора який працює на поверхневих акустичних хвилях.

Визначено основні компоненти та представлені їх фізичні характеристики. Встановлено позиціонування перетворювачів в корпусі приладу та їх оптимальна кількість. На основі теоретичних даних та співвідношень представлено 3D модель системи для перенесення та маніпуляції мікрочастинками ультразвуком для подальшого поглибленого дослідження.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пьезоэлектрический эффект и его применение в технике [Електронний ресурс] : електронні ресурси в науці, культурі та освіті : Режим доступу : <http://electricalschool.info/spravochnik/poleznoe/1438-pezojelektricheskiij-jeffekt.html>.

2. Andrade M.A.B., Bernassau A.L., Adamowski J.C. "Acoustic levitation of a large solid sphere" // Applied Physics Letters, Volume 109, Issue 4, 25 July 2016, No 044101.28

3. Cao, H. L., Yin, D. C., Guo, Y. Z., Ma, X. L., He, J., Guo, W. H., Xie, X.-Z., and Zhou, B. R., "Rapid crystallization from acoustically levitated droplets," J. Acoust. Soc. Am. 131(4), 3164–3172 (2012).

4. По для 3D-моделирования в SolidWorks [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.3ds.com/ru/produktu-i-uslugi/solidworks/> // Дата звернення: 18.11.2022.

5. Andrade M.A.B., Okina F.T.A., Bernassau A.L., Adamowski J.C. "Acoustic levitation of an object larger than the acoustic wave length" // Journal of the Acoustical Society of America, Volume 141, Issue 6, 1 June 2017, Pages 4148-4154.

Andrade M.A.B., Bernassau A.L., Adamowski J.C. "Acoustic levitation of a large solid sphere" // Applied Physics Letters, Volume 109, Issue 4, 25 July 2016, No 044101.28.