

УДК 531

Р.О. ЗАДОРЖНИЙ, О.В. КОЧЕТКОВА, Т.О. ІВОЛГІНА*Національний авіаційний університет, Київ, Україна***ЗАСОБИ НАНОПЕРЕМІЩЕНЬ**

Розглянуто наноманіпулятори, які порівняно від аналогів прості, компактні і дешеві. Вони мають високу точність позиціонування досліджуваної деталі при лінійних переміщеннях по трьох координатах і поворотах по трьох осях, при русі в сотні мікрон. Що краще в порівнянні з деякими існуючими наноманіпуляторами ціною в декілька разів вище.

наноманіпулятори, точність позиціонування, нанометрові переміщення, механічні редуктори

Вступ

Нано- та мікрометрична точність устаткування мікроелектроніки і нанотехнології забезпечується прецизійними засобами нанопереміщень. Сфера використання засобів нанопереміщень в останній час постійно розширюється. Це пов'язано з інтенсивним розвитком нанотехнології, нанобіології, мікроелектроніки і адаптивної оптики.

Широке розповсюдження отримали засоби нанопереміщень з п'єзокерамічних матеріалів. Вони дозволяють одержувати достатньо великі переміщення об'єктів при відносно невеликих управляючих напругах. Не дивлячись на ряд технологічних переваг, п'єзокераміка володіє такими недоліками, як гістерезис, старіння, кріп, нелінійність, що негативно впливають на точність позиціонування. Звичайно це вельми складні механізми, досить великі і важкі, а головне вони дорогі. Нинішні ціни на них коливаються в районі декількох десятків тисяч доларів.

Постановка задачі. Ось чому постає задача створити аналог з більш помірною ціною, щоб невеликі лабораторії, інститутів або компаній змогли б їх використовувати засоби нанопереміщень в своїх дослідженнях та розробках.

Розв'язання задачі

Саме тому професор Массачусетського технологічного інституту [1] Мартін Калпеппер, що працює в лабораторії прецизійних систем [2] сконструював

наноманіпулятори, які порівняно від аналогів прості, компактні і дешеві, а виготовити їх легко без вживання яких-небудь "новітніх" технологій. Один з перших таких маніпуляторів під назвою HexFlex був зібраний ученим майже з підручних матеріалів і обійшовся всього в \$2 тисячі, схема якого представлена на рис. 1. Для масштабу розмір L_s рівний 41 міліметру. В основі маніпулятора пружна монолітна деталь-фігурна пластина вирізана з цілого листа металу.

Маніпулятор показав точність позиціонування досліджуваної деталі по всіх осях менше ніж 5 нм, при русі в сотні мікрон, що краще в порівнянні з багатьма існуючими апаратами ціною в десятки разів вище.

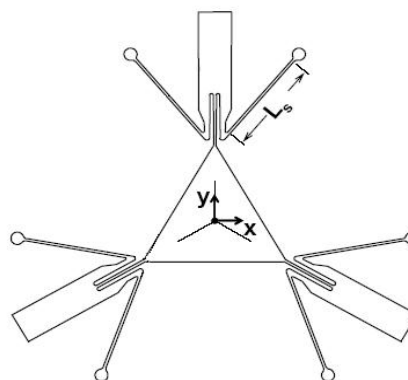


Рис. 1. Схема одного з перших наноманіпуляторів HexFlex

Спрощена схема іншого варіанту центральної деталі наочно показуюча, як натиснення на управляючі елементи (білі стрілки) призводять до зсуву центру в будь-якому бажаному напрямі представле-

на на рис. 2.

Впливаючи електромагнітними приводами на певні її точки отримуємо за рахунок сил пружності і внутрішньої напруги в деталі мале переміщення центру цього вузла, до якого і кріпиться об'єкт, що досліджується, по шести ступенях свободи: лінійні переміщення по трьох координатах і повороти по трьох осях також.

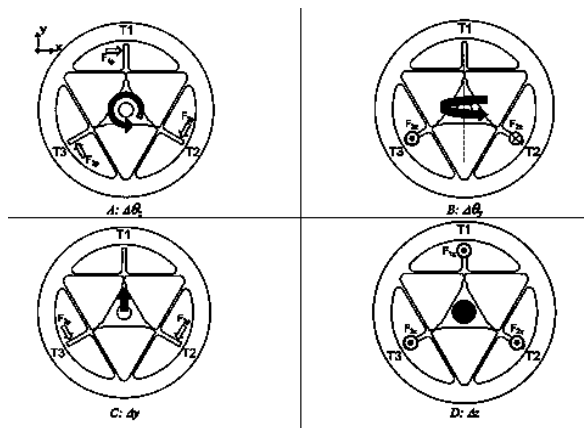


Рис. 2. Спрощена схема керування маніпулятором

Принцип дії оснований на використанні механічних редукторів, в яких редукція переміщень досягається за рахунок різниці коефіцієнтів жорсткості двох послідовно сполучених пружних елементів. В цьому випадку коефіцієнт редукції рівний відношенню коефіцієнтів жорсткості пружних елементів. Таким чином, чим більше відношення жорсткості балок, тим точніше можна контролювати зсув робочого елемента.

Аналогічно, впливаючи на три (або шість) управляючих елементів зміщуючи їх на частки міліметра або навіть мікрони отримуємо нанометрові переміщення центру цієї деталі.

Різносторонній або симетричний рух країв пластини в ту або іншу сторону справляє бажаний вплив на досліджувану деталь.

Проте перш, ніж почати роботу, потрібно точно налаштувати пластину щоб вона була напружена симетрично і однаково реагувала на натиснення з різних сторін. Для цього в систему введено три гвинти, з мікронним кроком. Мікрогвинти не тільки забезпечують правильну реакцію трикутника на

управляючі дії, але і дозволяють підстроїти маніпулятор під різні наукові задачі.

Всі разом ці деталі закріплюються на масивній основі, виточеній з високою точністю.

Створюючи попередню напругу у фігурній деталі, можна комбінувати найвищу точність рухів з малим діапазоном доступних переміщень, або, навпаки, трохи більш грубу реакцію машини із значно великим діапазоном переміщення. Це дає змогу використовувати маніпулятор для різних задач.

На сьогодні досягнута точність позиціонування по трьох осях X, Y, Z складає менше 1 nm, а повороти по трьох осях 1 μ rad.

Також створено, найменший наноманіпулятор (рис. 3) діаметром всього в один міліметр.

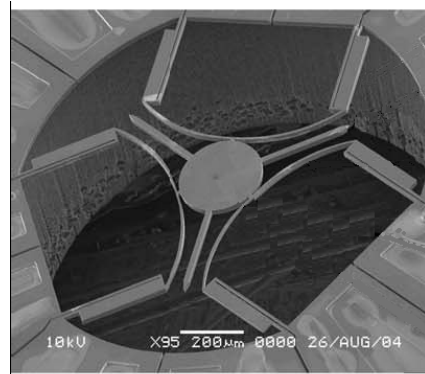


Рис. 3. Найменший наноманіпулятор

Висновки

Таким чином використання нових підходів до конструювання засобів нанопереміщень дає змогу отримати наноманіпулятори, які мають шість степенів свободи руху, при вартості меншій за існуючі аналоги.

Література

1. Сайт МТІ [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://web.mit.edu/index.html>.
2. Сайт лабораторії прецизійних систем [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://psdam.mit.edu>.

Надійшла до редакції 29.05.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.П. Квасніков, Національний авіаційний університет, Київ.