

ÖZET

5

MİKRO ROBOT SİSTEMİ

Biyomedikal alanda ve çip üstü laboratuvar sistemlerinde kullanılmak üzere, hücre ve yapay mikro partiküllerin konumlandırılmasını veya manipülasyonunu gerçekleştiren bir sistem olup, özelliği; mikro robotun (3) alt bölgesine konumlandırılmış; mikro robotun (3), sıvı deney düzeneği (2) içerisinde bulunan sıvı üzerinde dengede kalmasını mıknatıs (5) tarafından uygulanan manyetik alan etkisi vasıtasıyla sağlayan bir ferromanyetik kaplama tabakası (1) içermesidir.

(Şekil-1)

15

İSTEMLER

1. Biyomedikal alanda ve ip st laboratuvar sistemlerinde kullanılmak zere, hcre ve yapay mikro partikllerin konumlandırılmasını veya maniplasyonunu gerekleřtiren bir sistem olup, zellięi;

- mikro robotun (3) alt blgesine konumlandırılmıř; mikro robotun (3); sıvı deney dzeneęi (2) ierisinde bulunan sıvı zerinde dengede kalmasını mıknatıs (5) tarafından uygulanan manyetik alan etkisi vasıtasıyla saęlayan bir ferromanyetik kaplama tabakası (1),

iermesidir.

2. İstem 1' e gre bir sistem olup zellięi;

- mikro robotun (3), sistemde kullanılacak sıvı yoęunluęuna eřit ya da daha az bir yoęunluęa sahip, polimer yapıda olmasıdır.

TARİFNAME

MİKRO ROBOT SİSTEMİ

5 Teknik Alan

Biyomedikal alanda ve çip üstü laboratuvar sistemlerinde kullanılmak üzere, mikro seviyede canlı hücre ve yapay partiküllerin konumlandırılmasını veya manipülasyonunu gerçekleştiren bir sistem ile ilgilidir.

10

Tekniğin Bilinen Durumu

Günümüzde sıvı içerisinde “tek hücre analizi ve manipülasyonu” alanı gelişmekte olan bir konudur ve bu konu robotik ile doğrudan ilgilidir. Sıvı taşıyan petri kapları veya küçük miktarlarda sıvı taşıyan (örnek: mikro akışkan kanal) sistemler olmaksızın laboratuvar ortamında böyle biyolojik çalışmalar yürütülememektedir.

Sıvı içerisinde manyetik alan etkisi ile hareketi sağlanan mikro robotların en büyük sorunu içerisinde bulundukları kanalın/kabın yüzey ile temas etmesi ve bu durumdan dolayı sürtünme kuvvetinin meydana gelmesidir. Mikro manipülasyon işlemleri hassas işlemlerdir ve mikro hassasiyette hareket gerektirmektedir. Mikro robotun zemin ile teması, hareket hassasiyetini azaltan bir faktördür. Mıknatısların hareketlerini takip eden mikro robotlar için sürtünme kısıtlayıcı etkide bulunmaktadır. Şu ana kadar yapılan sistemlerde, mıknatısın konumuna göre manyetik alan kuvveti cismi aşağıya veya yukarıya çekerek, mikro robotu bulunduğu kabın yüzeyi ile temas ettirmekte ve dolayısıyla hareket ettirici manyetik kuvvetin büyük bir kısmı bu sürtünme kuvvetini yenmek için kullanılmaktadır. Mikro robotun hareketi sağlansa dahi, yüzey ile olan temastan ve sürtünme kuvvetinden dolayı, hareket esnasında sıçramalar olabilmekte ve istenilen konumda olamama sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Bu durumdan ötürü hassas mikro robotun hareketi istenilen hassasiyette gerçekleştirilememekte, manipülasyon çalışmalarını zorlaştırmakta ve başarı oranını düşürmektedir.

30

Teknik Araştırmalar sonucu ortaya çıkan “Polymer-Based Wireless Resonant Magnetic Microrobots” adlı Hsi-Wen Tung, Massimo Maffioli, Dominic R. Frutiger, Kartik M. Sivaraman, Salvador Pane ve Bradley J. Nelson’a ait makalede ;

35

Sürtünmeye sahip kütle, yay benzeri bir yapı ile diğer kütleye bağlanmakta ve kütle yay ile kurulan bağlantı haricinde mekanik temassız hale gelmektedir. "Mikro robot yapılanması" buluşunda ise mikro robot hiç bir şekilde mekanik temasa sahip değildir. Bahsedilen makale, elektromanyetik alan uygulanarak yayın sıkıştırılması ve sonrasında elektromanyetik alanı ortadan kaldırarak yayın boşalması ile mikro robot hareketi üzerine kurgulanmıştır. Sürtünme sürekli olarak ortamda bulunmaktadır ve mekanik temas söz konusudur. Bu durumda hassas hareketi engelleyici bir faktördür. Yayın boşalması esnasında sistemin kontrolsüz halde olduğu görülmektedir. "Mikro robot sistemi" buluşunda ise manyetik alan sürekli olarak sisteme uygulandığından dolayı sürekli kontrol yapılabilmektedir. Ek olarak ;

10

- Makalede, amaç manyetik etkiyle oluşan çekim kuvvetiyle birlikte tasarımda yer alan polimer yayın sıkıştırılması ardından manyetik kuvvetin ortadan kaldırılmasıyla itici kuvvet ile nesnelerin hareket ettirilmesidir.
- Zemin ile temas söz konusudur. Bu da hareketin hassasiyetini etkilemektedir.
- Manyetik alan etkisini oluşturacak mıknatıslar mikro robotun hem altına hem üstüne yerleştirilmiştir. "Mikro robot sistemi" buluşunda ise mıknatıslar sadece mikro robotun al kısmına yerleştirilmektedir.
- Makalede, mikro robot tasarımında polimer malzeme olarak bir tek SU8 kullanılmıştır ve bu malzeme sudan ağırdır. Cisim sıvı içinde batacak ve yine yüzey ile temasını kaybetmeyecektir.
- SU8 bu makalede sistemin bütünlüğünü sağlayan bağlantı malzemesi ve yay malzemesi olarak kullanılmıştır.
- Yay olarak polimer kullanılmasının nedeni düşük young modülüne sahip olmasıdır.
- Daha önce yay malzemesi olarak altın kullanılmıştır.
- Ancak SU8 in de kullanılmasıyla yatay düzlemde daha stabil bir hareket elde edilmiştir. Bu çalışma prensibi "Mikro robot sistemi" buluşundaki sistemden tamamen farklıdır.

15

20

25

30

Teknik araştırmalar sonucunda ortaya çıkan "Wireless Manipulation of Single Cells using Magnetic Microtransporters" adlı Mahmut Selman Sakar Edward B. Steager, Anthony Cowley, Vijay Kumar, ve George J. Pappas'a ait makalede;

35

Ferromanyetik (sonradan mıknatıslandırılmış) malzeme ile karıştırılmış polimer manyetik alan uygulanarak akışkan içerisinde hareket ettirilmektedir. "Mikro robot yapılanması" buluşunda

malzeme ferromanyetik olmasına rağmen mıknatıslandırma gibi bir koşula sahip değildir. Diğer taraftan makaledeki sistemde levitasyon söz konusu değildir; yani yüzey ile mekanik temas vardır ve bu durum sürütmeden doğacak problemleri (hassas konumlandırma) büyük ölçüde taşımaktadır. Ek olarak ;

5

- Makalede, daha önce yapılan çalışmalara benzer şekilde polimer ve metal tozu karışımından oluşan robot tasarlanmıştır.
- Bu makalede de, robotun zemin ile teması söz konusudur.
- Sıvının yoğunluğuna benzer yoğunlukta robot tasarlanmıştır ancak sıvıya eşit veya daha düşük değildir. "Mikro robot yapılanması" buluşunda sıvıdan düşük bir yoğunluk kullanılarak yüzey ile temas kesilmektedir.
- Makalede, yoğunluğu düşürmekteki amaç, sürtünme kuvvetini azaltmak ve daha az manyetik kuvvet ile nesnelerin hareketini sağlamaktır.
- Makalede, yüzey ile teması kesmede farklı bir yöntem kullanılmıştır. Uygulanan manyetik kuvvet etkisiyle stick/slip – tutma bırakma hareketi - mekanizmasıyla hareket sağlanmaktadır. Bu mekanizma ile yüzeyde hareket için "rocking movement" denilen bir etkiden bahsedilmektedir.

10

15

Teknik Araştırmalar sonucu ortaya çıkan "High-Speed Magnetic Microrobot Actuation in a Microfluidic Chip by a Fine V-Groove Surface" adlı Masaya Hagiwara, Tomohiro Kawahara, Toru Iijima, and Fumihito Arai, ait makalede;

20

Mikro robotun taban yüzeyi ile sıvıyı taşıyan kabın taban yüzeyi arasında oluşan sürtünme kuvvetini tamamen ortadan kaldırmak yerine, titreşim sistemleriyle veya robotun yüzey tasarımı ile azaltmaya çalışılmıştır. Tasarlanan mikro robot silikon wafer üzerine V-oyukları işlenerek hazırlanmıştır. V-oyuklar yüzey alanı düşürülüp, sıvının mikro robot üzerinde neden olduğu sürtünme kuvveti azaltılmaya çalışılmıştır. V-oyuk ile sürtünme kuvveti tam olarak yenilemediğinden, ultrasonik titreşimler ile sürtünme kuvveti etkisi azaltılmaya çalışılmıştır. Ancak, mikro robot için tüm sisteme verilen titreşim, küçük çaptaki mikro objeleri de (50 mikrometre ve altı) etkileyip kontrolsüz hareket sağladığından, canlı hücre ve yapay mikro partiküllerin konumlandırma hassasiyetini düşürmektedir.

25

30

Sonuç olarak yukarıda anlatılan olumsuzluklardan dolayı ve mevcut çözümlerin konu hakkındaki yetersizliği nedeniyle ilgili teknik alanda bir geliştirme yapılması gerekli kılınmıştır.

35

Buluşun Amacı

Buluş, mevcut problemlerden yola çıkarak mikro robotun sürtünme sebebi ile oluşan olumsuzluklarını çözmeyi amaçlamaktadır.

5

Buluşun bir diğer amacı, sıvıyı taşıyan yüzey ile mikro robot arasındaki sürtünmeyi azaltarak daha hassas hareket kabiliyeti elde edebilmek ve yapılacak manipülasyon işlemlerinde başarı sağlamaktır.

10 Biyomedikal alanda ve çip üstü laboratuvar sistemlerinde kullanılmak üzere, petri kapları veya mikro akışkan kanallar içerisine yerleştirilerek hücre ve yapay mikro partiküllerin konumlandırılmasını veya manipülasyonunu gerçekleştiren sistem ile ilgilidir. Söz konusu sistem;

- 15 • Mikro seviyedeki canlı hücre ve yapay partiküllerin konumlandırılmasını veya manipülasyonunu gerçekleştiren bir mikro robot,
- eksenel hareketlerle mikrorobotu harekete geçiren bir mikromanipülatör düzeneği,
- mikromanipülatör düzeneği üzerine konumlandırılmış, mikro robotun manyetik etki ile hareketini ve dengelenmesini sağlayan en az bir mıknatıs,
- 20 • mikro robotun alt bölgesine konumlandırılmış; mikro robotun ; sıvı deney düzeneği içerisinde bulunan sıvı üzerinde dengede kalmasını mıknatıs tarafından uygulanan manyetik alan etkisi vasıtasıyla sağlayan bir ferromanyetik kaplama tabakası ,
- Mikro robota ve alt bölgesine konumlandırılmış ferromanyetik kaplama tabakasına yataklık yapan bir sıvı deney düzeneği,
- 25 • Akışkan kanalların alt yüzeyini oluşturan bir altlık,

içermektedir.

Buluşun Anlaşılmasına Yardımcı Olacak Şekiller

30 **Şekil-1**, buluşa konu olan mikro robot sisteminde kullanılan, mikro robot ve ferromanyetik kaplama plakaları gösterilmektedir.

Şekil-2, buluşa konu olan mikro robot sisteminin, petri kabında kullanımı gösterilmektedir.

Şekil-3, buluşa konu olan mikro robot sisteminin, mikroakışkan çip içerisinde kullanımı gösterilmektedir.

35

Çizimlerin mutlaka ölçeklendirilmesi gerekmemektedir ve mevcut buluşu anlamak için gerekli olmayan detaylar ihmal edilmiş olabilmektedir. Bundan başka, en azından büyük ölçüde özdeş olan veya en azından büyük ölçüde özdeş işlevleri olan elemanlar, aynı numara ile gösterilmektedir.

5

Parça Referanslarının Açıklaması

1.Ferromanyetik Kaplama Tabakası

2.Sıvı Deney Düzeneği

10 3.Mikro Robot

4.Altlık

5.Mıknatıs

6.Mikromanipülatör Düzeneği

15 Buluşun Detaylı Açıklaması

Bu detaylı açıklamada, buluşun tercih edilen yapılanmaları, sadece konunun daha iyi anlaşılmasına yönelik olarak ve hiçbir sınırlayıcı etki oluşturmayacak şekilde açıklanmaktadır.

20 Biyomedikal alanda ve çip üstü laboratuvar sistemlerinde kullanılmak üzere, hücre ve yapay mikro partiküllerin konumlandırılmasını veya manipülasyonunu gerçekleştiren bir sistem olup, özelliği;

- mikro robotun (3) alt bölgesine konumlandırılmış; mikro robotun (3); sıvı deney düzeneği (2) içerisinde bulunan sıvı üzerinde dengede kalmasını mıknatıs (5)
- 25 tarafından uygulanan manyetik alan etkisi vasıtasıyla sağlayan bir ferromanyetik kaplama tabakası (1),

içermesidir.

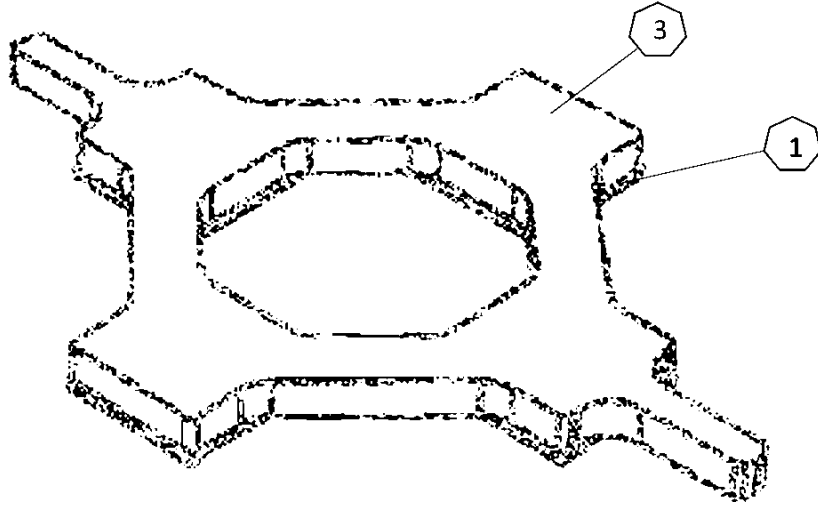
Sıvı deney düzeneği (2) içerisine yüzeyi ferromanyetik kaplama tabakası (1) ile kaplanan mikro robot (3) yerleştirilmektedir.(Bknz. Şekil-2). Ferromanyetik kaplama tabakası (1) ve mikro robot (3) bütünleşik yapıdadır.(Bknz. Şekil-1). Bahsedilen ferromanyetik kaplama tabakası (1) ve mikro robot (3) ortak hareket etmektedir. mikro robotun (3), sistemde kullanılacak sıvı yoğunluğuna eşit ya da daha az bir yoğunluğa sahip, polimer yapıdadır. Altlık (4) kullanarak sıvı deney düzeneği (2) içerisindeki sıvıların sızdırmazlığı sağlanmakta ve

30

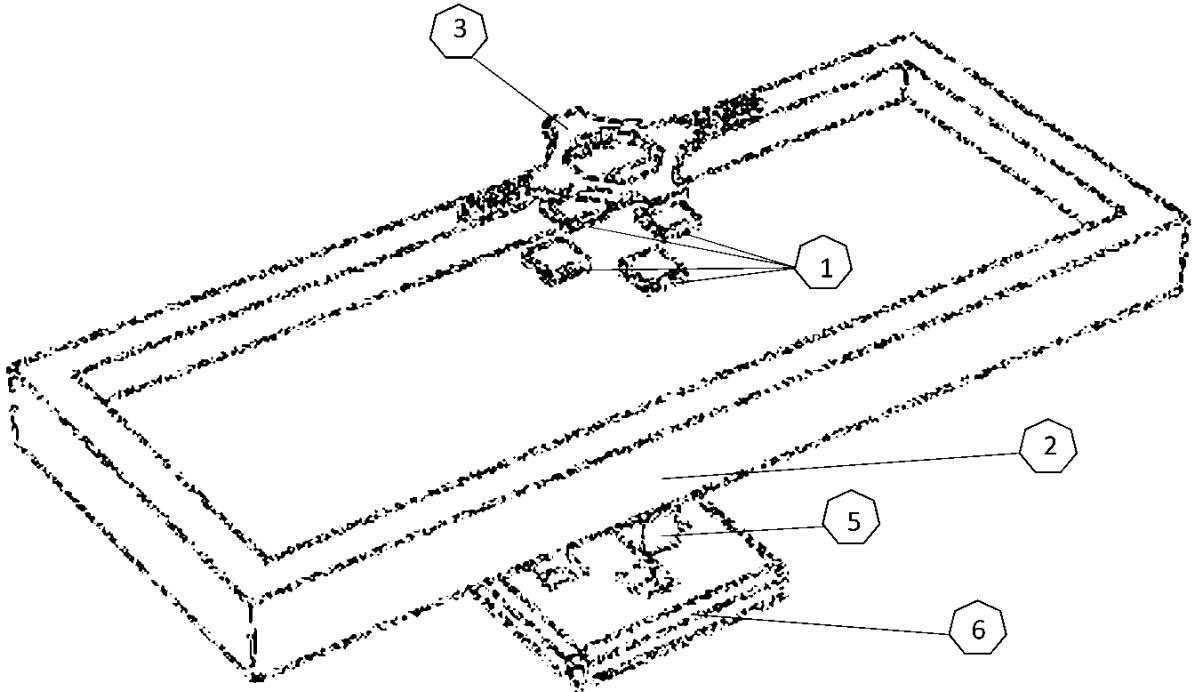
35 mühürlenmektedir.(Bknz. Şekil-3). Mikro robot (3) mıknatısın (5) yaydığı manyetik dalganın

etkisi ile temassız hareket ettirilmektedir. Manyetik alan kuvvetlerinin yerçekimi ile aynı yönlü olan kuvvetleri, sıvının kaldırma kuvvetine zıt bir kuvvet oluşturmaktadır. Bu üç kuvvet dengelenerek, mikro robot (3) sıvı içinde askıda kalmakta ve sıvı deney düzeneği (2) ile etkileşimi kalmamakta, dolayısıyla sürtünme kuvveti sıfırlanmaktadır. Bu sayede sadece
5 manyetik alan kuvvetlerinin paralel etkisi altındaki kuvvetler kullanılarak mikro robot (3) sıvı içerisinde istenilen yöne hareket ettirilmektedir.

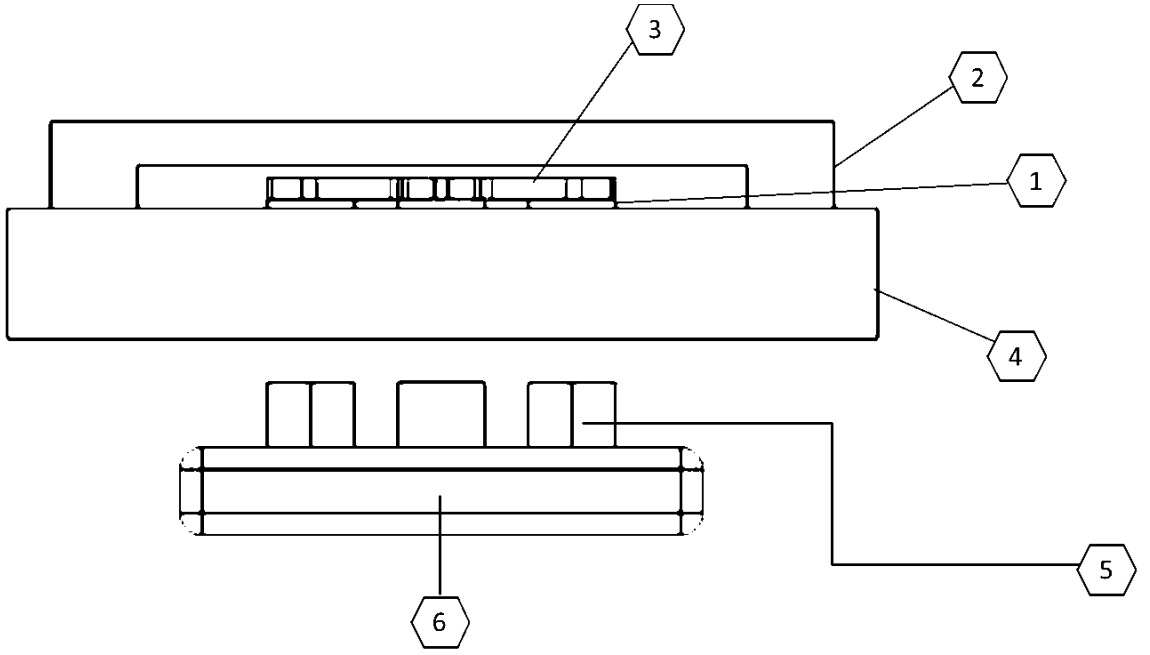
Sıvı deney düzeneğinin (2) alt kısmında bulunan mikromanipülatör düzeneği (6) mıknatıslar (5) ile bütünüdür. Mikromanipülatör düzeneği (6) hareket ederek manyetik alan kuvvetinin
10 yönünü değiştirmekte ve ferromanyetik kaplama tabakası (1) ile kaplanan mikro robot (3) istenilen pozisyona yönlendirilmektedir.



ŞEKİL-1



ŞEKİL-2



ŞEKİL-3