ÖZET

TEK HÜCREDE ÇOKLU BİLGİ DEPOLAMA AMAÇLI FAZ DEĞİŞİM BELLEĞİ

Buluş, en temel halinde bir üst elektrot (2), bir ısıtıcı (3), bir alt elektrot (5) ve en az bir faz değişim alaşımı katmanından (4) oluşan ve heterojen akım dağılımını sağlamak amacıyla ısıtıcı ve/veya üst elektrot ve ısıtıcının (3) herhangi bir köşeli geometrik şekle sahip olduğu ve/veya faz değişim alaşımı katmanları (4) arasında ve/veya ısıtıcı ve faz değişim alaşım katmanı arasında gözenek veya nanodeliklere (pin holes) (9) sahip yalıtkan bir malzemenin (8) kullanıldığı ve/veya en az bir faz değişim alaşımı katmanının (4) heterojen akım dağılımını sağlamak amacıyla düzensiz bir katkılama (10) içerdiği bir faz değişim belleği (1) ile ilgilidir.

İSTEMLER

1. Çoklu bilgi depolamak amacıyla geliştirilen ve en temel halinde;
   –elektrik akım darbesinin uygulandığı en az bir üst elektrot (2) ve en az bir alt elektrot (5),
   –üst elektrotun (2) altında konumlanan en az bir ısıtıcı (3),
   –iletilen ısı ve elektrik akım darbesi sonucunda atom düzenlerinde yapısal değişimin sağlanarak bilginin yazıldığı, ısıtıcı (3) ve alt elektrotun (6) arasında yer alan en az bir faz değişim alaşımı katmanı (4),
   –hücreyi taşımak amacıyla hücrenin en altına yerleştirilmiş en az bir alt katman veya alttaş (6) **içeren** ve
   – tek hücreden oluşması, ve
   –ısıtıcı (3) ve faz değişim alaşımı katmanı (4) arasında heterojen akım dağılımını sağlayacak gözenek veya nanodeliklere (pin holes) (9) sahip yalıtkan bir malzemenin (8) bulunması,
   –**ile karakterize edilen** bir faz değişim belleği (1).

2. Alan izolasyonu (7) sağlamak amacıyla dış yüzeyinin yalıtkan bir malzemeyle kaplı olması **ile karakterize edilen** İstem 1'deki gibi bir faz değişim belleği (1).

3. Birden fazla sayıda faz değişim alaşımı katmanı (4) **ile karakterize edilen** İstem 1'deki gibi bir faz değişim belleği (1).

4. Faz değişim alaşımı katmanlarının (4) boyutunun üst katmana (2) doğru küçülmesi **ile karakterize edilen** İstem 3'teki gibi bir faz değişim belleği (1).

5. Faz değişim alaşımı katmanlarının (4) farklı ya da aynı faz değişim malzemesinden oluşması **ile karakterize edilen** İstem 3'teki gibi bir faz

değişim belleği (1).

6. Amorf fazında camsı özellik gösterebilen kalkojenit alaşımlardan oluşan faz değişim alaşımı katmanları (4) **ile karakterize edilen** İstem 5'teki gibi bir faz değişim belleği (1).

7. GeTe, InSbTe, SbTe, GeSbTe gibi kalkojenit alaşımlardan en az birini içeren faz değişim alaşımı katmanları (4) **ile karakterize edilen** İstem 6'daki gibi bir faz değişim belleği (1).

8. Heterojen akım dağılımını sağlayacak gözenek veya nanodeliklere (pin holes) (9) sahip yalıtkan bir malzemenin (8) faz değişim alaşımı katmanlarının (4) arasında ve/veya ısıtıcı (3) ve faz değişim alaşımı katmanı (4) arasında bulunması **ile karakterize edilen** İstem 1'deki gibi bir faz değişim belleği (1).

TARİFNAME
TEK HÜCREDE ÇOKLU BİLGİ DEPOLAMA AMAÇLI FAZ DEĞİŞİM BELLEĞİ

Teknik Alan

Buluş, bir veya daha fazla faz değişim alaşımı katmanında heterojen bir akım dağılımı elde ederek ara mantık seviyelerinin oluşturulduğu tek hücrede çoklu bilgi depolama amaçlı bir faz değişim belleği teknolojisi ile ilgilidir.

Önceki Teknik

Günümüzde bilgi depolama teknolojileri malzemelerin elektrik, optik ve manyetik olmak üzere üç temel fiziksel özelliğine dayandırılmaktadır. Basit bir kapasitörde yük depolanması prensibine dayalı flash bellek, optik dalgaboylarında yansıtma katsayısının değişimi ile kodlanan DVD, manyetik ince filmlerin bölgesel yönelimleri ile veriyi kodlayan harddisk örnek olarak verilebilir. Bu teknolojiler yaygın bir şekilde kullanılmasına rağmen, veri depolama yoğunluğunun artışı için ön koşul olan ölçeklenebilirlik açısından kendilerine özgü fiziksel kısıtlamalara sahiptirler. Örneğin flaş belleğinde yük sızıntısı, sabit disklerde süper paramanyetizma (bitlerin küçüldükçe termal salınımların etkisiyle manyetik kararlılığını yitirmesi) en temel fiziksel sınırlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu fiziksel bariyerleri aşmak amacıyla öne sürülen güçlü alternatif teknolojilerden biri de faz değişim bellek (Phase change memory- PCM) teknolojisidir. PCM teknolojisi DVD, CD gibi mevcut optik yazıcı/okuyucu ürünlerde kullanılıyor olsa da bu aygıtlarda veri depolama ünitesinin boyutları kullanılan lazerin dalga boyu ve/veya optik düzenek ile sınırlıdır. Bu teknolojide faz değişim maddesi olarak GeTe, InSbTe, SbTe, GeSbTe gibi amorf fazında camsı özellik gösterebilen kalkojenit alaşımlar kullanılır ve amorf veya kristal fazları arasındaki geçiş lazer darbeleriyle sağlanır. Faza bağlı olarak optik yansıtma oranının yüksek/düşük olmasına göre 0 ve 1 mantık seviyeleri belirlenir. Günümüzde en gelişmiş optik veri depolama teknolojisi blue-ray disklerde 405 nm (mor) dalga boyuna kadar inilebilmiştir.

Elektriksel yazılıp okunabilen faz değişim belleği amorf ve kristal haller arasındaki yüksek direnç farkından faydalanır. Bu iki hal arasındaki geçiş bir elektriksel voltaj ya da akım darbesi ile tetiklenir ve amorf ve kristal haller için 0 ve 1 mantık seviyeleri belirlenir. Var olan teknolojilerde ortalama okuma ve yazma süreleri mili-mikro saniye seviyesiyle sınırlı olup ölçeklendirmede fiziksel limitleri ve enerji gereksinimleri yüksektir. Faz değişim belleği teknolojisi ise hem nanosaniye mertebesinde hızlı anahtarlama hem de bilinen bir fiziksel ölçeklendirme limiti olmayışı sayesinde düşük akım darbeleriyle enerji-verimli okuma-yazma sağlayabilmektedir. Tüm bu avantajları sayesinde gelecek ultra-yoğun veri depolama uygulamaları için yüksek ticarileşme potansiyeli ile ön plana çıkmaktadır. Ayrıca verilerin okuma/yazma döngü limitleri mevcut bazı teknolojilerde 10^4-10^6 mertebesindeyken, buna karşılık PCM belleklerde 10^{10}'a kadar ulaşabilmektedir. Veri okuma/yazmada en uzun döngülü ve nanosaniye mertebesinde okuma-yazma süresiyle DRAM teknolojisi maalesef elektrik gücü kapatıldığında depoladığı veriyi kaybetmektedir (uçucudur). PCM teknolojisinde depolanan veriler uçucu değildir (non-volatile).

Bu patentte söz konusu faz değişim belleği (PCM) nano yapılarında var olan 0 ve 1 mantık seviyelerinin yanında ara mantık seviyelerinin kararlı ve kontrollü olarak oluşturulabilmesine yönelik bir aygıt tasarımı önerilmektedir. Literatürde bulunan bazı çalışmalarda; N eklenmiş GST[1] (Ge2Sb2Te5 en çok çalışılan faz değişim alaşımlarından olup literatürde GST olarak anılmaktadır), Se katkılı GeSb[2] ve Ga2Te2Sb5 çalışmalarında[3] ara mantık seviyesine sahip olabileceğine dair olasılıklardan bahsedilmesine rağmen bu çalışmalarda tüm mantık seviyeleri arasındaki direnç oranları pratik uygulamalar için istenen değerlerin altında kalmıştır. Bunların yanı sıra, GST üzerine farklı faz değişim alaşımlarından yapılan ince film katmanlar eklemek suretiyle ara mantık seviyesine sahip aygıt üretimi için aday olarak düşünülebileceklerine dair çalışmalar bulunmaktadır (Sb_2Te_3 /Ge_2Sb_2

[1] B. Liu, T. Zhang, J. Xia, Z. Song, S. Feng and B. Chen, Semcond. Sci. Technol., **19**, L61-L64 (2004)
[2] Y. Gu, A. Song, T. Zhang, B. Liu, S. Feng, Solid-State Electronics, **54** (2010)
[3] K.F.Kao, C.M. Lee,, M.J. Chen, M.J. Tsai and T.S. Chin, Adv. Mater., **21**, 1695-1699 (2009)

Te_5 [4-5], GeTe/Ge_2 Sb_2 Te_5 [6] ve InSe/Ge_2 Sb_2 Te_5 [7]). Ancak söz konusu çalışmalarda çok katmanlı ve farklı programlama parametrelerine sahip faz değişim alaşımları kullanılmakta ve/veya farklılaşma için bu ince filmlere ve ara yüzlere katkılama yapılmak suretiyle aygıtların yapıları kompleks hale getirilmektedir.

2008 yılına ait bir makalede ise kompleks bir aygıt tasarımı yerine sadece üst elektrotun kontak şekli değiştirilerek faz değişim belleği katmanlarında ara faz direnç seviyelerinin oluşturabileceği anlatılmaktadır. Ancak bu makalede deneysel ölçüm sonuçları açıklanan aygıt tek bir faz değişim alaşımı katmanı içerdiğinden tek hücrede çoklu veri depolanmasını sağlayamamaktadır.[8] Bu sebeple faz değişim belleği teknolojisinde hem üretimi kolay ve basit bir yapıya sahip hem de çoklu veri depolanmasına olanak tanıyacak yeni aygıt tasarımlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Günümüzde veri depolama yoğunluğunun/kapasitesinin artması, okuma/yazma hızlarının yükseltilmesi ve verilerin kalıcı olması konusundaki ihtiyaçlar hızla artmaktadır. Bu nedenle mevcut teknolojilerin iyileştirilmesine ve yeni teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Buluşun Kısa Açıklaması

Buluşun amacı, bir PCM aygıtında faz değişim alaşımı katmanında veya katmanlarında heterojen bir akım dağılımını sağlayacak herhangi bir yapı kullanılarak ara mantık seviyelerinin oluşturulduğu tek hücrede çoklu bilgi depolama amaçlı bir faz değişim belleği gerçekleştirmektir.

Buluşun diğer amacı söz konusu heterojen akım dağılımına ve bunun yaratacağı ara direnç seviyelerine ulaşabilmek için faz değişim alaşımı katmanına akım aşılayacak üst katmanın aynı veya farklı köşeli geometrilerde ve daha küçük boyutlarda olması

---

[4] F. Rao, Z.T. Song, L.C. Wu, B. Liu and S.L. Feng and B. Chen, Appl. Phys. Lett., **91**, 123511 (2007)
[5] F. Rao, Z.T. Song, M. Zhong, L.C. Wu, et al., Jpn. J. Appl. Phys., **46**, L25 (2007)
[6] S.H. Hong, H. Lee, K.I. Kim, Y. Choi and Y.K. Lee, Jpn. J. Appl. Phys., **50**, 081201 (2011)
[7] S.H. Hong, H. Lee, Y. Choi and Y.K. Lee, Current Appl. Phys., **11**, 5, S16- S20 (2011)
[8] O. Ozatay, B. Stipe, J. A. Katine, and B. D. Terris J. Appl. Phys. 104, 084507 (2008)

ve/veya katmanlar arasında gözenek veya nanodeliklere (pin holes) sahip yalıtkan bir malzemenin kullanılması ve/veya faz değişim alaşım katmanının veya katmanlarının düzensiz bir dağılımla katkılanması (non-uniform doping) yoluyla bölgesel direnç modifikasyonlarının elde edildiği bir faz değişim belleği gerçekleştirmektir.

Buluşun diğer bir amacı ise, amorf ve kristal fazları arasında yüksek kontrastlı direnç seviyelerinin elde edildiği ve tek hücrede birden fazla bitin (mantık seviyesi) kaydedilebildiği bir faz değişim belleği gerçekleştirmektir.

Buluşun Ayrıntılı Açıklaması

Bu buluşun amacına ulaşmak için gerçekleştirilen "Faz değişim belleği" ekli şekillerde gösterilmiş olup, bu şekillerden:

Şekil 1 - Buluş konusu örnek bir faz değişim belleğinin yanal kesit şematik çizimidir.

Şekil 2 - Buluş konusu örnek bir faz değişim belleğinin üst ve alt kontaklar arasındaki katmanlarının tepeden görünüşünün şematik çizimidir.

Şekil 3 - Buluş konusu gözenekli yalıtkan katman içeren örnek bir faz değişim belleğinin yanal kesit şematik çizimidir.

Şekil 4 – Buluş konusu düzensiz katkı malzemesi içeren örnek bir faz değişim belleğinin yanal kesit şematik çizimidir.

Şekillerdeki parçalar tek tek numaralandırılmış olup, bu numaraların karşılıkları aşağıda verilmiştir:

1. Faz değişim belleği
2. Üst elektrot (kontak)
3. Isıtıcı
4. Faz değişim alaşımı katmanı
5. Alt elektrot (kontak)
6. Alttaş (substrate) veya alt katman
7. Alan izolasyonu,

8. Yalıtkan katman
9. Nano-delikler/Gözenekler
10. Düzensiz katkı malzemesi

Tek hücrede çoklu bilgi depolamak amacıyla geliştirilen buluş konusu faz değişim belleği (1) en temel halinde;

- elektrik akım darbesinin uygulandığı en az bir üst elektrot (2) ve en az bir alt elektrot (5),
- üst elektrotun (2) altında konumlanan en az bir ısıtıcı (3),
- iletilen ısı ve elektrik akım darbesi sonucunda atom düzenlerinde yapısal değişimin sağlanarak bilginin yazıldığı, ısıtıcı (3) ve alt elektrot (5) arasında bulunan en az bir faz değişim alaşımı katmanı (4),
- faz değişim belleğini (1) taşımak amacıyla belleğin (1) en altına yerleştirilmiş en az bir alttaş veya alt katman (6) içermektedir.

Buluşun tercih edilen uygulamasında; faz değişim belleğinin (1) dış yüzeyi alan izolasyonunu (7) sağlamak amacıyla yalıtkan bir malzemeyle kaplıdır.

Buluşun tercih edilen uygulamasında; aynı veya birbirinden farklı faz değişim alaşımından oluşan birden fazla katman (4) bulunmaktadır.

Buluşun tercih edilen uygulamasında, heterojen akım dağılımını sağlamak amacıyla;

- faz değişim alaşımını içeren katmanlara (4) akım taşıyan ısıtıcı (3) ve/veya üst elektrot (2) herhangi bir köşeli geometrik şekle sahiptir, ve/veya
- ısıtıcı (3) ve faz değişim alaşımı katmanı (4) arasında ve/veya faz değişim alaşımı katmanları arasında gözenek veya nanodeliklere (pin holes) (9) sahip yalıtkan bir malzeme (8) bulunmaktadır, ve/veya
- en az bir faz değişim alaşımı katmanı (4) düzensiz katkılama (10) içermektedir.

Buluşun tercih edilen uygulamasında; faz değişim alaşımı katmanlarının (4) boyutu

en üst elektrot (2) hariç üst katmana doğru küçülmektedir.

Buluş konusu faz değişim belleğinde (1) bulunan faz değişim alaşımı katmanları (4) farklı ya da aynı faz değişim malzemesini içerebilir. Buluşun tercih edilen uygulamasında faz değişim alaşımı katmanları (4) amorf fazında camsı özellik gösterebilen kalkojenit alaşımlardan oluşan faz değişim malzemelerini içermektedir. Buluşun bir uygulamasında; faz değişim alaşımı katmanları (4) GeTe, InSbTe, SbTe, GeSbTe malzemelerinin en az birinden oluşmaktadır.

Buluşun tercih edilen uygulamasında; üst elektrot (2) ile birlikte, ısıtıcı (3) ve faz değişim alaşımı katmanları (4) heterojen akım dağılımını sağlayacak herhangi bir köşeli geometrik şekle sahiptir. Üst elektrot (2), ısıtıcı (3) ve faz değişim alaşımı katmanları (4) kare, dikdörtgen, beşgen, altıgen gibi herhangi bir köşeli geometrik şekle sahip olabilmektedir.

Buluşun Şekil 2'de gösterilen örnek bir uygulamasında; heterojen akım dağılımını sağlayacak ısıtıcının (3) şekli altıgen ve ısıtıcının (3) altındaki ilk faz değişim belleği katmanının (4) şekli ise karedir.

Buluşun tercih edilen uygulamasında; heterojen akım dağılımını sağlayacak aynı veya farklı genişlikte gözenek ve nanodeliklere (pin holes) (9) sahip yalıtkan malzeme (8) faz değişim alaşımı katmanlarının (4) arasında ve/veya ısıtıcı (3) ve faz değişim alaşımı katmanı (4) arasında bulunmaktadır.

Buluşun tercih edilen uygulamasında; heterojen akım dağılımını sağlayacak düzensiz katkılamaya (10) sahip bir veya birden fazla faz değişim alaşım katmanı (4) bulunmaktadır.

Buluş konusu faz değişim belleğinde (1) faz değişim alaşımı katmanlarındaki (4) atom düzenlerinde yapısal değişim yoluyla tek bir hücrede amorf, kristal ve heterojen yapı olmak üzere en az 3-direnç seviyesi elde edilmektedir. Çift katmanlı

bir geleneksel PCM yapısında veriyi 4 muhtemel ikili kodla (11, 10, 01, 00) temsil etmek mümkündür. Böylelikle tek hücrede 2-bit depolanabilmektedir. Önceki tekniğin aksine buluş konusu çift katmanlı (4) örnek PCM hücre tasarımı 9 farklı direnç seviyesine (Tablo-1) el verirken (111, 110, 100, 101, 011, 010, 100, 001, 000), bunlardan "100" ile belirtilen mantık seviyelerinden biri dikkate alınmaz. Bu şekilde tek hücrede 3-bit kayıt mümkün olmaktadır.

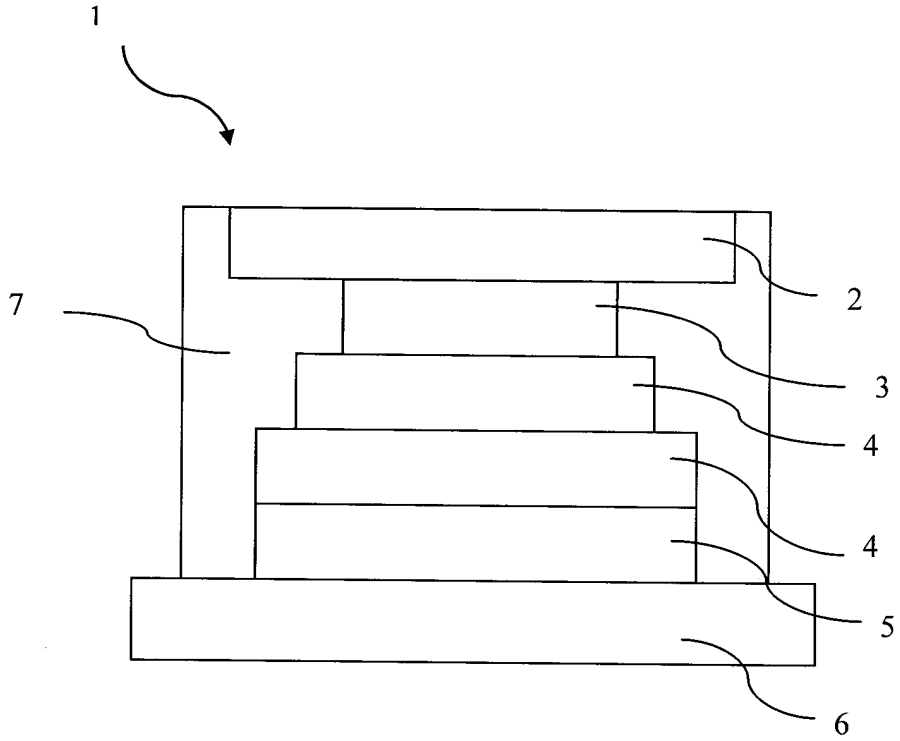
Tablo 1. Çift katmanlı (4) bir faz değişim belleğinde (1) oluşabilecek farklı direnç seviyeleri (K: Kristal, A: Amorf, I: Kristal ve Amorf fazların birlikte bulunduğu Ara Faz) ve bunlara karşılık gelen örnek mantık seviyeleri

1. Faz değişim alaşımı katmanı (4)	**2. Faz değişim alaşımı katmanı (4)**	**PCM Hücresi**	**Mantık seviyeleri**
K1	K2	K1 K2	111
K1	I2	K1 I2	110
K1	A2	K1 A2	100
I1	K2	I1 K2	101
I1	I2	I1 I2	011
I1	A2	I1 A2	010
A1	K2	A1 K2	100
A1	I2	A1 I2	001
A1	A2	A1 A2	000

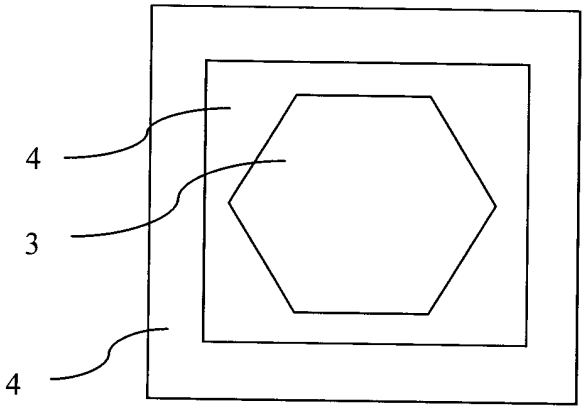
Faz değişim alaşımı katmanlarının (4) sayısı arttırılarak tek hücreye daha fazla bit sığdırılabilir. Örneğin üç faz değişim alaşımı katmanlı (4) aygıtlarda 27 tane direnç seviyesi bulunur (on bir tanesi ihmal edilir) ve hücre 4-bit'tir. Benzer olarak dört katmanlı (4) bir aygıt 81 direnç seviyesi içerir ve hücre 6-bit'tir.

Buluş konusu faz değişim belleği hücresine (1) bilgi yazmak için hücreye nano-saniye mertebesinde bir elektrik akım darbesi uygulanır. Akım darbesinin

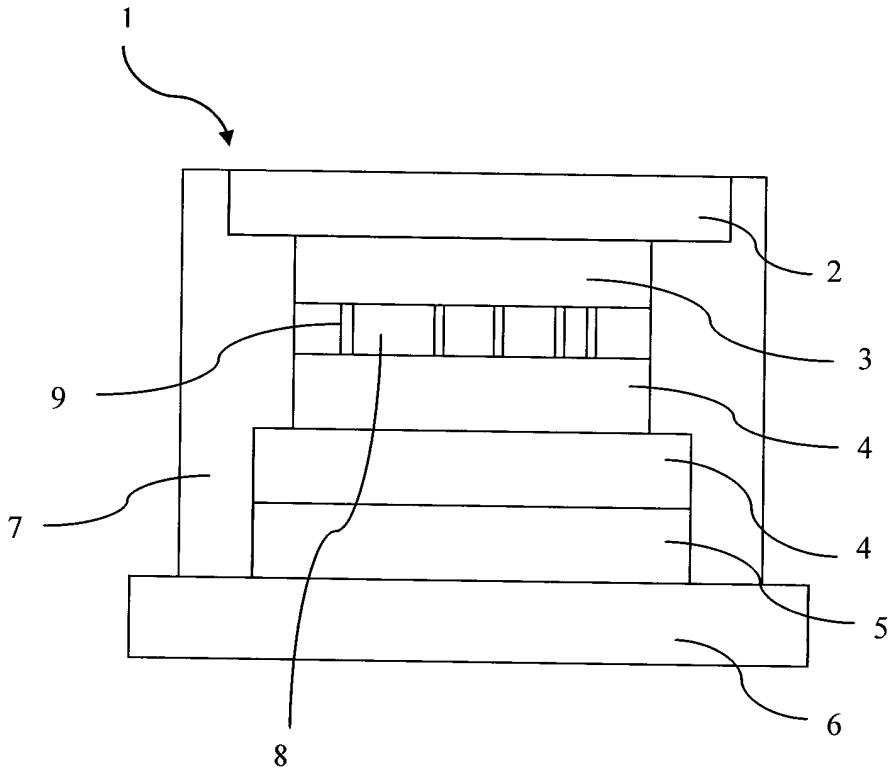
büyüklüğü, uzunluğu ve şekli hücrenin son direnç seviyesini belirler. Her bir faz dağılımı bir direnç seviyesine denk düşer ve dolayısıyla faz değişimine yol açmayacak kadar küçük genlikte bir akım darbesiyle direnç ölçümü yoluyla tespit edilebilir.



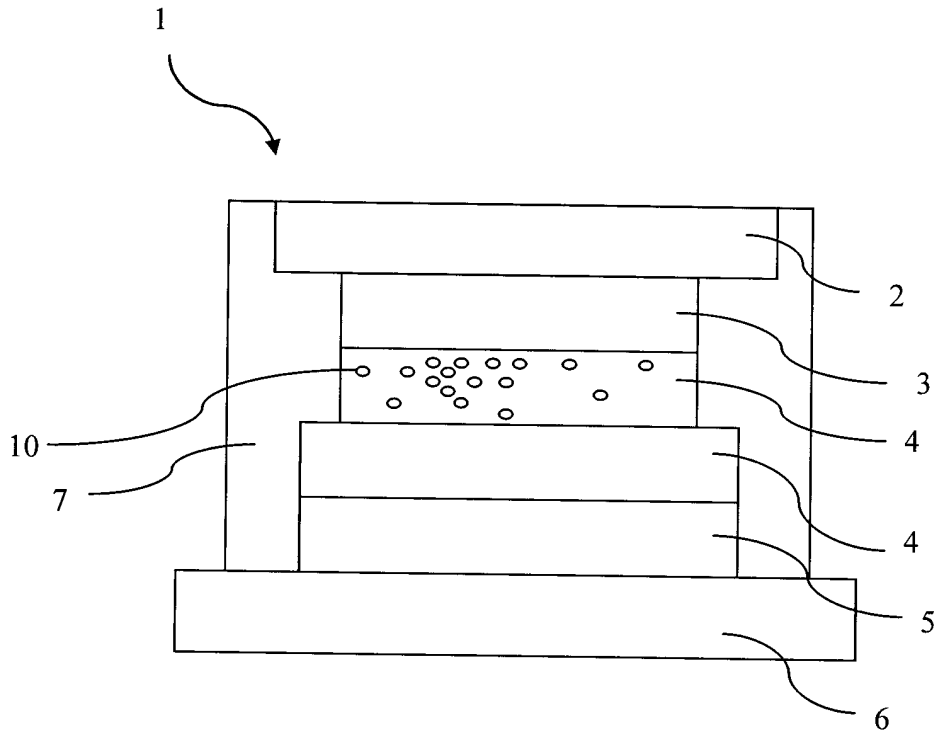
Şekil 1



Şekil 2



Şekil 3



Şekil 4