ÖZET

BİR T-GEOMETRİK ŞEKİLLİ KAPI FABRİKASYON YÖNTEMİ

Bu buluş, yüksek elektron mobiliteli transistörler için kapı fabrikasyon yöntemi ile ilgili olup, özellikle bir yüksek elektron mobiliteli transistör için geliştirilen ve yüzeye tamamen yapışmasına olanak sağlayacak küçük kapı ayağı (9) genişliğine sahip olan bir T-geometrik şekilli kapı (7) fabrikasyon yöntemi ile ilgilidir.

İSTEMLER

1. Bir yüksek elektron mobiliteli transistör için geliştirilen ve yüzeye tamamen yapışmasına olanak sağlayacak küçük kapı ayağı (9) genişliğine sahip olan buluş konusu T-geometrik şekilli kapı (7) fabrikasyon yönteminin özelliği;
    - Bir silisyum karbür (SiC) temelli alttaş (1), bir galyum nitrat (GaN) tampon katmanı (2), bir alüminyum galyum nitrat ($Al_{1-x}Ga_xN$) bariyer katmanı (4) ve söz konusu tampon katmanı (2) ile bariyer katmanı (4) arasında oluşan iki boyutlu elektron gazından (2DEG) (3) oluşan bir yarıiletken (11) elde edilmesi,
    - Adı geçen yarıiletken (11) üzerinde kaynak (5) ve akaç (6) olmak üzere ohmik kontaklar oluşturulması,
    - Elde edilen yarıiletken (11) aseton (CH_3COCH_3), alkol ($CH_3CH(OH)CH_3$), kuru hava ve ultrasonik titreştirici yardımıyla temizlenmesi,
    - Elektron demeti litografisi için yüksek çözünürlük sağlayan yüksek çözünürlüklü fotodirenç malzemesinin dönel kaplama sisteminde belli bir hızda döndürülerek, kaynak (5) ve akaç (6) elde edilmiş olan yarıiletkenin (11) üzerine birinci polimer tabanlı ince film fotodirenç tabakası (10) kaplanması,
    - Kaplanan birinci polimer tabanlı ince film fotodirenç tabakası (10) ilk olarak, fotodirenç malzemesininin oluşturan çözücünün bir kısmını buharlaştırmak için pişirilmesi, ardından elektron demeti ile pozlanması ve içerisinde kapı ayağı (9) oluşturulacak olan kapı ayağı açıklığını (12) oluşturmak için bir banyolama çözeltisinin içinde bekletilerek, banyolanması,
    - Kapı (7) kontağı yapısı oluşturmak üzere elde edilen kapı ayağı açıklığının (12) içine sırasıyla nikel (Ni) ve altın (Au) metallerini içeren kapı ayağı metal yığını (13) kaplanması,
    - Kapı ayağı metal yığınının (13) altında kalan birinci polimer tabanlı ince fotodirenç tabakası (10), aseton (CH_3COCH_3) yardımıyla çözünmesi ve bu çözünme sırasında, kapı ayağı metal yığınının (13) üzerinde kalan kısmınlarının kaldırılması sayesinde kapı ayağı (9) oluşturulması,
    - Oluşturulan kapı ayağının (9) ve kaynak (5) ve akaç (6) olmak üzere ohmik kontakların yüzey yalıtımını sağlamak üzere bir silisyum nitrür (Si_3N_4) dielektrik katmanı (14) kaplanması,

- Bu Si_3N_4 dielektrik katmanının (14) üzerine dönel kaplama sisteminde belli bir hızda döndürülerek ikinci polimer tabanlı ince film fotodirenç tabakasının (15) kaplanması, yeniden hizalanması, elektron demeti ile pozlanması ve banyolanması,
- İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma reaktif iyon aşındırma (ICP-RIE) sisteminde kuru aşındırma yapılarak kapı ayağına (9) kadar inecek olan açıklığın (16) elde edilmesi ve ikinci polimer tabanlı ince film fotodirenç tabakasının (15) aseton (CH_3COCH_3) içinde bekletilerek kaldırılması,
- Dönel kaplama sisteminde bir fotodirenç tabakası (17) kaplanır ve yeniden hizalama, elektron demeti ile pozlama ve son olarak banyolama yapılarak kapı kafası açıklığının (18) oluşturulması,
- Oluşturulan bu kapı kafası açıklığına (18) tercihen altın (Au) malzemesi ile kapı kafası metali tabakasının (19) kaplanması ve kaldırma işlemleri yapılarak elde edilmiş olan kapı ayağının (9) üzerinde kapı kafasının (8) oluşturulması sayesinde T-geometrik şekilli kapının (7) elde edilmesi

işlem adımlarından oluşmasıdır.

2. İstem 1'e uygun bir T-geometrik şekilli kapı (7) fabrikasyon yöntemi olup özelliği, adı geçen yarıiletkenin (11) metal organik kimyasal buhar biriktirme yöntemi (MOKBB) ile elde edilmesidir.

TARİFNAME

BİR T-GEOMETRİK ŞEKİLLİ KAPI FABRİKASYON YÖNTEMİ

İlgili Teknik Alan

Bu buluş, yüksek elektron mobiliteli transistörler (YEMT) için kapı fabrikasyon yöntemi ile ilgili olup, özellikle bir yüksek elektron mobiliteli transistör için geliştirilen ve yüzeye tamamen yapışmasına olanak sağlayacak küçük kapı ayağı genişliğine sahip olan bir T-geometrik şekilli kapı fabrikasyon yöntemi ile ilgilidir.

Tekniğin Bilinen Durumu

Yüksek frekansta çalışabilen transistörlerde, küçük olması ve üzerinden geçen akıma bağlı olarak düşük dirençli bir yapıya sahip olması bakımından T-geometrik şekilli kapı yapısı tercih edilmektedir. Transistörün yüksek frekanslarda çalışması sırasına yüksek kazanç değerleri istenmesi halinde, kapı kontağının yüzeye değdiği kapı genişliğinin olabildiğince küçük olması gerekmektedir. Ancak fazla küçük kapı genişliğine sahip olan T-geometrik şekilli transistör kapısı fabrikasyonlarında; kapı kafasını taşıyamama, T-kapısının kopması, kapı ayağının yüzeye iyi yapışamaması gibi sorunlarla karşılaşılmaktadır. Transistörlerde bulunan kapıları, küçük kapı genişliğinde elde etmek için çok yüksek çözünürlük sağlayacak litografiler yapmak gerekmektedir. Bunun için yaygın olarak optik litografi kullanılmaktadır. Ancak görece küçük olan kapı genişliklerinde, optik litografi ile sağlanan çözünürlük yeterli gelmemekte olup, bundan dolayı küçük kapı genişliğine sahip yüksek frekanslarda çalışmak üzere elde edilen T-geometrik şekilli kapı içeren transistörlerde ilgili kapı kontaklarına ilişkin litografi işlemlerinde yaygın olarak elektron demeti litografisi kullanılmaktadır. Bu litografi işlemine uygun, yüksek çözünürlüklü birden çok sayıda elektron demeti litografisi için polimer tabanlı fotodirenç malzemeleri seçilmekte ve bu fotodirenç malzemeleri yarıiletkenin üzerine uygun ve farklı parametrelere sahip ince film tabakası ya da tabakaları halinde kaplanmaktadır. Elektron demeti litografisinde kullanılan fotodirenç tabakasının yüksek çözünürlük sağlayabilmesi, kapı genişliği parametresinin de yüksek frekans uygulamalarına yönelik olarak mümkün olduğunca küçük olması sonucunu doğurmaktadır.

Günümüzde T-geometrik şekilli kapı yapısı üretiminde yaygın olarak kullanılan iki farklı yöntem bulunmaktadır. Bunlardan biri üç farklı fotodirenç tabakasının kaplanması, ardından elektron demeti litografisini uygulanmasını içeren bir yöntemdir. Bu yöntem ile elde edilen T-geometrik şekilli kapının, bu üç farklı direnç tabakası tarafından desteklenerek durması sağlanmaktadır. Tekniğin bilinen durumunda yer alan US8435875 B1 yayın numaralı patent dökümanında da bu yöntem ile T-geometrik şekilli kapı üretimi anlatılmaktadır. Bu yöntemde üç farklı fotodirenç tabakası kullanılarak T-geometrik şekilli kapı oluşturulduğu belirtilmekte olup, bu üç farklı fotodirenç tabakası, elde edilecek olan kapı şeklinin oluşması için şablon olarak kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemin; litografi sırasında birden fazla fotodirenç tabakasının üst üste kaplanması ve buna bağlı olarak yapılacak litografi işlemlerinin çok sayıda olması, belli bir açıda pozlama yapılması gereksinimi, banyolama sırasında her bir fotodirenç tabakasının elde edildiği malzemeye bağlı olarak farklı bir banyolama oranında olması zorunluluğu gibi bir takım dezavantajları bulunmaktadır. Bununla birlikte aşağıda ayrıntılı açıklaması yer alan buluş kapsamında anlatılan yöntemde önce yüzeye tamamen yapışması sağlanan T-geometrik şekilli kapı ayağının üretilip, üzerine bir dielektrik tabaka kaplanması ve bu dielektrik tabakanın aşındırılması sonucu kapı kafasının bunun üzerine oluşturulması anlatılmaktadır. Başka bir deyişle, üç farklı direnç tabakası içeren yöntemden farklı olarak, elde edilecek olan kapı şeklinin oluşması için şablon olarak söz konusu dielektrik tabakası kullanılmaktadır. Dolayısıyla mevcut buluş ile US8435875 (B1) oldukça farklıdır. Buna ek olarak başvuru konusu buluşta, kapı ayağı üretilirken bir adet fotodirenç tabakası işleme tabi tutulduğundan üç farklı fotodirenç tabakasına litografi işlemi uygulanan bu yöntemde karşılaşılabilecek litografi zorlukları ve sorunları en aza indirilmektedir.

T-geometrik şekilli kapı yapısı üretiminde yaygın olarak kullanılan bir diğer yöntem de önce bir dielektrik katmanı kaplanmasını ve bu dielektrik katmanının aşındırılmasını içeren bir yöntem olup, bu yöntem ile elde edilen T-geometrik şekilli kapının, bu dielektrik katman tarafından desteklenerek durması sağlanmaktadır. Bu yöntemde; yüzeye kaplanan dielektrik katmanının üzerine yapılan T-kapı ayağı litografisindeki fotodirenç tabakası açıklıkları, aşındırma şablonu olarak kullanılır ve dielektrik katmanı, kapı genişliği boyutunda ve kapı ayağının yüksekliği kadar aşındırılır. Bu noktada en-boy oranı büyük önem taşımaktadır. Söz konusu en-boy oranı ne kadar düşük olursa, aşındırma hassasiyeti ve performansı o kadar az olur. Ancak yüksek frekanslarda yüksek verimle çalışması istenen transistörlerde bu en—boy oranı oldukça küçüktür. Bundan dolayı, kaplanmış olan dielektrik katmanı yarıiletkenin yüzeyine kadar tam olarak aşındırılamayabilir. Bu da önceki

teknikte en sık karşılaşılan problem olan kapı ayağı metalinin yüzeye tam olarak yapışmama probleminin ortaya çıkmasına neden olur.

EP0991113 A2 yayın numaralı Avrupa patent başvurusunda T-geometrik şekilli kapının; bir alttaş üzerine öncelikli olarak bir dielektrik katmanının kaplanması ve uygun litografi işlemiyle T-geometrik şekilli kapı yapısının kafa ve ayak bölgelerini açığa çıkaracak şablonların oluşturulması ve bu şablonlar yardımıyla kafa ve ayak bölgelerinin geleceği açıklıkların aşındırılması işlemlerini içeren bir yöntem anlatmaktadır. Bu yöntemde anlatılan dielektrik katmanının aşındırılması sırasında; aşındırılan malzemenin dibinde, işlemin doğası gereği yeniden dielektrik oluşma ve yapışma probleminin görülme olasılığı yüksektir. Bu da metal olarak kaplanan kapı ayağının yarıiletken alttaş üzerine tam olarak yapışamaması sorunu şeklinde ortaya çıkabilmektedir. Aşağıda ayrıntılı açıklaması verilen buluşta ise öncelikli olarak küçük bir kapı genişliğine sahip kapı yapısının litografisi, metal kaplama ve metal kaldırma işlemleri yapılmaktadır. Dielektrik katmanı ise bu T-geometrik şekilli kapı ayağının üzerine kaplanmakta olup, kapı kafası için ilgili litografi ve aşındırma işlemleri bundan sonra yapılmaktadır. Karşılaştırmalı olarak açıklanan yöntem farklılığından dolayı, başvuru konusu buluş yukarıda açıklaması verilen patent başvurusundan oldukça farklıdır.

Tekniğin bilinen durumunda kapı kafası metalinin, hiçbir destekten faydalanılmadan doğrudan kapı ayağının üzerinde havada durduğu çok sayıda yöntem de bulunmaktadır. Ancak, kapı kafasının ağır gelip, yere çökmesi ve yüzey yalıtılımının olmaması gibi etkenler nedeniyle, günümüzde tercih edilmemektedir.

Buluşun Amacı ve Buluşun Kısa Açıklaması

Buluşun amacı küçük kapı ayağı genişliğine sahip yüksek elektron mobiliteli transistördeki T-geometrik şekilli kapının yüzeye yapışma problemini ortadan kaldırmaktır.

Buluşun bir başka amacı üretim açısından daha kolay ve pratik bir yöntem geliştirmektir.

Bu buluşun diğer amacı ise kapı kontağının elektriksel direncini azaltacak şekilde bir kapı fabrikasyonu sağlamaktır.

Bu buluşta öncelikle kapı genişliğini belirleyecek olan kapı ayağı üretilir. Başvuru konusu buluşta anlatılan T-geometrik şekilli kapı temel olarak kapı kafasından ve kapı

ayağından oluşmaktadır. Yüksek frekans uygulamaları için tercih edilen T-geometrik şekilli kapının, kapı ayağı genişliği çalışılan frekans ile doğrudan ilişkilidir. Kapı ayağı genişliği küçüldükçe, buna bağlı olarak daha yüksek frekanslarda kazanç elde edilebilir. Ancak küçük kapı ayağı genişliğine sahip bir kapının üzerinden geçen akım, fazla miktarda direnç maruz kalır. Bu direnci düşürebilmek için söz konusu kapı ayağı üzerinde bir kafa bölgesi oluşturulur. Bu kapı kafasının genişliği, söz konusu direnç değerinin daha düşük olması için kapı ayağı genişliğine göre daha fazladır. Bu buluşta anlatılan yöntemin tekniğin bilinen durumunda yer alan yöntemlerden en temel farkı, ilk olarak yüksek çözünürlüklü bir elektron demeti litografisi için kaplanan birinci polimer tabanlı fotodirenç tabakasının yardımıyla T-geometrik şekilli kapı için kapı ayağı şablonunun çıkarılmasıdır. Oluşturulan kapı ayağı şablonundan yararlanılarak sırasıyla metal kaplama ve metal kaldırma işlemleri yapılıp, kapı genişliğini belirleyecek olan T-geometrik şekilli kapının ayağı oluşturulur. Bu sayede, kapı ayağının yarıiletken yüzeyine tamamen yapışmasını sağlayan bir yöntem ve tekniğe üretilebilirlik açısından kolaylık sağlayan bir yöntem kazandırılmış olur.

Buluşu Açıklayan Şekillerin Tanımları

Bu buluş ile geliştirilen T-geometrik şekilli kapı fabrikasyon yöntemine ilişkin örnek uygulamalar ekli şekillerde gösterilmiş olup bu şekillerden:

Şekil - 1. Başvuruda anlatılan yarıiletkenin epitaksiyel yapısına ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 2. Akaç ve kaynak ohmik kontakları tamamlanmış yarıiletkene ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 3. Birinci polimer tabanlı ince fotodirenç tabakası kaplama işlem adımına ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 4. Birinci polimer tabanlı ince fotodirenç tabakasında elde edilen kapı ayağı açıklığına ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 5. Kapı ayağı metal yığını kaplamasına ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 6. Kapı ayağına ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 7. SiN dielektrik katmanı kaplamasına ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 8. İkinci polimer tabanlı ince fotodirenç tabakası kaplama işlem adımına ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 9. Si_3N_4 dielektrik katmanının aşındırılması ile kapı ayağına kadar inen açıklığa ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 10. Elde edilen kapı kafası açıklığına ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 11. Kapı kafası metali kaplamasına ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 12. Buluşa konu olan T-geometrik şekilli kapı içeren YEMTe ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekillerdeki parçalar tek tek numaralandırılmış olup, bu numaraların karşılığı aşağıda verilmiştir.

Alttaş	(1)
Tampon Katmanı	(2)
İki boyutlu elektron gazı (2DEG)	(3)
Bariyer Katmanı	(4)
Kaynak	(5)
Akaç	(6)
Kapı	(7)
Kapı Kafası	(8)
Kapı Ayağı	(9)
Birinci polimer tabanlı ince film fotodirenç tabakası	(10)
Yarıiletken	(11)
Kapı ayağı açıklığı	(12)
Kapı ayağı metal yığını	(13)
Silisyum nitrür (Si_3N_4) dielektrik katmanı	(14)
İkinci polimer tabanlı ince film fotodirenç tabakası	(15)
Açıklık	(16)
Fotodirenç tabakası	(17)
Kapı kafası açıklığı	(18)
Kapı kafası metal tabakası	(19)

Buluşun Ayrıntılı Açıklaması

Bu buluş, yüksek elektron mobiliteli transistörler (YEMT) için kapı fabrikasyon yöntemi ile ilgili olup, özellikle bir yüksek elektron mobiliteli transistör için geliştirilen ve yüzeye tamamen yapışmasına olanak sağlayacak küçük kapı ayağı (9) genişliğine sahip olan bir T-geometrik şekilli kapı (7) fabrikasyon yöntemi ile ilgilidir.

Şekil – 1'de buluşta anlatılan yüksek elektron mobiliteli transistörün (100) elde edildiği yarıiletkenin (11) epitaksiyel yapısına ilişkin örnek bir görünüm verilmektedir. Söz

konusu yarıiletken (11) temel olarak bir silisyum karbür (SiC) alttaş (1), bir galyum nitrat (GaN) tampon katmanı (2), bir iki boyutlu elektron gazı (2DEG) (3) ve alüminyum galyum nitrat ($Al_{1-x}Ga_xN$) bariyer katmanından (4) oluşmaktadır. Adı geçen GaN tampon katmanı (2) ve bir $Al_{1-x}Ga_xN$ bariyer katmanı (4) metal organik kimyasal buhar biriktirme (MOKBB) yöntemi ile elde edilmiş olup, adı geçen iki boyutlu elektron gazı (3) bu iki katmanın arasında oluşmaktadır.

Bu buluş, yüksek elektron mobiliteli transistörler için kapı (7) fabrikasyon yöntemi ile ilgili olup, özellikle bir yüksek elektron mobiliteli transistör için geliştirilen yüzeye tamamen yapışmasına olanak sağlayacak küçük kapı ayağı (9) genişliğine sahip olan buluş konusu T-geometrik şekilli kapı (7) fabrikasyon yönteminin işlem adımları şu şekildedir;

- Bir silisyum karbür (SiC) temelli alttaş (1), bir galyum nitrat (GaN) tampon katmanı (2), bir alüminyum galyum nitrat ($Al_{1-x}Ga_xN$) bariyer katmanı (4) ve söz konusu tampon katmanı (2) ile bariyer katmanı (4) arasında oluşan iki boyutlu elektron gazından (2DEG) (3) oluşan bir yarıiletken (11) elde edilir. (Şekil – 1'de gösterilmektedir.)
- Adı geçen yarıiletkenin (11) yüzeyi temizlenir.
- Adı geçen yarıiletken (11) üzerinde kaynak (5) ve akaç (6) olmak üzere ohmik kontaklar oluşturulur. (Şekil – 2'de gösterilmektedir.)
- Elde edilen yarıiletken (11) aseton (CH_3COCH_3), alkol ($CH_3CH(OH)CH_3$), deiyonize su ve ultrasonik titreştirici yardımıyla temizlenir.
- Elektron demeti litografisi için yüksek çözünürlük sağlayan yüksek çözünürlüklü fotodirenç malzemesi dönel kaplama sisteminde belli bir hızda döndürülerek, kaynak (5) ve akaç (6) elde edilmiş olan yarıiletkenin (11) üzerine birinci polimer tabanlı ince film fotodirenç tabakası (10) kaplanır. (Şekil – 3'te gösterilmektedir.)
- Kaplanan birinci polimer tabanlı ince film fotodirenç tabakası (10) ilk olarak, fotodirenç malzemesini oluşturan çözücünün bir kısmını buharlaştırmak için pişirilir, ardından elektron demeti ile pozlanır ve içerisinde kapı ayağı (9) oluşturulacak olan kapı ayağı açıklığını (12) oluşturmak için bir banyolama çözeltisi içerisinde bekletilerek, banyolanır. (Şekil – 4'te gösterilmektedir.)
- Kapı (7) kontağı yapısı oluşturmak üzere elde edilen kapı ayağı açıklığının (12) içine sırasıyla nikel (Ni) ve altın (Au) metallerini içeren kapı ayağı metal yığını (13) kaplanır. (Şekil – 5'te gösterilmektedir.)

- Kapı ayağı metal yığınının (13) altında kalan birinci polimer tabanlı ince fotodirenç tabakası (10), aseton (CH_3COCH_3) yardımıyla çözünür ve bu çözünme sırasında, kapı ayağı metal yığınının (13) üzerinde kalan kısmınlarının kaldırılmasıyla kapı ayağı (9) oluşturulur. (Şekil – 6'da gösterilmektedir.)
- Oluşturulan kapı ayağının (9) ve kaynak (5) ve akaç (6) olmak üzere ohmik kontakların yüzey yalıtımını sağlamak üzere bir silisyum nitrür (Si_3N_4) dielektrik katmanı (14) kaplanır. (Şekil – 7'de gösterilmektedir.)
- Bu Si_3N_4 dielektrik katmanının (14) üzerine dönel kaplama sisteminde belli bir hızda döndürülerek ikinci polimer tabanlı ince film fotodirenç tabakası (15) kaplanır (Şekil – 8'de gösterilmektedir.), yeniden hizalanır, elektron demeti ile pozlanır ve banyolanır.
- İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma reaktif iyon aşındırma (ICP-RIE) sisteminde kuru aşındırma yapılarak kapı ayağına (9) kadar inecek olan açıklık (16) elde edilir (Şekil – 9'da gösterilmektedir.) ve ikinci polimer tabanlı ince film fotodirenç tabakası (15) aseton (CH_3COCH_3) içinde bekletilerek kaldırılır.
- Dönel kaplama sisteminde bir fotodirenç tabakası (17) kaplanır ve yeniden hizalama, elektron demeti ile pozlama ve son olarak banyolama yapılarak kapı kafası açıklığı (18) oluşturulur (Şekil – 10'da gösterilmektedir.).
- Oluşturulan bu kapı kafası açıklığına (18) tercihen altın (Au) malzemesi ile kapı kafası metal tabakası (19) kaplanır ve sonrasında metal kaldırma işlemi yapılarak kapı kafası (8) oluşturulur.
- Bu sayede kapı ayağı (9) ve kapı kafasından (8) oluşan T-geometrik şekilli kapı (7) fabrikasyonu tamamlanmış olur.

Başvuru konusu buluşta anlatılan yöntemde öncelikle bir yarıiletken (11) elde edilmekte olup; bu yarıiletkenin (11) temizlenmektedir. Bunun için optik bir mikroskop yardımıyla yüzeyin ne kadar kirli olup olmadığı incelenir. Küçük bir kirlilik dahi kalmayıncaya kadar yarıiletken (11) aseton (CH_3COCH_3), alkol ($CH_3CH(OH)CH_3$) ve ultrasonik titreştirici yardımıyla temizlenir. Bu temizlik işleminden sonra aygıt adacıklarının belirlenmesi gerekir. Bu aygıt adacıkları, transistör yapılarının üretilerek üzerine geleceği aktif bölgeler olacaklardır. Her bir transistör kendine ait aygıt adacığı üzerinde duracaktır. Bu nedenle her bir transistöre karşılık gelecek bir aygıt adacığı olmalıdır. Aygıt adacıkları uygun bir aşındırma işlemiyle oluşturulur. Aygıt adacıkları birbirinden izole edildikten sonra

kaynak (5) ve akaç (6) olmak üzere ohmik kontaklar bu adacıkların üzerine gelecek şekilde üretilir. Şekil – 2'de adı geçen yarıiletken (11) üzerinde kaynak (5) ve akaç (6) olmak üzere oluşturulmuş olan ohmik kontaklara ilişkin örnek bir görünüm verilmektedir.

Buluşa konu olan yöntemde bir sonraki işlem adımında T-geometrik şekilli kapı (7) kontağının üretimi başlamaktadır. Söz konusu kapı (7) temel olarak kapı kafası (8) ve kapı ayağı (9) olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. İlk olarak elektron demeti litografisi yapılmasına olanak sağlamak üzere yüksek çözünürlük sağlayan bir yüksek çözünürlüklü fotodirenç malzemesi, dönel kaplama sisteminde belli bir hızda döndürülerek, kaynak (5) ve akaç (6) ohmik kontakları oluşturulmuş olan yarıiletkenin (11) üzerine birinci polimer tabanlı bir ince film fotodirenç tabakası (10) olarak kaplanır (Şekil – 3'te gösterilmektedir.). Bu işlem adımında fotomaske kullanılarak optik litografi yapılmamasının nedeni elde edilecek olan kapı ayağı (9) genişliğinin olabildiğince küçük olmasını sağlamaktır. Elektron demeti ile litografi sayesinde söz konusu küçük kapı ayağı (9) genişliği elde edilebilmekte olup, buluşun tercih edilen uygulamasında 50 – 300 nm kapı ayağı (9) genişliği elde edilmektedir.

Kaplanan fotodirenç malzemesini temel olarak elektron demetine maruz bırakılması sonucu bir banyolama çözeltisi içerisinde çözünmenin gerçekleştiği bir aktif bileşen ve bu bileşenin içinde çözündüğü çözücüden oluşur. Bu çözücünün bir kısmının buharlaştırılması, çözünürlük için gerekli bir işlemdir. Bu amaçla, birinci polimer tabanlı ince fotodirenç tabakası (10), bir ısıtıcıda belli bir süre ön pişirmeye tabi tutulur. Çözücüsünün bir kısmı buharlaştırılan birinci polimer tabanlı ince fotodirenç tabakası (10), önceden belirlenmiş parametreler kullanılarak elektron demeti ile pozlanır. T-geometrik şekilli kapının ayağını (9) oluşturmak için yapılan bu elektron demeti litografisinde pozlama işleminden sonra yüksek çözünürlüklü olan birinci polimer tabanlı ince film fotodirenç tabakası (10) üzerinde kapı ayağının (9) içinde bulunacağı kapı ayağı açıklığını (12) oluşturmak için banyolama işlemi yapılır. Bunun için elde edilen yarıiletken (11) uygun bir banyolama çözeltisi içerisinde tutulur. Bu sayede kapı ayağı açıklığı (12) elde edilmiş olup, Şekil – 4'te birinci polimer tabanlı ince fotodirenç tabakasında (10) elde edilen kapı ayağı açıklığına (12) ilişkin örnek bir görünüm verilmektedir.

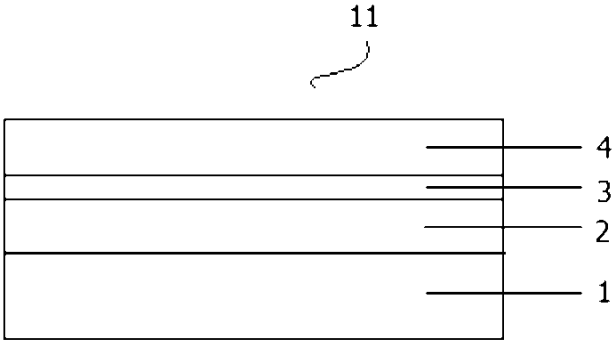
Başvuru konusu buluşta, kapı ayağı açıklığı (12) elde edildikten sonra kapı ayağını (9) oluşturmak için bu kapı ayağı açıklığına (12) sırasıyla nikel (Ni) ve altın (Au) metallerini içeren kapı ayağı metal yığını (13) kaplanır (Şekil – 5'te gösterilmektedir.). Söz konusu kapı ayağı metal yığının (13) altında kalan birinci polimer tabanlı ince fotodirenç tabakası (10), aseton (CH_3COCH_3) içinde çözündürülmek üzere bekletilir. Çözünen birinci polimer

tabanlı ince fotodirenç tabakası (10), üzerindeki kapı ayağı metal yığınını (9) kaldırır ve sonuç olarak geriye T-geometrik şekilli kapının (7) kapı ayağı (9) kalır. Şekil – 6'da buluşta anlatılan kapı ayağına (9) ilişkin örnek bir görünüm verilmektedir. Başvuru konusu yöntemde söz konusu kapı ayağı (9) diğer yöntemlerden farklı olarak, önce üretilir. Bu sayede; kapı ayağının (9) ohmik kontakları tamamlanmış yarıiletkenin (11) yüzeyine iyice yapışması sağlanmış olup, herhangi bir mekanik etkiyle kolayca kalkması engellenmiş olmaktadır.

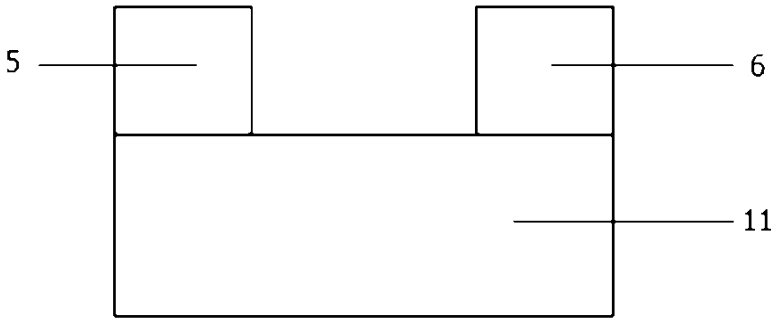
Kapı ayağı (9) oluşturulmuş olan kapının (7) ve kaynak (5) ile akaç (6) ohmik kontaklarının tamamının yüzey pasivasyonunun sağlanması gerekmektedir. Bunun için plazma destekli kimyasal buhar biriktirme yöntemi kullanılarak üzerinde kaynak (5), akaç (6) ve oluşuturulmuş olan kapı ayağı (9) bulunan yarıiletkenin (11) yüzeyi silisyum nitrür (Si_3N_4) dielektrik katmanı (14) ile kaplanır (Şekil – 7'de gösterilmektedir). Bu Si_3N_4 dielektrik katmanı (14); kaynak (5) ve akaç (6) ohmik kontaklarının ve oluşturulacak olan kapı (7) kontağını mekanik etkilere karşı korumasının yanı sıra elde edilecek olan YEMTin elektriksel çalışma performansını daha verimli hale getirir. Bu buluşta anlatılan yöntemde Si_3N_4 dielektrik katmanı (14), üzerinde kapı ayağı (9) elde edilen yarıiletkenin (11) yüzeyine kaplandıktan sonra kaplamanın doğası gereği, kapı ayağı (9) yapısının tam üzerinde kalan bölgede, yaklaşık kapı ayağı (9) genişliğinde olacak şekilde belli bir yükseklik payına sahip olacaktır. Bu yükseklik payının, kapı ayağına (9) kadar aşındırılması gerekmektedir. Bunun için Si_3N_4 dielektrik katmanın (14) yüzeyine, dönel kaplama sisteminde belli bir hızda döndürülerek yüksek çözünürlüklü ikinci polimer tabanlı ince film fotodirenç tabakası (15) kaplanır (Şekil – 8'de gösterilmektedir.). Sonra elektron demeti ile litografi sırasında tam kapı ayağı (9) üzerine gelecek biçimde yeniden hizalama yapılır ve elektron demeti ile pozlanır. Bu pozlama işleminden sonra kapı ayağına (9) kadar inecek olan açıklığı (16) elde etmek üzere banyolama yapılır. Bunun için elde edilen yarıiletken (11) uygun bir banyolama çözeltisi içinde tutulur. Bu banyolama çözeltisinde bekletme işlemi sonrasında Si_3N_4 dielektrik katmanının (14) yüzeyine kadar çözünme gerçekleşmektedir. Kapı ayağına (9) kadar inecek olan açıklığı (16) elde edebilmek için söz konusu banyolama işlemi sonrasında indüktif olarak eşleştirilmiş plazma reaktif iyon aşındırma sisteminde kuru aşındırma yapılmaktadır. Bu aşındırma sonucunda silisyum nitrür (Si_3N_4) dielektrik katmanının (14) kapı ayağı (9) üzerinde kalmış olan fazladan payı aşındırılmış ve kapı ayağına (9) kadar inecek olan açıklık (16) elde edilmiş olur (Şekil – 9'da gösterilmektedir.). Bu aşamada, yüksek çözünürlüklü ikinci polimer tabanlı ince film fotodirenç tabakası (15) sayesinde aşındırılması istenmeyen bölgelerin üzeri kapatılarak

korunmuş ve aşındırılması engellenmiş olmaktadır. Daha sonra elde edilen yapı aseton (CH_3COCH_3) içerisinde bekletilir ve bu sayede görevini tamamlayan bu ikinci polimer tabanlı ince film fotodirenç tabakası (15), silisyum nitrür (Si_3N_4) dielektrik katmanının (14) üzerinden kaldırılır (Şekillerde gösterilmemektedir.). Son olarak elde edilen yapı sırasıyla aseton (CH_3COCH_3), alkol ($CH_3CH(OH)CH_3$) ve kuru hava ile temizlenir.

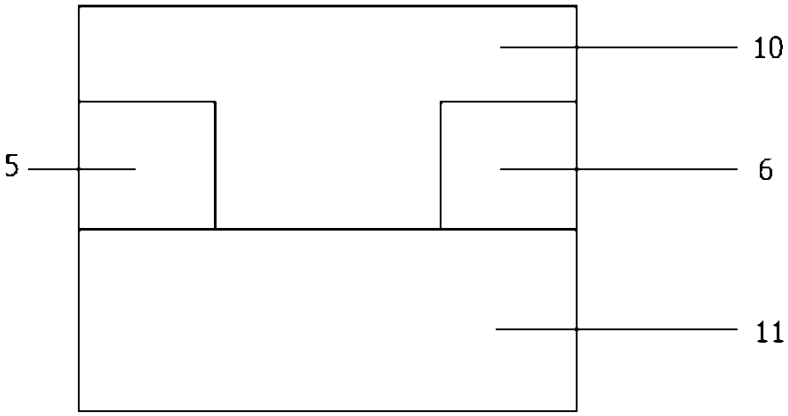
Daha sonra fotodirenç malzemesinin dönel kaplama sisteminde belli bir hızda döndürülmesi yardımıyla elde edilen yapının yüzeyine bir fotodirenç tabakası (17) kaplanır. Bu fotodirenç tabakasının (17), kapı ayağının (9) üretimi sırasında kullanılan fotodirenç malzemesi gibi yüksek çözünürlük sağlayan bir fotodirenç malzemesi içermesine gerek yoktur. Çünkü, T-geometrik şekilli kapının (7) kapı kafası (8), kapı ayağı (9) kadar düşük bir genişliğe sahip değildir. Kapı kafasını (8) oluşturmak için yapılan elektron demeti ile litografi işleminde kapı ayağına (9) yeniden hizalama yapılır ve bu bölge elektron demeti ile pozlanır. Pozlanan bu bölge daha önceki litografi işlemlerine benzer biçimde, banyolanır. Şekil – 10'da kaplanmış olan fotodirenç tabakasının (17) banyolama çözeltisinde bekletilmesi ile oluşan kapı kafası açıklığı (18) gösterilmektedir. Söz konusu banyolama sonucunda fotodirenç tabakası (17) üzerinde elde edilen kapı kafası açıklığı (18), T-geometrik şekilli kapı (7) yapısının kapı kafasına (8) ilişkin metal kaplama işleminde şablon olarak kullanılmaktadır. Daha sonra elde edilen yüzeyine tercihen altın (Au) malzemesi ile kapı kafası metal tabakası (19) kaplanır. Şekil – 11'de kapı kafası metali tabakası (19) kaplamasına ilişkin örnek bir görünüm verilmektedir. Başvuru konusu buluşta son olarak elde edilen yapı, aseton (CH_3COCH_3) içinde bekletilip, çözünerek metal kaldırma işlemi uygulanır. Bu çözünme sırasında, fotodirenç tabakası (17) üzerinde kalan kapı kafası metal tabakasının (19) kaldırılmasıyla kapı kafası (8) oluşturulur. Bu işlem bitiminde T-geometrik şekilli kapı (7) fabrikasyonu tamamlanmış olup, Şekil – 12'de söz konusu kapıya (7) ilişkin örnek bir görünüm verilmektedir.



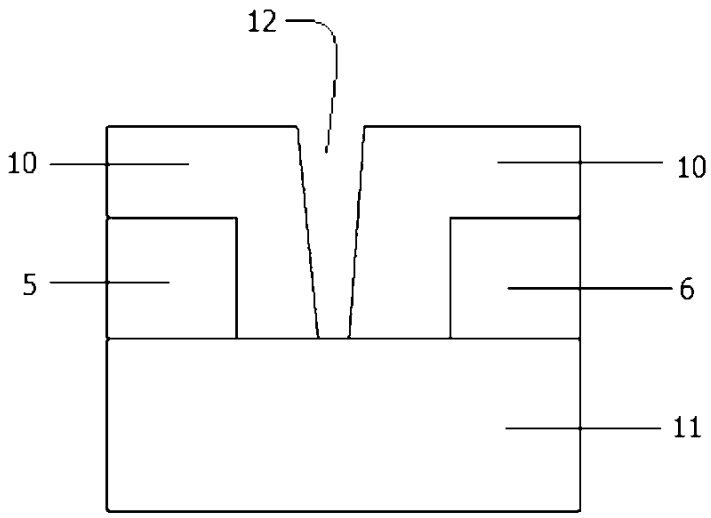
Şekil – 1



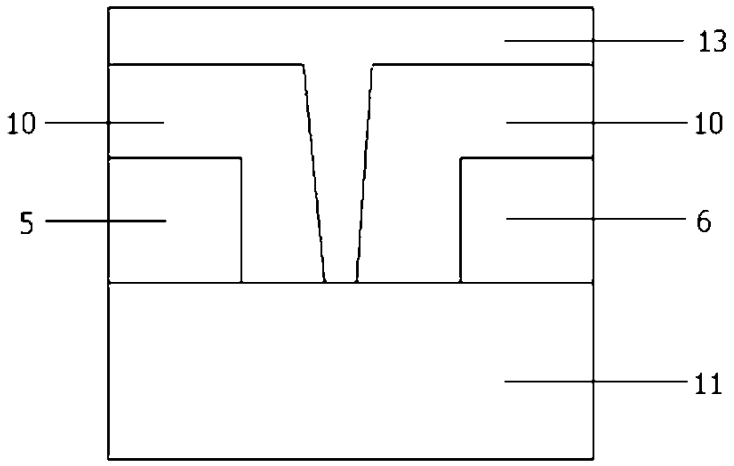
Şekil – 2



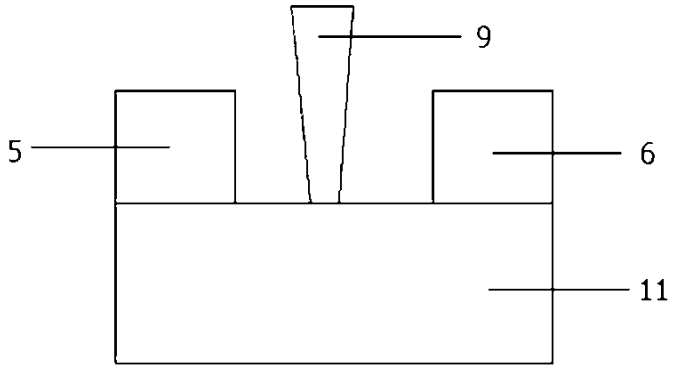
Şekil – 3



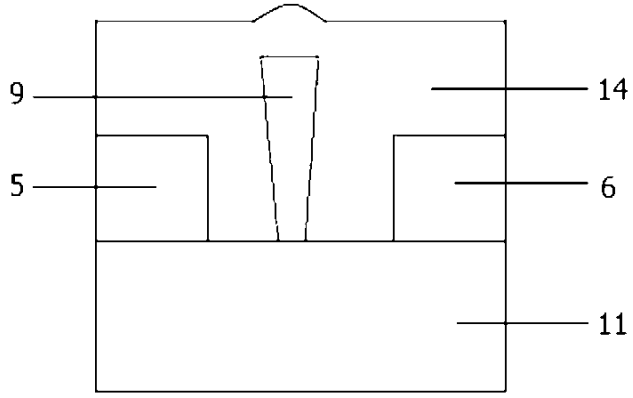
Şekil – 4



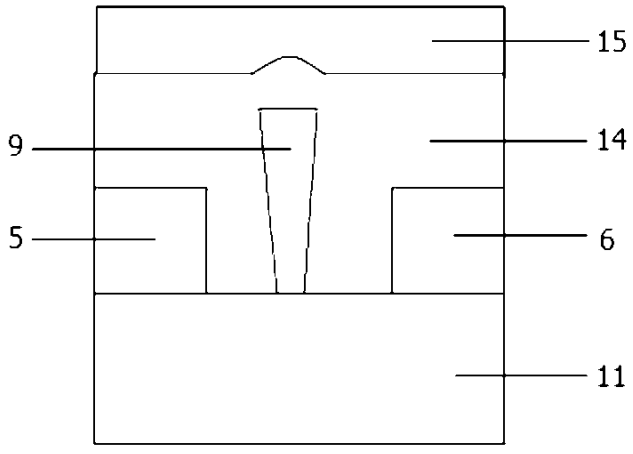
Şekil – 5



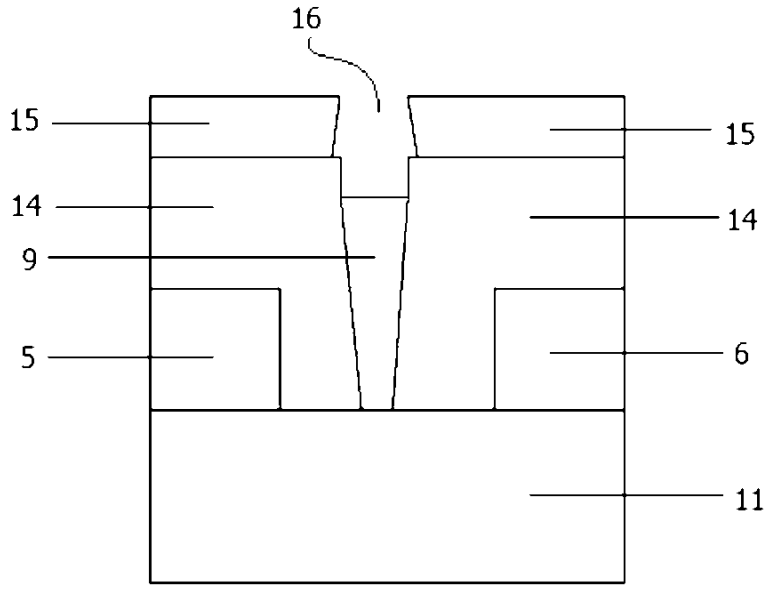
Şekil – 6



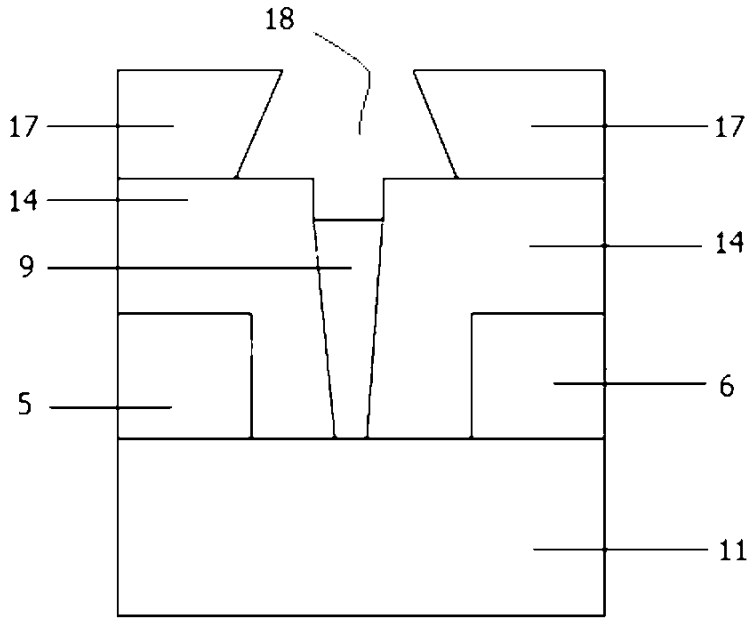
Şekil – 7



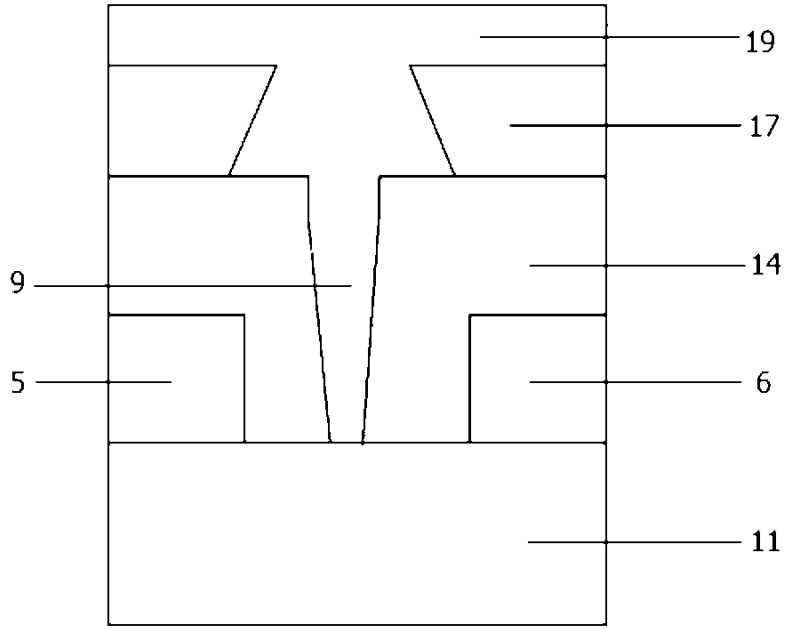
Şekil – 8



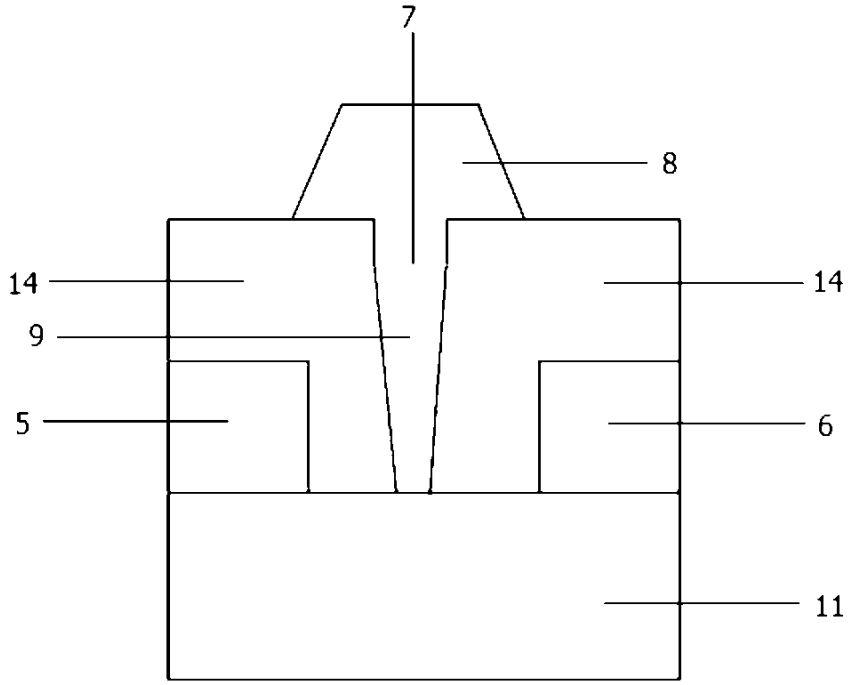
Şekil – 9



Şekil – 10



Şekil – 11



Şekil – 12