ÖZET

HAVADA DURAN ARABAĞLANTI METALİ FABRİKASYON YÖNTEMİ

Bu buluş, tek parça mikrodalga tümleşik devrelerinde (TPMED) bulunan RF sinyali iletim hattı olan arabağlantı metali fabrikasyon yöntemi ile ilgili olup, özellikle bakır (Cu) metali kullanılarak RF sinyallerindeki kayıbın azalmasını ve havada durma özelliği ile dielektrik sığanın düşmesini sağlayan bir havada duran arabağlantı metali fabrikasyon yöntemi ile ilgilidir.

(Şekil – 13)

İSTEMLER

1. Tek parça mikrodalga tümleşik devrelerinde (TPMED) RF sinyallerindeki kayıbın azalmasını ve havada durma özelliği ile dielektrik sığanın düşmesini sağlayan işlem adımları bir havada duran arabağlantı metali fabrikasyon yöntemi ile ilgili olup, özelliği;
   - bir alttaş (1) üzerinde sırasıyla aygıt adacığı izolasyonu, ohmik kontak, kapı kontağı, alttaşın (1) yüzey temizliği, birinci metaller (2), silisyum nitrür (Si_3N_4) dielektrik katmanı (3) ve bu Si_3N_4 dielektrik katmanına (3) açıklık litografisi elde edilmesinden sonra silisyum nitrür (Si_3N_4) dielektrik katmanının (3) aktif bölge dışında tamamıyla aşındırılması,
   - kalın fotodirenç malzemesinin (4), dönel kaplama yöntemiyle kaplanıp, pişirilip, temizlenmesinin ardından uygun fotomaske kullanılarak düz litografi yapılıp, ilgili yerlerin pozlanmasıyla pozlanmış fotodirenç malzemesinin (5) elde edilmesi.
   - pozlanmış fotodirenç malzemesinin (5), banyolama çözeltisi içerisinde belli bir süre bekletilerek çözünmesi,
   - yuvarlak hatları olan kubbe şeklinde elde edilen yeniden düzenlenmiş fotodirenç malzemesi (6) ile alttaşın (1) üzerine dönel kaplama ile kalın, ikinci bir fotodirenç malzemesi (7) kaplanması,
   - ikinci fotodirenç malzemesinin (7) üzerine ters litografi yapılıp ve ilgili yerlerin pozlanması, pozlama işleminden sonra alttaşın (1) bir ısıtıcıda belli bir süre ısıtılıp bir kez daha fotomaskesi olacak şekilde pozlanarak, pozlanmış ikinci fotodirenç malzemesinin (8) elde edilmesi,
   - pozlanmış ikinci fotodirenç malzemesinin (8), banyolama çözeltisi içerisinde belli bir süre bekletilip çözünmesi sağlanarak ikinci fotodirençteki açıklığın (9) elde edilmesi,
   - ince titanyum (Ti) tabakası (10), kalın bakır (Cu) tabakası (11) ve ince altın (Au) tabakasından oluşan arabağlantı metali kaplama,
   - üzerine metal kaplanan ikinci fotodirenç malzemesini (7) bir çözücü yardımıyla kaldırma,
   - yeniden düzenlenmiş fotodirenç malzemesini (6) bir çözücü yardımıyla kaldırma

   işlem adımlarını içermesi ile karakterize edilmesidir.

2. İstem 1'e uygun bir arabağlantı metali fabrikasyon yöntemi olup, özelliği; adı geçen arabağlantı metalinin ikinci fotodirençteki açıklık (9) oluşturulduktan sonra alttaş (1) üzerine, elektron demeti buharlaştırma yöntemi ile kaplanmaktadır.
3. İstem 2'ye uygun bir arabağlantı metali fabrikasyon yöntemi olup, özelliği; adı geçen adı geçen arabağlantı metalini oluşturan ince titanyum (Ti) tabakası (10), kalın bakır (Cu) tabakası (11) ve ince altın (Au) tabakasının (12) kalınlıklarının tercihen 20 nm, 2 µm ve 20 nm olmasıdır.
4. İstem 1'e uygun bir arabağlantı metali fabrikasyon yöntemi olup, özelliği; adı geçen Si_3N_4 dielektrik katmanının (3), aktif bölge ve kapasitörlerin korunan birinci metal (2) bölgelerinin dışında kalan tüm yüzeyinin aşındırılmasıdır.
5. İstem 1'e uygun bir arabağlantı metali fabrikasyon yöntemi olup, özelliği; adı geçen Si_3N_4 dielektrik katmanının (3), indüktif olarak eşlenmiş reaktif iyon aşındırma yöntemiyle aşındırılmasıdır.
6. İstem 1'e uygun bir arabağlantı metali fabrikasyon yöntemi olup, özelliği; adı geçen alttaşın (1); metal organik kimyasal buhar biriktirme (MOKBB) yöntemiyle büyütülen tercihen silisyum karbür (SiC) malzemesi, bunun üzerine galyum nitrür (GaN) tampon katmanı ve bu katmanın da üzerine bir alüminyum galyum nitrür (Al1-xGaxN) bariyer katmanı ve tampon katmanı ile bariyer katmanı arasında oluşan iki boyutlu elektron gazı (2DEG) içermesidir.
7. İstem 1'e uygun bir arabağlantı metali fabrikasyon yöntemi olup, özelliği; adı geçen alttaş (1) yüzeyinin; alttaş (1) aseton (CH3COCH3), alkol (CH3CH(OH)CH3) ve ultrasonik titreştirici yardımıyla temizlenmesidir.

TARİFNAME

HAVADA DURAN ARABAĞLANTI METALİ FABRİKASYON YÖNTEMİ

İlgili Teknik Alan

Bu buluş, tek parça mikrodalga tümleşik devrelerinde (TPMED) bulunan RF sinyali iletim hattı olan arabağlantı metali fabrikasyon yöntemi ile ilgili olup, özellikle bakır (Cu) metali kullanılarak RF sinyallerindeki kayıbın azalmasını ve havada durma özelliği ile dielektrik sığanın düşmesini sağlayan bir havada duran arabağlantı metali fabrikasyon yöntemi ile ilgilidir.

Tekniğin Bilinen Durumu

Günümüzde savunma sanayine ait elektronik sistemler, gök ve yer iletişim uyduları, baz istasyonları gibi uygulamalarda, cep telefonu teknolojisi ve, WiMAX vb. gibi ileri haberleşme sistemlerinde yüksek hızlı ve yüksek güçlü transistörlere ve bu transistörlerle yapılan tek parça mikrodalga tümleşik devreler (TPMED; MMIC) kullanılmaktadır. Yüksek güç ve yüksek frekanslarda çalışan standart bir yüksek elektron mobiliteli transistör (YEMT) yapısı, yaygın olarak ısıl ve mekanik dayanımı yüksek olan silisyum karbür (SiC) malzemesinden bir alttaş üzerine büyütülen AlGaN/GaN heteroeklem yapı içermektedir. Galyum nitrat (GaN) malzemesi diğer III-V grubu yarıiletken malzemelere göre daha yüksek doyma hızı, yüksek kırılma gerilimi, yüksek bant aralığı ve yüksek ısıl iletkenlik özelliklerine sahip geniş enerji bant aralıklı bir malzeme olup, bu durum yüksek çıkış gücü, yüksek çalışma gerilimi ve yüksek giriş empedansına sahip bir YEMT aygıtı elde etmek için yaygın olarak GaN malzemesi tercih edilmesine neden olmaktadır. Bir tek parça mikrodalga tümleşik devre (TPMED) ise aktif ve pasif bileşenlerin aynı yarı iletken alttaş üzerinde üretilmiş olduğu bir mikrodalga devredir. Çalışma frekansı 1 GHz'den 100 GHz'e kadar değişmekte olup, bu kapsamda birçok farklı teknoloji ve devre yaklaşımı kullanılabilmektedir. Bir TPMED üretiminde temel olarak standart YEMT yapısı kullanılmakta olup; tek parça mikrodalga tümleşik devre, bu YEMT üzerinde çeşitli fabrikasyonlar yapılarak elde edilmektedir.

TPMED mikrofabrikasyonundaki işlem adımlarından olan metal kaplama adımlarında, özellikle de arabağlantı metali aşamasında kullanılan metal, aygıt performansını belirleyen

parametrelerden birisidir. Günümüzde, düşük dirence sahip olma, çoğu kimyasal madde ile etkileşime girmeme ve tel bağlamaya karşı uygunluk sağlama gibi özelliklere sahip olduğu için altın metali tercih edilmektedir. Yaygın olarak üretilen ve birçok farklı uygulama için tercih edilen GaAs TPMED'ler için Cu elektrokaplama yöntemi ile arabağlantı metalleri kaplanabilmektedir.

Özdirenç ve ısıl iletkenlik özelliklerine bakıldığında bakır (Cu) metalinin, altın (Au) metaline göre daha iyi değerlere sahip olduğu görülmektedir. Saf bakırın iletkenliği 386 W/m.C olup, saf altında bu değer 318 W/m.C'dir. Saf bakırın özdirenci ise 1,6 x 10^{-8} ohm.m ve altının özdirenci ise 2,4 x 10^{-8} ohm.m'dir. Bakır metalinin bu avantajına karşın; yüksek oksitlenme oranına sahip olması, üzerinde bulunduğu yarıiletken malzemenin içine difüz etmesi ve bu malzemeyi bozması gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Ancak bu problemler doğru bir bariyer malzemesi kullanılarak çözülebillmektedir.

Teknik araştırmalar sonucunda ortaya çıkan US5331203 yayın numarasına Amerika patent başvurusunda dielektrik tabakasının, yüksek yoğunluklu olan arabağlantı metaline temas etmemesi için havada üretildiği ve çipin, alttaş üzerindeki bir odacığa gömüldüğü anlatılmaktadır. Bu buluştaki arabağlantı, çipin üzerinde varolabileceği gibi çipe dışarıdan bir arabağlantı metali şekilde de irtibatlandırılabilmektedir. Çipin dışarıdan arabağlantı irtibatlandırması, parazitik indüktansları artıran bir olgudur. Aşağıda ayrıntılı açıklaması verilen buluşta ise ara bağlantı metalinin kendisi, dielektrik ya da doğrudan alttaşın kendisi gibi herhangi bir yapıdan ayrılarak havada duran şekilde elde edilmektedir.

Yapılan teknik araştırmalar sonucunda ortaya çıkan bir diğer başvuru olan US5171713 yayın numaralı patent dokümanında anlatılan yapıda; bir dielektrik katmanı üzerine bir poliyamit malzemesi kaplanmakta ve bu iki katmanın da üzerine hava köprülü arabağlantı metali kaplandığı açıklanmaktadır. Buna karşın arabağlantı metalinin altına gelen bölgede dielektrik katmanının bulunması nedeniyle aygıta gönderilecek olan RF ya da mikrodalga elektrik alanları fazladan dielektrik katmanlarıyla eşleşecek ve aygıtın çalışmasındaki RF kayıpları bizim buluşumuzda önerdiğimiz yapınınkine göre daha fazla olacaktır.

Benzer olarak önceki teknikte yer alan US5524339 yayın numaralı patent dokümanında, arabağlantı metalinin doğrudan dielektrik üzerine kaplandığı bir yapı anlatılmaktadır. Bu durumda da yine RF alanlarının fazladan dielektrik tabakası nedeniyle uğrayacağı kayıplar olması bakımından yukarıda belirtilen problemlere çözüm sunamamaktadır.

Yine benzer bir patent olan US7034640 yayın numaralı patent başvurusunda tek parça mikrodalga tümleşik devrenin tamamı dışarıdan havada duran bir giriş bir çıkış olmak üzere eş düzlemli dalga kılavuzunun ortasına yerleştirilmektedir. Bu uygulama aygıtın, bir bütün olarak dış ortama empedans eşlemesini sağlamak için yapılmaktadır. Ancak aygıtın arabağlantı metalinin çip halinde iken değil de aygıt halindeyken bir fabrikasyon işlem adımı olarak yapılması parazitik faktörlerden dolayı daha avantajlıdır. Bu bakımdan US7034640 yayın numaralı patent başvurusu, yukarıda sözü edilen olumsuzluklara çözüm getirmeyi amaçlayan bir yeniliğe sahip değildir. Aşağıda ayrıntılı açıklaması verilen buluşta ise havada duran arabağlantı metalleri tek parça mikrodalga tümleşik devrenin fabrikasyonu sırasında oluşturulan ve aygıtın içinde, kendisine ait olan yapıdır ve havada durmaktadır.

Tekniğin bilinen durumunda yer alan bir başka doküman olan US20050245063A1 yayın numaralı patent dokümanında, benzer şekilde havada duran bir yapı anlatılmakla birlikte, anlatılan yapıda dielektrik katmanı bulunması bakımından aşağıda ayrıntılı açıklaması verilen buluş ile farklılık göstermektedir.

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

Buluşun Amacı ve Buluşun Kısa Açıklaması

Buluşun öncelikli amacı altına (Au) metaline göre daha düşük bir özdirence sahip olan bakır (Cu) metali kullanarak RF sinyal kayıplarının en aza indirilmesini sağlayan arabağlantı metali elde etmekttir.

Buluşun bir amacı kapasitans değerini düşürüp, istenmeyen parazitik kayıplar engellenmesini sağlayan bir havada duran arabağlantı metali elde etmektir.

Buluşun başka bir amacı da erime sıcaklığı ve ısıl iletim katsayısı yüksek olan bakır (Cu) metalinin kullanılması sayesinde ısısal dayanımı yüksek bir arabağlantı metali sağlamaktır.

Buluşun başka bir amacı ise RF çalışma performansında iyileştirmek için bir havada duran arabağlantı metali fabrikasyon yöntemi sağlamaktır.

Buluşun diğer bir amacı, arabağlantı metali olarak altın (Au) yerine bakır (Cu) metalinin kullanılmasıyla düşük maliyetli bir arabağlantı metali fabrikasyon yöntemi sağlamaktır.

Yukarıda anlatılan amaçları yerine getirmek üzere buluş tek parça mikrodalga tümleşik devrelerinde (TPMED) RF sinyallerindeki kayıbın azalmasını ve havada durma özelliği ile dielektrik sığanın düşmesini sağlayan işlem adımları bir havada duran arabağlantı metali fabrikasyon yöntemi ile ilgili olup, özelliği;

- bir alttaş üzerinde sırasıyla aygıt adacığı izolasyonu, ohmik kontak, kapı kontağı, alttaşın yüzey temizliği, birinci metaller, silisyum nitrür (Si_3N_4) dielektrik katmanı ve bu Si_3N_4 dielektrik katmanına açıklık litografisi elde edilmesinden sonra silisyum nitrür (Si_3N_4) dielektrik katmanının aktif bölge dışında tamamıyla aşındırılması,
- kalın fotodirenç malzemesinin, dönel kaplama yöntemiyle kaplanıp, pişirilip, temizlenmesinin ardından uygun fotomaske kullanılarak düz litografi yapılıp, ilgili yerlerin pozlanmasıyla pozlanmış fotodirenç malzemesinin elde edilmesi.
- pozlanmış fotodirenç malzemesinin, banyolama çözeltisi içerisinde belli bir süre bekletilerek çözünmesi,
- yuvarlak hatları olan kubbe şeklinde elde edilen yeniden düzenlenmiş fotodirenç malzemesi ile alttaşın üzerine dönel kaplama ile kalın, ikinci bir fotodirenç malzemesi kaplanması,
- ikinci fotodirenç malzemesinin üzerine ters litografi yapılıp ve ilgili yerlerin pozlanması, pozlama işleminden sonra alttaşın bir ısıtıcıda belli bir süre

ısıtılıp bir kez daha fotomaskesi olacak şekilde pozlanarak, pozlanmış ikinci fotodirenç malzemesinin elde edilmesi,

- pozlanmış ikinci fotodirenç malzemesinin, banyolama çözeltisi içerisinde belli bir süre bekletilip çözünmesi sağlanarak ikinci fotodirençteki açıklığın elde edilmesi,
- ince titanyum (Ti) tabakası, kalın bakır (Cu) tabakası ve ince altın tabakasından oluşan arabağlantı metali kaplama,
- üzerine metal kaplanan ikinci fotodirenç malzemesini bir çözücü yardımıyla kaldırma,
- yeniden düzenlenmiş fotodirenç malzemesini bir çözücü yardımıyla kaldırma

işlem adımlarını içermektedir.

Buluşun yapısal ve karakteristik özellikleri ve tüm avantajları aşağıda verilen şekiller ve bu şekillere atıflar yapılmak suretiyle yazılan detaylı açıklama sayesinde daha net olarak anlaşılacaktır ve bu nedenle değerlendirmenin de bu şekiller ve detaylı açıklama göz önüne alınarak yapılması gerekmektedir.

Buluşu Açıklayan Şekillerin Tanımları

Bu buluş ile geliştirilen havada duran bakır arabağlantı metali fabrikasyon yöntemine ilişkin örnek uygulamalar ekli şekillerde gösterilmiş olup bu şekillerden:

Şekil - 1. Buluşta anlatılan alttaş ve üzerine kaplanmış birinci metallere ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 2. Buluşta anlatılan silisyum nitrür (Si_3N_4) dielektrik katmanına ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 3. Buluşta anlatılan silisyum nitrür (Si_3N_4) dielektrik katmanı aşındırma işlemi sonrasına ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 4. Buluşta anlatılan kalın fotodirenç malzemesi ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 5. Buluşta anlatılan pozlanmış fotodirenç malzemesine ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 6. Buluşta anlatılan kalın fotodirenç tabakasının banyolanmış bölgesine ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 7. Buluşta anlatılan yeniden düzenlenmiş fotodirenç malzemesine ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 8. Buluşta anlatılan ikinci fotodirenç malzemesine ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 9. Buluşta anlatılan pozlanmış ikinci fotodirenç malzemesi ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 10. Buluşta oluşturulan ikinci fotodirençteki açıklığa ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 11. Buluş konusu arabağlantı metalini elde etmek için yapılan metal kaplama işlem adımına ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 12. Buluşta anlatılan arabağlantı metalininin ikinci fotodirenç malzemesin çözündükten sonraki haline ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 13. Buluşa konu olan havada duran arabağlantı metaline ilişkin örnek bir görünümdür.

Şekil - 14.

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

alttaş	(1)
birinci metaller	(2)
silisyum nitrür (Si_3N_4) dielektrik katmanı	(3)
kalın fotodirenç malzemesi	(4)
pozlanmış fotodirenç malzemesi	(5)
yeniden düzenlenmiş fotodirenç malzemesi	(6)
ikinci fotodirenç malzemesi	(7)
pozlanmış ikinci fotodirenç malzemesi	(8)
ikinci fotodirençteki açıklık	(9)
ince titanyum tabakası	(10)
kalın bakır tabakası	(11)
ince altın tabakası	(12)

Buluşun Ayrıntılı Açıklaması

Bu buluş, tek parça mikrodalga tümleşik devrelerde kullanılan iletim hatlarının fabrikasyon yöntemi ile ilgili olup, özellikle bir sinyal iletim hattı için geliştirilen ve tek parça mikrodalga

tümleşik devrelerin (TPMTD) radyo frekansı/mikrodalga kayıplarının düşmesine olanak sağlayan havada duran arabağlantı metali ve bunun fabrikasyon yöntemi ile ilgilidir.

Şekil – 1'de buluşta anlatılan havada duran arabağlantı metali fabrikasyonunda kullanılan alttaş (1) ve alttaş (1) üzerine kaplanmış birinci metallere (2) ilişkin örnek bir görünüm verilmektedir. Söz konusu alttaş (1) üzerine tek parçalı mikrodalga tümleşik devrenin çalışması için gerekli olan ve "aktif bölge" olarak adlandırılan yüksek elektron mobiliteli transistörler için sırasıyla, aygıt adacığı izolasyonu, ohmik kontaklar, kapı kontağı, birinci metaller (2), silisyum nitrür (Si_3N_4) dielektrik katmanı (3), dielektrik katmanı açıklığı fabrikasyon adımları gerçekleştirilmektedir. Bu adımlar gerçekleştirildikten sonra tek parçalı mikrodalga tümleşik devrenin üzerine üretildiği yarıiletkenin, aygıt adacığı kısımları dışında kalan bölgelere "pasif aygıtlar" denilen yapılar üretilmektedir. Yüksek elektron mobiliteli transistör ve dolayısıyla tek parçalı mikrodalga tümleşik devrenin çalışması "aktif bölgedeki" bu iki boyutlu elektron gazındaki elektron iletimine bağlıdır. Aygıt adacığı izolasyonu adımında "aktif bölge" olması tasarlanan bölge dışında kalan yerler, alttaşa (1) kadar aşındırılarak yok edilmektedir. Geriye yalnızca alttaş (1) kalan bölgelerin üzerine ise "pasif aygıtlar" üretilebilmektedir.

Buluşta anlatılan fabrikasyon yönteminde öncelikle bir alttaş (1) temin edilmekte olup, bu alttaş (1); metal organik kimyasal buhar biriktirme (MOKBB) yöntemiyle tercihen silisyum karbür (SiC) malzemesi üzerine galyum nitrür (GaN) tampon katmanı ve bu katmanın da üzerine bir alüminyum galyum nitrür (Al1-xGaxN) bariyer katmanı büyütülerek elde edilmektedir. Adı geçen tampon ve bariyer katmanları arasında bir iki boyutlu elektron gazı (2DEG) oluşmaktadır. Bu iki boyutlu elektron gazındaki (2DEG) elektronların akışı kullanılarak yüksek elektron mobiliteli transistörlerin (YEMT) çalışması ve dolayısıyla da bu transistörler kullanılarak yapılan tek parçalı mikrodalga tümleşik devrelerin (TPMTD) çalışması mümkün olabilmektedir. Metal organik kimyasal buhar biriktirme (MOKBB) yöntemiyle elde edilen bu yarıiletken alttaş (1) ile aktif bölgeleri ve bu aktif bölgelerde yüksek elektron mobiliteli transistörleri (YEMT) üretebilmek için alttaşa (1) sırasıyla omik kontak, aygıt adacığı izolasyonu ve kapı kontağı fabrikasyon adımları uygulanır. Bu temel adımların uygulanmasından sonra aktif bölge ve bu bölgede yüksek elektron mobiliteli transistörler (YEMT) elde edilir. Aktif bölge dışında kalan yerler ise pasif aygıt adı verilen ve tek parçalı mikrodalga tümleşik devrelerin birer elemanı olan indüktör, kapasitör ve iletim hatlarının oluşturulduğu bölgelerdir. Aktif bölgeler dışında kalan ve pasif aygıtların

üzerine yapılacağı bölgelerdeki alüminyum galyum nitrür ($Al_{1-x}Ga_xN$) bariyer katmanı, indüktif olarak eşlenmiş reaktif iyon aşındırma yöntemiyle galyum nitrür (GaN) tampon katmanının içine kadar aşındırılmaktadır. Bu aşındırma işlemiyle birlikte bu bölgelerde bulunan ve elektron iletimini sağlayan iki boyutlu elektron gazı (2DEG) ortadan kaldırılmakta olup, bu sayede yalıtkan bir alttaş (1) ortaya çıkarılmaktadır. Aktif bölgede YEMT üretmek için yapılan son işlem adımı olan kapı kontağı fabrikasyon adımından sonra alttaşın (1) yüzey temizliği yapılır. Bunun için ilk olarak, bir optik mikroskop yardımıyla yüzeyin ne kadar kirli olup olmadığı incelenir. Küçük bir kirlilik dahi kalmayıncaya kadar alttaş (1) aseton (CH3COCH3), alkol (CH3CH(OH)CH3) ve ultrasonik titreştirici yardımıyla temizlenir. Aktif bölgelerde bulunan YEMT'lerin kapı kontaklarının elektriksel kontak tabanlarını ve aktif bölgeler dışında kalan havada duran arabağlantı metalinin (11) toprak elektriksel kontak tabanlarını birbirine bağlamak amacıyla birinci metaller (2) oluşturulur (Şekil – 1'de gösterilmektedir.).

Buluşa konu olan bu fabrikasyon yönteminde, yüksek elektron mobiliteli transistörlerin (YEMT) kapı kontaklarının pasifize etmek ve aktif bölge dışında kalan ve tek parçalı mikrodalga tümleşik devrenin (TPMTD) pasif aygıtlarından kapasitörlerin dielektrik malzemesini oluşturabilmek için silisyum nitrür (Si_3N_4) dielektrik katmanı (3) kaplama işlemi gerçekleştirilir (Şekil – 2'de gösterilmektedir). Bu adımdan sonra alttaşın (1) yüzeyi optik mikroskop yardımıyla incelenir ve herhangi bir kirlilik olup olmadığı anlaşılmaya çalışılır. Kirlilik olması durumunda, alttaşın (1) yüzeyi aseton (CH_3COCH_3), alkol ($CH_3CH(OH)CH_3$), deiyonize su ve ultrasonik titreştirici yardımıyla temizlenir. Daha sonra alttaşın (1) ve dolayısıyla aktif bölgedeki yüksek elektron mobiliteli transistörlerin (YEMT) tüm yüzeyindeki silisyum nitrür (Si_3N_4) dielektrik katmanının (3) aktif bölge dışında tamamıyla aşındırılarak kaldırılması gerekmektedir.

Buluşu önceki teknikten ayıran en önemli unsurlar arasında, aktif bölge dışındaki birinci metallerin (2) üzerinde bu Si_3N_4 dielektrik katmanının (3) bulunmaması ve havada duran arabağlantı metali ile alttaş (1) yüzeyi arasında yalnızca hava bulunmasıdır. Bununla birlikte birinci metaller (2), kapasitörlerin ilk metali olarak da görevi görmekte olup; kapasitör yapılarının oluşturulabilmesi için birinci metallerin (2) üzerindeki silisyum nitrür (Si_3N_4) dielektrik katmanı (3) olduğu bölgede kalmaya devam etmesi gerekmektedir. Bundan dolayı, Si_3N_4 dielektrik katmanı (3) tamamen aşındırılmadan önce fotolitografi yöntemiyle bir, silisyum nitrür (Si_3N_4) dielektrik katmanı (3) açıklığı litografisi yapılarak tek

parçalı mikrodalga tümleşik devrenin (TPMTD) kapasitör elemanlarına ait birinci metallerin (2) üstlerine gelen Si_3N_4 dielektrik katmanının (3) korunması sağlanmaktadır. Bu işlemden sonra da indüktif olarak eşlenmiş reaktif iyon aşındırma (İOERİA [ing: ICP-RIE; inductively coupled reactive ion etching]) yöntemiyle aktif bölge ve kapasitörlerin korunan birinci metal (2) bölgelerinin dışında kalan tüm yüzeydeki silisyum nitrür (Si_3N_4) dielektrik katmanı (3) aşındırılarak kaldırılır (Şekil – 3'te gösterilmektedir.).

Buluşta anlatılan fabrikasyon yöntemin bir sonraki işlem adımında fotolitografi için bir polimer tabanlı olan fotodirenç tabakası (4), dönel kaplama sisteminde belli bir hızda döndürülerek kaplanır. Şekil – 4'te ilgili polimer tabanlı kalın fotodirenç malzemesine (4) ilişkin örnek bir görünüm verilmektedir. Kaplanan polimer tabanlı kalın fotodirenç tabakası (4) ilk olarak fotodirenç malzemesini oluşturan çözücünün bir kısmını buharlaştırmak için pişirilir, ardından dönel kaplama sırasında alttaş kenarlarında oluşan polimer tabanlı kalın fotodirenç tabakasına (4) ait kenar birikintileri ucu bezden oluşan bir temizleme çubuğu yardımıyla aseton (CH_3COCH_3) kullanılarak temizlenir.

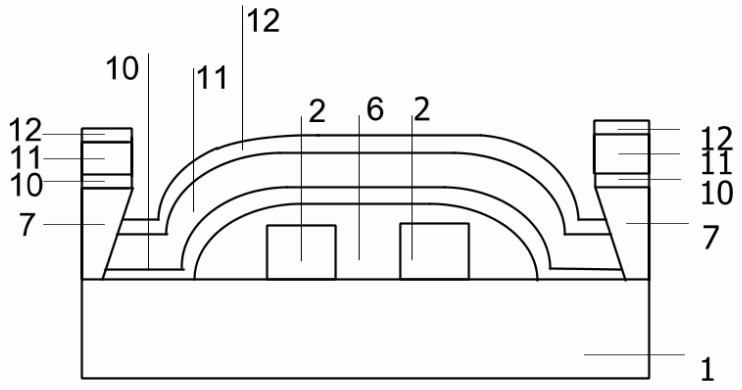
Bu buluşta anlatılan arabağlantı metalinin havada durmasına olanak sağlayan litografi unsurlarından birisi de fabrikasyonun bu aşamasında yapılan polimer tabanlı kalın fotodirenç malzemesinin (4) litografisidir. Fotolitografi yöntemiyle uygun fotomaske kullanılarak alttaş (1) üzerindeki polimer tabanlı kalın fotodirenç malzemesi (4) üzerine düz litografi yapılır ve ilgili yerler pozlanarak pozlanmış fotodirenç malzemesi (5) oluşturulur. Pozlanan bu bölgeler uygun bir banyolama çözeltisi içerisinde çözünerek gidecek duruma getirilmiştir (Şekil – 5'te gösterilmektedir.). Pozlanmış fotodirenç malzemesi (5), banyolama çözeltisi içerisinde belli bir süre bekletilerek çözünmesi sağlanır. Buluşta, bu banyolama işleminden sonra kalan polimer tabanlı kalın fotodirenç malzemesi (4) kullanılarak havada duran arabağlantı metalinin ayağı oluşturulmaktadır. Şekil – 6'da polimer tabanlı kalın fotodirenç malzemesine (4) ait profile ilişkin örnek bir görünüm verilmektedir. Litografi işlemi ile desenlenen polimer tabanlı kalın fotodirenç malzemesi (4), bir ısıtıcıda belli bir süre bekletilerek yeniden düzenlenir (reflow). Bu şekilde polimer tabanlı fotodirenç malzemesinden (4) ait profilin yuvarlak hatları olan kubbe şeklinde bir yeniden düzenlenmiş fotodirenç malzemesi (6) elde edilir (Şekil – 7'de gösterilmektedir.). Bu kubbe şeklindeki yeniden düzenlemiş fotodirenç malzemesi (6); arabağlantı metali elde etme işlemi sırasında kaplanan kalın bakır metalinin (11) üzerine tırmanarak havada duran yapıda olmasını sağlamaktadır.

Söz konusu litografisi yapılıp yeniden düzenlenmiş fotodirenç malzemesinin (6) ve alttaşın (1) üzerine dönel kaplama ile polimer tabanlı ve kalın olan ikinci fotodirenç malzemesi (7) kaplanır (Şekil – 8'de gösterilmektedir.). Fotolitografi yöntemiyle uygun fotomaske kullanılarak alttaş (1) üzerindeki ikinci fotodirenç malzemesi (7) üzerine ters litografi yapılır ve ilgili yerler pozlanır. Pozlama işleminden sonra alttaş (1) bir ısıtıcıda belli bir süre ısıtılıp bir kez daha fotomaskesi olacak şekilde pozlanarak, ikinci fotodirenç malzemesinin (7) tersinmesi sağlanır. Bu sayede ikinci fotodirenç malzemesi (7) üzerindeki ilk pozlanan yerler olan pozlanmış ikinci fotodirenç malzemesi (8), banyolama çözeltisi içerisinde çözünmezken; pozlanmayan yerler ise banyolama çözeltisi içerisinde çözünmeye uygun hale getirilerek pozlanmış ikinci fotodirenç malzemesi (8) elde edilir (Şekil – 9'da gösterilmektedir.). Bu pozlanmış ikinci fotodirenç malzemesinin (8), banyolama çözeltisi içerisinde belli bir süre bekletilip çözünmesi sağlanarak ikinci fotodirençteki açıklık (9) oluşturulur (Şekil – 10'da gösterilmektedir.). Bu sayede geriye, kalın bakır metalinin (11) yeniden düzenlenmiş fotodirenç malzemesi (6) üzerine kaplandığı zaman, arabağlantı metalinin ayağını oluşturmayı sağlayan açıklıklar elde edilir.

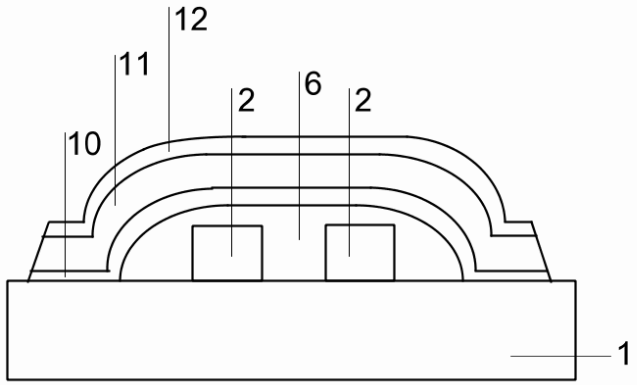
Bu buluşta anlatılan arabağlantı metali; bir metal yığını olup; kalın bakır (Cu) tabakası (11) ince titanyum (Ti) tabakası (10) ve ince altın (Au) tabakasından (12) oluşmaktadır. Alttaşın (1) üzerine sırasıyla ince (Ti) tabakası (10), kalın bakır (Cu) tabakası (11) ve ince altın (Au) tabakası (12) kaplanmakta olup; bu tabakaların kalınlıkları sırasıyla 200 nm, 2μm, 20 nm olmaktadır. İkinci fotodirençteki açıklık (9) oluşturulduktan sonra alttaş (1) üzerine, elektron demeti buharlaştırma yöntemi ile buluş konusu arabağlantı metalini elde etmek için metal kaplama ve kaldırma işlemi yapılmakta olup; bunun için ilk olarak sırasıyla bir ince titanyum (Ti) tabakası (10), kalın bakır (Cu) tabakası (11) ve bir ince altın (Au) tabakası (12) ince film olarak kaplanır (Şekil – 11'de gösterilmektedir.). İnce Ti tabakası (10), kalın bakır tabakasının (11) alttaş (1) içerisine difüzyon ile girmesini engellerken; ince altın tabakası (12) da kalın Cu tabakasının (11) havadan oksitlenmesini engellemektedir. Metal kaplama adımından sonra elde edilen alttaş (1) metal kaldırma çözeltisi içine koyulur. Buluşta metal kaldırma çözeltisi olarak N-Metil-2-Pirrolidon (NMP) çözeltisi kullanılmakta olup, bu çözelti üzerine elektron demeti buharlaştırma yöntemi ile metal kaplanmış olan ikinci fotodirenç malzemesini (7) çözünmesini sağlar. Bu sayede çözünen ikinci fotodirenç malzemesini (7) üzerindeki ince titanyum tabakası (10), kalın bakır tabakası (11), altın tabakasının (12) oluşturduğu arabağlantı metalinin kalkarak, havada durması sağlanır (Şekil – 12'de gösterilmektedir.).

Buluşta anlatılan havada duran arabağlantı metali fabrikasyonunda son işlem adımında alttaş (1), belli bir sıcaklıkta tutulan bir organik polimer çözücü sıvı içerisinde belli bir süre bekletilir. Bu şekilde havada duran arabağlantı metaline ayak görevi yapan yeniden düzenlenmiş fotodirenç malzemesinin (6) çözülerek kaldırılması sağlanarak; en altta ince titanyum (10) tabakası, ortada kalın bakır tabakası (11) ve üstte ince altın tabakası (12) olmak üzere üç farklı metalden oluşan havada duran arabağlantı metalinin fabrikasyonu tamamlanır.

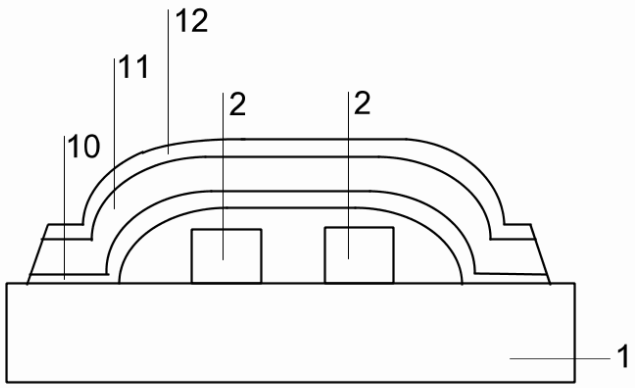
Bu buluşta anlatılan havada duran arabağlantı metali fabrikasyon yöntemi sonucu elde edilen arabağlantı metalinde, altın (Au) metali yerine bakır (Cu) metali kullanılması sayesinde büyük hacimli aygıt üretimlerinde maliyet ciddi bir oranda azaltılmakta olup; adı geçen alttaş (1) ile arasında herhangi bir dielektrik malzeme bulunmaması bakımından söz konusu arabağlantı metalinin havada durması sayesinde de performansa olumlu etki sağlamaktadır. Bu özelliği ile havada duran arabağlantı metali ile alttaş (1) arasında fazladan bir dielektriğin neden olacağı kapasitans ortadan kaldırılmaktadır.



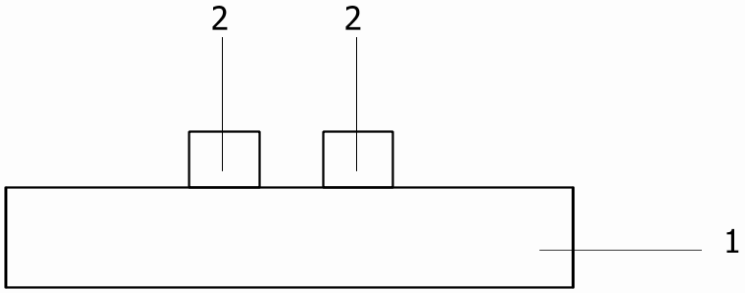
Şekil – 11



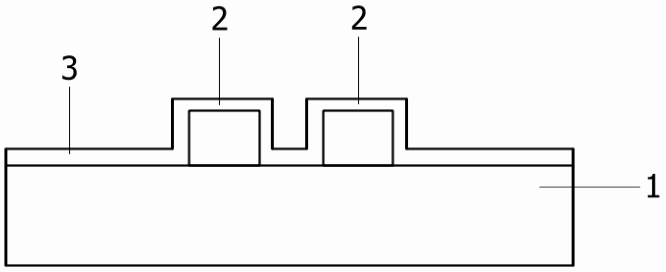
Şekil – 12



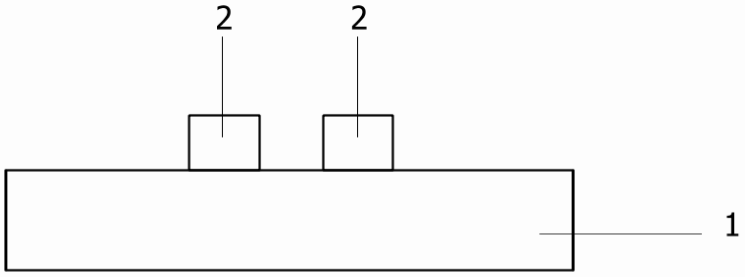
Şekil – 13



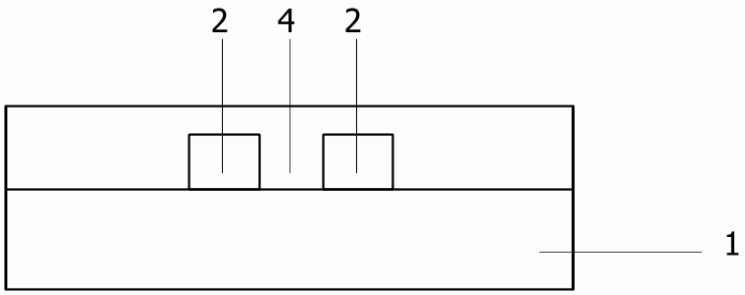
Şekil – 1



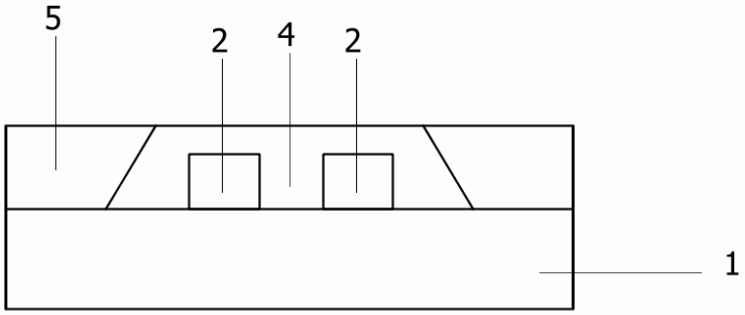
Şekil – 2



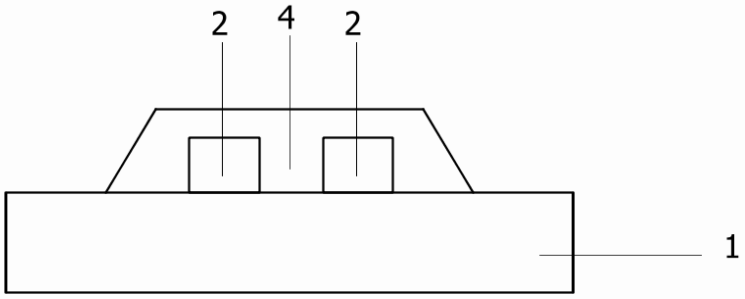
Şekil – 3



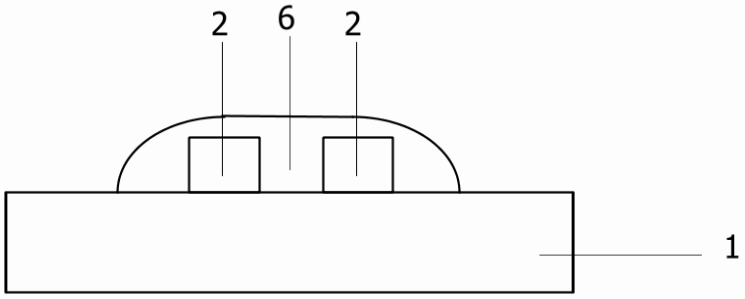
Şekil – 4



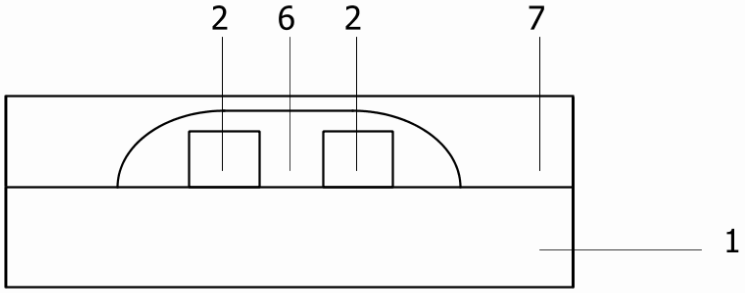
Şekil – 5



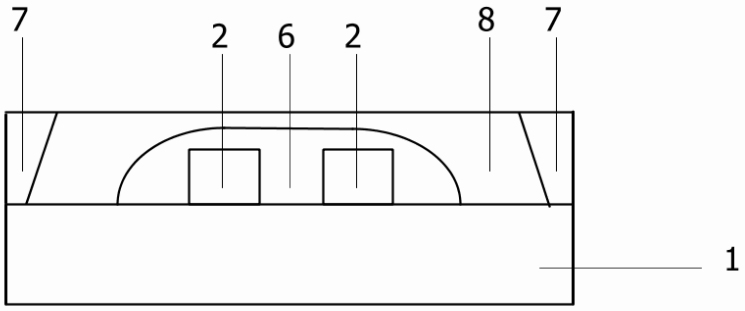
Şekil – 6



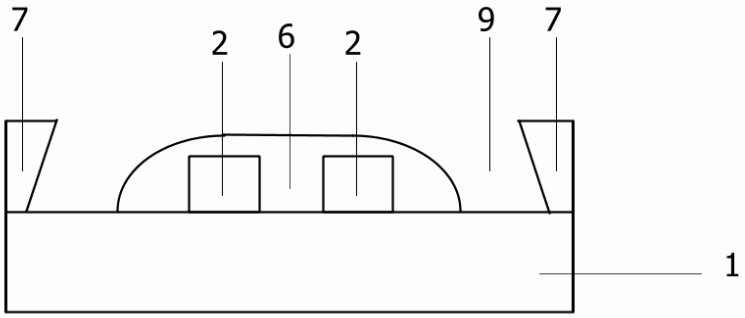
Şekil – 7



Şekil – 8



Şekil - 9



Şekil - 10