

ÖZET

GENİŞ BANT ARALIĞINDA ÇALIŞAN BİR YARIİLETKEN FOTODİYOT VE ELDE ETME YÖNTEMİ

5

Buluş; görünür bölge ve yakın kızılötesinin yanı sıra orta dalga kızılötesi ve uzak dalga boylarına kadar geniş bir bant aralığında çalışan ve siyah silisyumun (silikonun) kalkojen grubu elementleri (S(sülfür), Se(selenyum) ve Te(tellür)) ile katkılanmış halini içeren bir yarıiletken fotodiyot (fotodedektör) ve elde etme yöntemi ile ilgilidir.

10

İSTEMLER

1. Lazer ile pürüzleştirilerek ışık absorbansı sağlayan mikro yapıdaki ışık soğurucu (absorber) bölge (2),
5 -alüminyum (Al), gümüş (Ag) gibi metal malzemeler ile kaplanan birinci elektrik alt kontakt (3),
-kristal silisyumdan (c-Si) oluşan silikon (4),
-alüminyum (Al), gümüş (Ag) gibi metal malzemeler ile kaplanan ikinci elektrik alt kontakt (5),
10 -kalkojen elementler ile implant yapılmış silikon (4) bölgesine atım lazer ile katkılama sonucunda elde edilen kalkojen katkılı hiper-dolgun silikon bölgesi (6) ve
-alüminyum (Al)-gümüş (Ag) ile iki katmanlı, titan (Ti)-altın (Au) ile iki katmanlı, Ti-Platin(Pt)-Au-Ag ile üç katmanlı veya Ti-kurşun(Pb)-Ag ile
15 üç katmanlı alaşımlar kullanılarak genel olarak 10nm – 1000nm kalınlık aralığında kaplanan üst elektrik kontakt (7) içermesi ile karakterize edilen bir yarıiletken fotodiyot (1).
2. Ohmik kontakt oluşturan metalden mamul olan birinci elektrik alt kontakt
20 (3) ile karakterize edilen İstem 1’ deki gibi bir yarıiletken fotodiyot (1).
3. Ohmik kontakt oluşturan metalden mamul olan ikinci elektrik alt kontakt
(5) ile karakterize edilen İstem 1 veya 2’ deki gibi bir yarıiletken fotodiyot
(1).
25
4. Ohmik kontakt oluşturan metalden mamul olan üst elektrik kontakt (7) ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir yarıiletken fotodiyot (1).

5. Görünür bölge ve yakın kızılötesine ek olarak orta ve uzun kızılötesi dalga boylarına kadar geniş bant aralığında çalışabilmesi ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir yarıiletken fotodiyot (1).
- 5 6. Gelen düşük enerjili fotonlarında tutulmasını ve yüksek tepki gösterilmesini sağlaması ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir yarıiletken fotodiyot (1).
- 10 7. Ordu, kolluk kuvvetleri, savunma sanayi (gece görüntüsü), çeşitli sağlık, endüstriyel alanları (elektrik alanı, ısı yalıtım vb.), informasyon teknolojisi ve enerji sektöründe (fotovoltaik) daha geniş dalga boyunda çalışma şansı bulunması ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir yarıiletken fotodiyot (1).
- 15 8. Silikon (4) örneklerinin hazırlanması (101),
-silikonun (4) tek yüzeyine kalkojen elementlerinin implant yapılması (102),
-implant yapılan silikon (4) yüzeyinin atım lazer ile eritilerek katkılanması (lazer destekli doping) (103),
20 -silikonun (4) implantsız (diğer yüzey) bölgesinin atım lazer ile eritilmesi (darbeli/darbesiz) (104),
-silikon (4) yüzeyinden elektriksel ve elektro-optiksel sinyal ölçülmesi için mesa (pikselleştirme) yapı oluşturulması (mikrofabrikasyon) (105),
-silikon (4) yüzeyinden elektriksel ve optoelektrik sinyal alınması için
25 yüzeylerin metal ile kaplanması (106) ve
-metal ve silikon (4) arasında ohmik kontakt oluşturmak ve oluşan yapısal stres ve kusurları iyileştirmek için termal tavlama yapılması (107) adımlarını içermesi ile karakterize edilen bir yarıiletken fotodiyot elde etme yöntemi (100).
- 30

9. 1-10 Ω .cm özdirenç değerine sahip yarı iletken “p-tipi/n-tipi Si(100), Si(111) veya Si(110)” kristaller kullanılarak silikon (4) örnekleri hazırlanması (101) adımı ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir yarıiletken fotodiyot elde etme yöntemi (100).
- 5
10. Kalkojen elementleri olan S, Se ve Te elementlerinin silikonun herhangi bir yüzeyine pasif olarak implantlanmasıyla gerçekleştirilen silikonun (4) tek yüzeyine kalkojen elementlerinin implant yapılması (102) adımı ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir yarıiletken fotodiyot elde etme yöntemi (100).
- 10
11. Silikon (4) yüzeyinin, kalkojen elementleriyle lazer destekli katkılama tekniği kullanılarak katkılanmasıyla gerçekleştirilen silikonun (4) tek yüzeyine kalkojen elementlerinin implant yapılması (102) adımı ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir yarıiletken fotodiyot elde etme yöntemi (100).
- 15
12. Silikonun (4) kalkojen elementleri ile implant yapılmış olan yüzeyine atım lazer ile az sayıda lazer atışı yapılarak gerçekleştirilen implant yapılan silikon (4) yüzeyinin atım lazer ile eritilerek katkılanması (lazer destekli doping) (103) adımı ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir yarıiletken fotodiyot elde etme yöntemi (100).
- 20
13. Kalkojen katkılı silikon (4) malzemesinde kalkojen elementlerinin bulunduğu tabakanın lazer ile eritilmesi sırasında lazer gücü, lazer ışınım atım sayısı, atım frekansı, atım süresi, tarama hızı ve dalga boyu gibi parametrelerin uygun değerlerinde işlem gerçekleştirilen implant yapılan silikon (4) yüzeyinin atım lazer ile eritilerek katkılanması (lazer destekli doping) (103) adımı ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir yarıiletken fotodiyot elde etme yöntemi (100).
- 25
- 30

14. Optimum değerlerde çalışılması ile kalkojen elementlerinin bulunduğu tabakanın aşırı eritilip yok olmasının (ablasyon) ya da yeterince eritilememesi sonucu silikon (4) atomları ile kalkojen elementlerinin yeterince bağ kuramamasının önüne geçilmesini sağlayan implant yapılan silikon (4) yüzeyinin atım lazer ile eritilerek katkılanması (lazer destekli doping) (103) adımı ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir yarıiletken fotodiyot elde etme yöntemi (100).
15. Optimum değerlerde çalışılması ile silikonun (4) implant yapılmış yüzey tarafının (nanometre derinliğinde bulunan kalkojen elementlerin) aşırı katkılanmasını gerçekleştiren implant yapılan silikon (4) yüzeyinin atım lazer ile eritilerek katkılanması (lazer destekli doping) (103) adımı ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir yarıiletken fotodiyot elde etme yöntemi (100).
16. Az sayıda lazer atışı yaparak implant yapılmış kalkojen elementlerinin konsantrasyonunun buharlaşma ile azaltılmasını engelleyen ve aşırı doplamayı gerçekleştiren implant yapılan silikon (4) yüzeyinin atım lazer ile eritilerek katkılanması (lazer destekli doping) (103) adımı ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir yarıiletken fotodiyot elde etme yöntemi (100).
17. Silikonun (4) daha geniş ara enerji bandı oluşturup daha uzun dalga boylarında tepkisellik göstermesini sağlayan implant yapılan silikon (4) yüzeyinin atım lazer ile eritilerek katkılanması (lazer destekli doping) (103) adımı ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir yarıiletken fotodiyot elde etme yöntemi (100).
18. Vakum odasında vakum altında, gaz (örneğin: hava, asal gaz veya asal olmayan gazlar vb.) atmosferinde veya saf su ortamında tabla üzerinde bulunan silikonun (4) implant yapılmamış (kalkojen elementleri içermeyen)

- yüzeyinin atım lazer sayesinde eritilerek/ablasyon yapıp yüzey pürüzlendirmesi (tekstüre), ışığın soğurulmasını sağlayan mikro/nano yapıların (absorber tabakası) elde etmesi ve silikonun (4) yüzey yansıması azaltılarak geniş bant dalga boyunda ışık absorbanlığı oluşturması işlemlerini yapan silikonun (4) implantsız (diğer yüzey) bölgesinin atım lazer ile eritilmesi (darbeli/darbesiz) (104) adımı ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir yarıiletken fotodiyot elde etme yöntemi (100).
- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 19.** İmplant konsantrasyonunu azaltmamak için implantsız yüzeyde işlem gerçekleştirip silikonun (4) optik, elektro-optik ve enerji bant yapı özelliklerini geliştirmek/değiştirmek için katkılanmış ve katkılanmamış yüzeyleri birbirinden bağımsız olarak işleyen silikonun (4) implantsız (diğer yüzey) bölgesinin atım lazer ile eritilmesi (darbeli/darbesiz) (104) adımı ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir yarıiletken fotodiyot elde etme yöntemi (100).
- 20.** Klasik/standart mesa aşındırma (pikselleştirme) tekniği ya da fotolitografi mesa aşındırma tekniği kullanılarak fotodedektörler için mesa yapı oluşturan silikon (4) yüzeyinden elektriksel ve elektro-optiksel sinyal ölçülmesi için mesa (pikselleştirme) yapı oluşturulması (mikrofabrikasyon) (105) adımı ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir yarıiletken fotodiyot elde etme yöntemi (100).
- 21.** Optimum parametreler ile kalkojen katkılanmış silikon (4) yüzeyinde, lazer ile istenilen noktaları istenilen derinliklerde aşındırarak mesa yapısı oluşturan silikon (4) yüzeyinden elektriksel ve elektro-optiksel sinyal ölçülmesi için mesa (pikselleştirme) yapı oluşturulması (mikrofabrikasyon) (105) adımı ile karakterize edilen İstem 1 ila 19'dan herhangi birindeki gibi bir yarıiletken fotodiyot elde etme yöntemi (100).

- 5 22. Aşındırma sırasında yüzeyde oluşan silikon oksitin HF (hidrojenflorür) uygulanarak yüzeyden kaldırılıp mesa elde edildiği silikon (4) yüzeyinden elektriksel ve elektro-optiksel sinyal ölçülmesi için mesa (pikselleştirme) yapı oluşturulması (mikrofabrikasyon) (105) adımı ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir yarıiletken fotodiyot elde etme yöntemi (100).
- 10 23. Klasik/standart metal kaplama (metalizasyon) teknikleri ile birinci elektrik alt kontakt (3), ikinci elektrik alt kontakt (5) ve üst elektrik kontakt (7) elde eden silikon (4) yüzeyinden optoelektrik sinyal alınması için yüzeylerin metal ile kaplanması (106) adımı ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir yarıiletken fotodiyot elde etme yöntemi (100).
- 15 24. Silikonun (4) implant edilmemiş tarafının metal ince film kaplı cam yüzey üzerine oturtulup, aşındırılmış silikon (4) yüzeyinin belli noktalarının atımlı lazerin vakumlu ortamda yaptığı atışlar ile buharlaştırılıp metal ile kaplandığında birinci elektrik alt kontakt (3), ikinci elektrik alt kontakt (5) ve üst elektrik kontaktın (7) elde edildiği silikon (4) yüzeyinden 20 optoelektrik sinyal alınması için yüzeylerin metal ile kaplanması (106) adımı ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir yarıiletken fotodiyot elde etme yöntemi (100).
- 25 25. 350K – 900K sıcaklık değerleri arasında ve 5dk – 60dk zaman aralığında gerçekleştirilen metal ve silikon (4) arasında ohmik kontakt oluşturmak ve oluşan yapısal stres ve kusurları iyileştirmek için termal tavlama yapılması (107) adımı ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir yarıiletken fotodiyot elde etme yöntemi (100).

30

TARİFNAME

GENİŞ BANT ARALIĞINDA ÇALIŞAN BİR YARIİLETKEN FOTODİYOT VE ELDE ETME YÖNTEMİ

5

Teknik Alan

Buluş; görünür bölge ve yakın kızılötesinin yanı sıra orta dalga kızılötesi ve uzak dalga boylarına kadar geniş bir bant aralığında çalışan ve siyah silisyumun (silikonun) kalkojen grubu elementleri (S(sülfür), Se(selenyum) ve Te(tellür)) ile katkılanmış halini içeren bir yarıiletken fotodiyot (fotodedektör) ve elde etme yöntemi ile ilgilidir.

Önceki Teknik

15

Silisyumun kullanışlı optik ve elektriksel özellikleri olan bir varyasyonu da siyah silisyum (b-Si) adı verilen malzemedir. Bu malzeme, yüzeyine gelen ışığın tamamına yakını bünyesinde hapsedmekte, bu nedenle de gelen ışıktan maksimum fayda sağlamaktadır. Dolayısıyla güneş enerjisi ve fotodedektör sistemlerinde kullanışlı olduğu söylenebilir.

20

Günümüzde fotodedektör alanında, ağırlıklı olarak kuantum kuyulu kızılötesi fotodedektörlerde (QWIP), HgCdTe (Mercury Cadmium Telluride – MCT) ve Tip-II süper örgü detektörler yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, bu dedektörlerin üretim aşamasındaki yüksek maliyetleri göz önüne alındığında daha uygun maliyetlerde dedektör alternatifi arayışları kaçınılmaz olmaktadır. Bu tip dedektörlere alternatif olarak düşük maliyetli ham madde ve üretim maliyetlerinden dolayı kalkojen katkı silisyum fotodedektörler üzerine çalışmalar başlamıştır. İlerleyen zamanlarda yapılan çalışmalarda aşırı yüksek 25 sülfür katkı silisyum tabanlı malzemelerin yüzeyini yerel olarak hızlı eritilerek mikro yapılandırılmış dedektörler elde edilmiştir. Ayrıca silisyum tabanlı güneş 30

hücrelerinin maliyetlerinin düşerek veriminin yükselmesi, enerji sektöründe de silisyumun kullanılabilirliğini hızla arttırmıştır. Başta silisyumu normalin üzerinde katkılayarak yüzeyini pürüzleştirme fikri, güneş gözelerinin performansını arttırmak için ortaya atılmıştır. Böylece ara enerji seviyelerinin çokluğu sayesinde görünür bölgeye ek olarak yakın kızılötesi ışınlarının da soğurulacağı ve güneş ışınlarından daha verimli faydalanılabileceği düşünülmüştür. Yapılan aşırı katkılamalarla beraber kızılötesi bantta fototepki elde edilmesiyle siyah silisyum malzemenin kızılötesi görüntüleme üzerine kullanılması fikri ortaya çıkmıştır.

10 2000’li yıllara gelindiğinde siyah silisyumun yüksek optoelektronik özelliklerinin keşfedilmesiyle beraber, eş zamanlı olarak nanosaniye ve femtosaniye atımlı lazer ile aşırı katkılı silisyum numunelerinin yüzeyinde yerel aşırı hızlı eritme işlemi uygulanmış ve yüzeyde iğne benzeri mikro yapılar yaratarak yüzey optik soğurmasının görünür ve yakın kızılötesi bölgede %90’ın üzerine artması sağlanmıştır. Ayrıca yüzeydeki bu mikro yapıların yüksekliğe bağlı olarak soğurmayı etkilediği ortaya koyulmuştur. Daha sonra, iki elektron veren donör iyonlar ile katkılamak amacıyla kalkojen iyonlarını kullanarak yüzeyde sülfür, selenyum ve tellür katmanlı mikroyapı (mikrokristal) oluşturulması başarılmıştır. Ayrıca, bu malzemenin yüksek soğurma ve tepkisellik gibi dikkat çekici optoelektronik özelliklere sahip olduğu da gösterilmiştir.

25 Üretilen numunelerden yakın kızılötesi dalga boylarında yüksek absorptans ve verimlilik elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda yakın kızılötesi bölgede algılama yapabilen bir fotodedektör geliştirilmiştir. Devamında ise siyah silisyum fotodedektörler ticari olarak satışa sunulmuştur.

30 Son zamanlarda, silisyum cihazların (kızılötesi yarıiletken fotodiyotlar, ışık yayan diyotlar ve ince film güneş pilleri) üretim teknolojileri düşük maliyet ve yüksek performansa bağlı olarak geliştirilmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda, iyon implantasyon, difüzyon vb. yöntemler kullanılarak silisyum malzemeler kalkojen

elementler ile katkılanmış ve elde edilen bu mikro yapılı silisyum malzemeler femtosaniye lazer ile işlenerek optoelektronik özellikleri incelenmiştir.

5 Konu ile ilgili önceki çalışmalar incelendiğinde, silisyum tabanlı kızılötesi fotodetektör malzemelerinin üretiminde kullanılan femto veya piko saniye-lazer parametrelerinin ve numune kalınlığının açıkça ortaya konulamamış olduğu görülmüştür.

10 Mevcutta 2500 nm dalgaboyu üzerinde optiksel (absorptans) ve 1250 nm dalgaboyu üzerinde elektro-optiksel herhangi bir çalışma olmaması önemli bir eksiklik olarak göze çarpmaktadır. Bu değerın üstündeki absorbtans spektrumunun davranışının ortaya konulmasına ve daha uzun dalga boylarında bu fotodetektörlerin çalışıp çalışmayacağını tespitine ayrıca fotodetektörlerdeki katkı konsantrasyonlarının yüksek konsantrasyonlarda vereceği tepkinin tespit edilmesine ve ek olarak yaklaşık 1250 nm dalga boyu üzerinde fotodetektörlerin elektro-optik ölçümlerine ulaşılmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

20 Tekniğin bilinen durumunda yer alan CN105655419 sayılı Çin patent dokümanında, geniş dalga boyu aralığında çalışan kalkojen elementleri ile katkılanmış siyah silisyum malzemedan bahsedilmektedir.

25 Tekniğin bilinen durumunda yer alan US2012012967 sayılı Birleşik Devletler patent dokümanında, siyah silisyum bazlı metal yarı iletken fotodetektörlerin üretim yönteminden bahsedilmektedir.

Buluşun Kısa Açıklaması

30 Bu buluşun amacı, görünür bölge ve yakın kızılötesinin yanı sıra orta dalga kızılötesi ve uzak dalga boylarına kadar geniş bant aralığında çalışan kalkojen katkılı siyah silisyum (Si) bazlı bir yarıiletken fotodiyot (fotodetektör) ve elde etme yöntemi gerçekleştirmektir.

Bu buluşun bir başka amacı, siyah silisyum numunelerine kalkojen katkılanmış yarıiletken fotodiyot (fotodedektör) ve elde etme yöntemi gerçekleştirmektir.

5 **Buluşun Ayrıntılı Açıklaması**

Bu buluşun amacına ulaşmak için gerçekleştirilen “Geniş Bant Aralığında Çalışan Bir Yarıiletken Fotodiyot ve Elde Etme Yöntemi” ekli şekillerde gösterilmiş olup; bu şekillerden:

10

Şekil 1. Buluş konusu yarıiletken fotodiyotun yandan bir görünüşüdür.

Şekil 2. Buluş konusu yarıiletken fotodiyot elde etme yöntemine ilişkin akış diyagramıdır.

15 Şekillerde yer alan parçalar tek tek numaralandırılmış olup, bu numaraların karşılıkları aşağıda verilmiştir.

1. Yarıiletken fotodiyot
2. Işık soğurucu (absorber) bölge
- 20 3. Birinci elektrik alt kontakt
4. Silikon
5. İkinci elektrik alt kontakt
6. Kalkojen katkılı hiper-dolgun silikon bölgesi
7. Üst elektrik kontakt

25

Buluş konusu geniş bant aralığında çalışan yarıiletken fotodiyot (1);

-lazer ile pürüzleştirilerek ışık absorbansı sağlayabilen mikro yapıdaki ışık soğurucu (absorber) bölge (2),

-alüminyum (Al), gümüş (Ag) gibi metal malzemeler ile kaplanan birinci elektrik alt kontakt (3),

30

-kristal silisyumdan (c-Si) oluşan silikon (4),

-alüminyum (Al), gümüş (Ag) gibi metal malzemeler ile kaplanan ikinci elektrik alt kontakt (5),

-kalkojen elementler ile implant yapılmış silikon (4) bölgesine atım lazer ile katkılama sonucunda elde edilen kalkojen katkılı hiper-dolgun silikon bölgesi (6)

5 ve

-alüminyum (Al)-gümüş (Ag) ile iki katmanlı, titan (Ti)-altın (Au) ile iki katmanlı, Ti-Platin(Pt)-Au-Ag ile üç katmanlı veya Ti-kurşun(Pb)-Ag ile üç katmanlı alaşımlar kullanılarak genel olarak 10nm – 1000nm kalınlık aralığında kaplanan üst elektrik kontakt (7) kısımlarını içermektedir.

10

Buluşun tercih edilen bir uygulamasında birinci elektrik alt kontakt (3), ohmik kontakt oluşturan bir metalden mamuldür.

Buluşun tercih edilen bir uygulamasında ikinci elektrik alt kontakt (5), ohmik kontakt oluşturan bir metalden mamuldür.

15

Buluşun tercih edilen bir uygulamasında üst elektrik kontakt (7), ohmik kontakt oluşturan bir metalden mamuldür.

20

Buluşun tercih edilen bir uygulamasında geniş bant aralığında çalışan yarıiletken fotodiyot (1) görünür bölge ve yakın kızılötesine ek olarak orta ve uzun kızılötesi dalga boylarına kadar geniş bant aralığında çalışabilmektedir.

Buluşun tercih edilen bir uygulamasında geniş bant (elektromagnetik spektrumun'un) aralığında çalışan yarıiletken fotodiyota (1) gelen düşük enerjili fotonlarında tutulmasını ve yüksek tepki gösterilmesini sağlamaktadır.

25

Buluşun tercih edilen bir uygulamasında geniş bant aralığında çalışan yarıiletken fotodiyot (1) sayesinde; ordu, kolluk kuvvetleri, savunma sanayi (gece görüntüsü), çeşitli sağlık, endüstriyel alanları (elektrik alanı, ısı yalıtım vb.), informasyon

30

teknolojisi ve enerji sektöründe (fotovoltaik) tercih edilen yarıiletken fotodiyotların daha geniş dalga boyunda çalışma şansı bulunmaktadır.

Buluş konusu yarıiletken fotodiyot (1) elde etme yöntemi (100);

- 5 -silikon (4) örneklerinin hazırlanması (101),
-silikonun (4) tek yüzeyine kalkojen elementlerinin implant yapılması (102),
-implant yapılan silikon (4) yüzeyinin atım lazer ile eritilerek katkılanması (lazer destekli doping) (103),
-silikonun (4) implantsız (diğer yüzey) bölgesinin atım lazer ile eritilmesi
10 (darbeli/darbesiz) (104),
-silikon (4) yüzeyinden elektriksel ve elektro-optiksel sinyal ölçülmesi için mesa (pikselleştirme) yapı oluşturulması (mikrofabrikasyon) (105),
-silikon (4) yüzeyinden elektriksel ve optoelektrik sinyal alınması için yüzeylerin metal ile kaplanması (106) ve
15 -metal ve silikon (4) arasında ohmik kontakt oluşturmak ve oluşan yapısal stres ve kusurları iyileştirmek için termal tavlama yapılması (107) adımlarını içermektedir.

- Buluşun tercih edilen bir uygulamasında silikon (4) örnekleri hazırlanırken (101),
1-10 Ω .cm öz direnç değerine sahip yarı iletken ‘‘p-tipi/n-tipi Si(100), Si(111)
20 veya Si(110)’’ kristaller kullanılmaktadır.

- Buluşun tercih edilen uygulamasında silikonun (4) tek yüzeyine kalkojen elementlerinin implant yapılması (102) işlemi için kalkojen elementleri olan S, Se ve Te elementleri silikonun herhangi bir yüzeyine pasif olarak implantlanır
25 (implant parametreleri **Tablo 1**’ de gösterilmektedir). Burada silikon (4) yüzeyi, kalkojen elementleriyle lazer destekli katkılama tekniği kullanılarak katkılanmaktadır.

30

Tablo 1. İmplant parametreleri

Elementler	Katkılama Enerjisi	Katkılanma Dozları	Numune (Silikon)
Sülfür (S)	90-250 keV	10^{16-17} iyon/cm ²	p-tipi/n-tipi
Selenyum (Se)	150-500 keV	10^{14-16} iyon/cm ²	Si(100),Si(111), Si(110),
Tellür (Te)	150-500 keV	10^{14-16} iyon/cm ²	Tek kristalli malzeme üretme: Czochralski yöntemi (CZ) ve Float Zone yöntemi (FZ) FZ

Buluşun tercih edilen uygulamasında implant yapılan silikon (4) yüzeyinin atım
5 lazer ile eritilerek katkılanması (lazer destekli doping) (103) işleminde silikonun
(4) kalkojen elementleri ile implant yapılmış olan yüzeyine atım lazer ile az
sayıda lazer atışı yapılmaktadır (ilgili lazer atım parametreleri **Tablo 2'**de
gösterilmektedir). Kalkojen katkılı silikon (4) malzemesinde kalkojen
elementlerinin bulunduğu tabakanın lazer ile eritilmesi sırasında lazer gücü, lazer
10 ışınım atım sayısı, atım frekansı, atım süresi, tarama hızı ve dalga boyu gibi
parametrelerin uygun değerlerinde işlem yapılması gerekmektedir. **Tablo 2'** de
yer alan optimum değerlerde çalışılmaması kalkojen elementlerinin bulunduğu
tabakanın aşırı eritilip yok olmasına (ablayon) ya da yeterince eritememesi
sonucu silikon (4) atomları ile kalkojen elementlerinin yeterince bağ
15 kuramamasına sebep olmaktadır. Böylece silikonun (4) implant yapılmış yüzey
tarafının (nanometre derinliğinde bulunan kalkojen elementlerin) aşırı
katkılanması gerçekleştirilmektedir. Az sayıda lazer atışının nedeni,
implant yapılmış kalkojen elementlerinin konsantrasyonunun buharlaşma ile
azaltılmasını engellemek ve aşırı doplamayı gerçekleştirmektir. Böylece, silikon

(4) daha geniş ara enerji bandı oluşturup daha uzun dalga boylarında tepkiselliğini artırmaktır. Ayrıca, mikrofabrikasyon (pikselleştirme) yapımında avantaj göstermektedir.

5 **Tablo 2.** İmplant yapılan silikon yüzeyi için lazer atım parametreleri

Lazer modu, Tekrarlama Frekansı	Lazer Enerjisi	Lazer Tarama Hızı	Lazer Atış/Tarama Sayısı	Numune
Brust (darbeli) mod, continuous (sürekli) mod ≤ 50 kHz	0,5-1,7 J/cm ²	5-10 mm/s	1-5	p-tipi/n-tipi Si(100),Si(111), Si(110), Tek kristalli malzeme üretme: Czochralski yöntemi (CZ) ve Float Zone yöntemi (FZ)

Buluşun tercih edilen uygulamasında silikonun (4) implantsız (diğer yüzey) bölgesinin atım lazer ile eritilmesi (darbeli/darbesiz) (104) işlemi için öncelikle silikon (4) kristalleri bir tablaya yerleştirilmektedir. Üzerinde silikon (4) kristalleri bulunan bu tabla bir vakum odasına alınmakta ve ortam vakumlanmaktadır. Ya da işlem gaz (örneğin: hava, asal gaz veya asal olmayan gazlar vb.) atmosferleri altında veya saf su ortamında da gerçekleştirilebilmektedir. İşlem için uygun ortam oluşturulduktan sonra silikonun (4) implant yapılmamış (kalkojen elementleri içermeyen) yüzeyi atım lazer sayesinde eritilerek/ablasyon yapılarak yüzey pürüzlendirilmekte (tekstüre), ışığın soğurulmasını sağlayan mikro/nano yapılar (absorber tabakası) elde edilmekte ve silikonun (4) yüzey yansımaları azaltılarak geniş bant dalga boyunda ışık absorbanlığı sağlanmaktadır/artırılmaktadır. İmplant konsantrasyonunu azaltmamak için bu yüzeyde işlem gerçekleştirilmektedir (ilgili lazer atım parametreleri **Tablo 3'** te

gösterilmektedir). Böylece, silikonun (4) optik, elektro-optik ve enerji bant yapı özelliklerini geliştirmek/değiştirmek için katkılanmış ve katkılanmamış yüzeyleri birbirinden bağımsız olarak işlem yapılabilir.

5 **Tablo 3.** İmplant yapılmayan silikon yüzeyi için lazer atım parametreleri

Lazer modu, Tekrarlama Frekansı	Lazer Enerjisi	Lazer Tarama Hızı	Lazer Atış/Tarama Sayısı	Numune
Brust (darbeli)/ continuous (darbesiz) mod, ≤ 50 kHz	0,5-3 J/cm ²	5-10 mm/s	≤ 3000	p-tipi/n-tipi Si(100),Si(111), Si(110), Tek kristalli malzeme üretme: Czochralski yöntemi (CZ) ve Float Zone yöntemi (FZ)

Buluşun tercih edilen uygulamasında silikon (4) yüzeyinden elektriksel ve elektro-optiksel sinyal ölçülmesi için mesa (pikselleştirme) yapı oluşturulması (mikrofabrikasyon) (105) işlemleri; klasik/standart mesa aşındırma (pikselleştirme) tekniği ya da fotolitografi mesa aşındırma tekniği kullanılarak fotodedektörler için mesa yapı oluşturulmaktadır (Şekil 1). Mesa yapı oluşturmakta bir diğer teknik, lazer aşındırma metodunun kullanılmasıdır. Optimum parametreler ile kalkojen katkılanmış silikon (4) yüzeyinde, lazer ile istenilen noktalar istenilen derinliklerde aşındırılarak mesa yapısı oluşturulmaktadır. Aşındırma sırasında yüzeyde silikon oksit oluşmakta ancak HF (hidrojenflorür) uygulanarak oksitlenmiş tabaka yüzeyden kaldırılarak mesa elde edilmektedir.

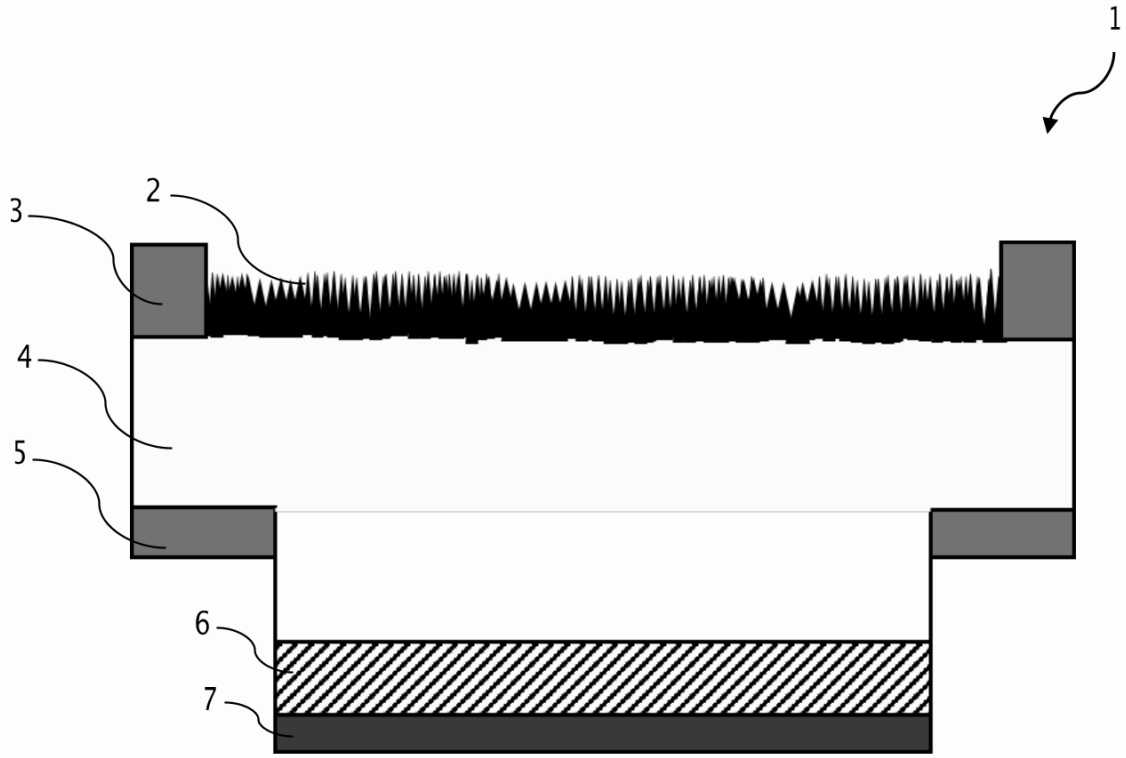
Buluşun tercih edilen uygulamasında silikon (4) yüzeyinden elektriksel ve optoelektrik sinyal alınması için yüzeylerin metal ile kaplanması (106) işleminde, klasik/ standart metal kaplama (metalizasyon) teknikleri kullanılmaktadır. Böylece, birinci elektrik alt kontakt (3), ikinci elektrik alt kontak (5) ve üst elektrik kontak (7) elde edilmektedir. Metal kaplama işlemleri de yapıldıktan sonra elde edilen metal katmanlarını gösteren yarıiletken fotodiyot yapısı Şekil 1' de gösterilmiştir.

Buluşun bir başka uygulamasında silikon (4) yüzeyinden elektriksel ve optoelektrik sinyal alınması için yüzeylerin metal ile kaplanması (106) işleminde, silikonun (4) implant edilmemiş tarafı metal ince film kaplı cam yüzey üzerine oturtulmakta ve aşındırılmış silikon (4) yüzeyinin belli noktaları atımlı lazerin vakumlu ortamda yaptığı atışlar ile buharlaşıp metal ile kaplanmaktadır. Böylece, birinci elektrik alt kontakt (3), ikinci elektrik alt kontakt (5) ve üst elektrik kontakt (7) elde edilmektedir. (Metal kaplama işlemleri de yapıldıktan sonra elde edilen metal katmanlarını gösteren yarıiletken fotodiyot yapısı Şekil 1' de gösterilmiştir.)

Buluşun tercih edilen uygulamasında metal ve silikon (4) arasında ohmik kontakt oluşturmak ve oluşan yapısal stres ve kusurları iyileştirmek için termal tavlama yapılması (107) işlemi 350K – 900K sıcaklık değerleri arasında ve 5dk – 60dk zaman aralığında gerçekleştirilmektedir.

Bu temel kavramlar etrafında, buluş konusu geniş bant aralığında çalışan yarıiletken fotodiyot (1) ve elde etme yöntemi (100) için çok çeşitli uygulamaların geliştirilmesi mümkün olup, buluş burada açıklanan örneklerle sınırlandırılmaz, esas olarak istemlerde belirtildiği gibidir.

Şekil 1



Şekil 2

