



**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA
ELMİN İNKİŞAFI FONDU**

**Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun
elmi-tədqiqat proqramlarının, layihələrinin və digər elmi tədbirlərin
maliyyələşdirilməsi məqsədi ilə qrantların verilməsi üzrə
2012-ci il üçün 2-ci müsabiqəsinin (EİF-2012-2(6)) qalibi olmuş
lahiyənin yerinə yetirilməsi üzrə**

YEKUN ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: **Yeni detektətmə prinsipi əsasında işləyən yüksək həssaslı infraqırmızı fotoqəbuledici**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Həsənov İlham Soltan oğlu**

Qrantın məbləği: **80 000 manat**

Layihənin nömrəsi: **EİF-2012-2(6)-39/05/1-M-12**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **04 aprel 2013-cü il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **12 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 may 2013-cü il-01 may 2014-cü il**

Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır

Diqqət! Uyğun məlumat olmadığı təqdirdə müvafiq bölmə boş buraxılır

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

1 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə yerinə yetirilmiş işlər, istifadə olunmuş üsul və yanaşmalar

Kiçik ölçülü soyudulan İQ fotoqəbuledicilərin əsas tətbiqi sahəsi ekstremal dərəcədə zəif şüaların detektə edilməsi, həmçinin orta (3-5 mkm) və uzaq (8-14 mkm) İQ diapazonda istilik təsvirinin formalaşdırılmasıdır. Hazırkı dövrdə fətohəssaslıq parametrləri nəzəri hüdüdlərə yaxın olan kiçik ölçülü İQ fotorezistorların və fotodiodların hazırlanması texnologiyası kifayət qədər yaxşı işlənmişdir [1]. İQ fotoqəbuledicilərin tətbiqi zamanı fətohəssaslıq parametrlərinin artırılması məqsədi ilə fon selinin azaldılması üçün əksər hallarda soyudulan diafraqmalardan, yaxud optik süzgəclərdən istifadə olunur [2, 3]. Fotorezistorların həssaslıq parametrlərinin artırılmasına fətohəssas oblastın sahəsinin, qalınlığının kiçildilməsi, tətbiq olunmuş gərginliyin və qeyri-taraz yükdaşıyıcılarının yaşama müddətinin artırılması yolu ilə nail olmaq olar. Lakin fətohəssas oblastın sahəsi optik sistemdəki difraksiya hadisəsi ilə məhdudlaşır, yarımkəçirici lövhənin qalınlığını ~10 mkm-dən aşağı qiymətlərə qədər azaltdıqda isə, səthi rekombinasiyasının təsiri nəticəsində udulan şüanın intensivliyi və fotorelaksasiya zamanı (τ) kəskin azalır. Eyni zamanda tətbiq olunan gərginliyin artırılması yükdaşıyıcıların ekstraksiya effekti ilə [4], yaşama müddəti isə, səthdə və yarımkəçiricinin həcmində baş verən rekombinasiya prosesləri ilə məhdudlaşır.

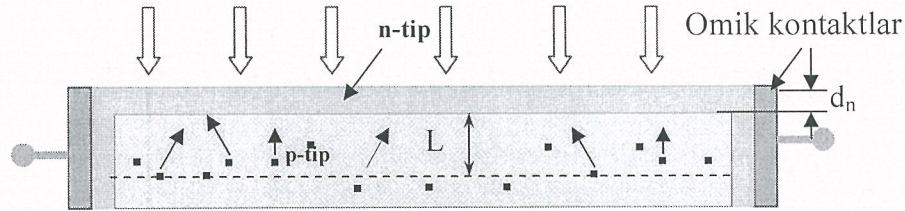
Hazırkı layihədə İQ-şüalarının fotokeçirici detektorları üzərində bu günə kimi aparılmış eksperimentlərdə alınmış ftohəssaslıq parametrlərindən xeyli dərəcədə yüksək olan parametrləri təmin edən yeni quruluş prinsipi təklif edilmiş, darzolaqlı yarımkeçiricilər əsasında belə İQ fotoqəbuledicinin işləməsinin fiziki əsasları işlənmişdir.

Yeni tip fotoqəbuledicinin iş prinsipi fotogenerasiya olunmuş qeyri-əsas yükdaşıyıcıların müəyyən yolla səthyanı layda yaradılmış fəza yükü oblastında (FYO) ayrılmasına əsaslanır. Bu da qeyri-taraz yükdaşıyıcıların yaşama müddətinin və tətbiq olunan gərginliyin artmasına gətirərək ftohəssaslığın artması ilə nəticələnir.

Fotoçevirmənin yeni prinsipi 3 çeşiddə işlənmiş fotoqəbuledicilərdə yoxlanılmışdır.

1-ci -ən sadə tip.

Fotoqəbuledici səthində nazik n-tip layı yaradılmış darzolaqlı p-Cd_xHg_{1-x}Te (x=0.24-0.3) əsasında hazırlanmışdır (şəkil 1).

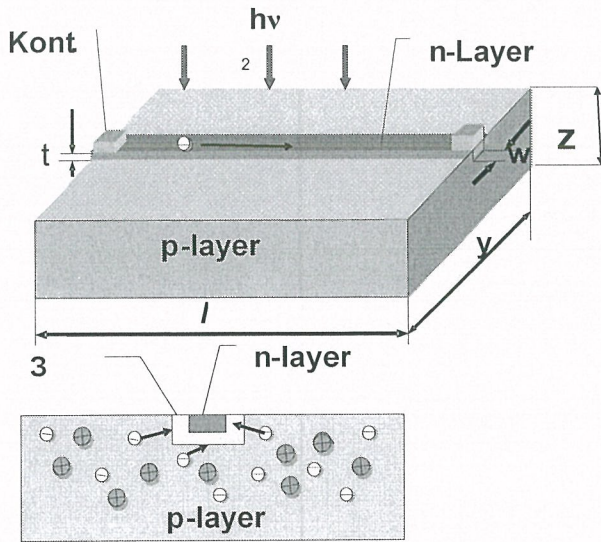


Şəkil 1. Nazik n-tip laylı fotorezistorun sxemi.

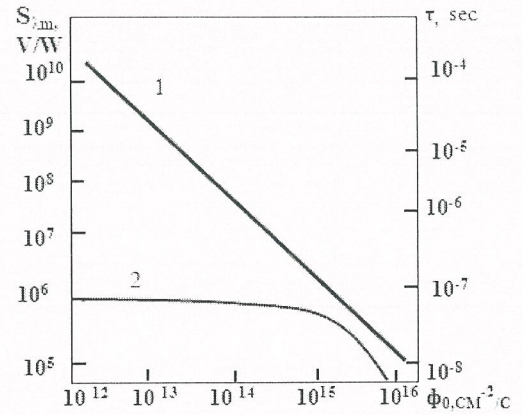
Səthyanı layda p-n keçidin (FYO) mövcudluğu mühüm dərəcədə diffuziya-dreyf cərəyanların axınının xarakterini dəyişir. FYO-nin elektrik sahəsi generasiya olunmuş elektron-deşik cütlərini ayırır və onların rekombinasiya olması üçün potensial sədd (ϕ_b) yaradır. Struktur işıqlandırıldıqda generasiya olunmuş, o cümlədən p-oblastda, fotoelektronlar n-layla FYO sərhədində yığılaraq orada olan akseptorların yükünü kompensasiya edir, deşiklər isə, FYO ilə kvazineytral p-oblastı sərhədində yığılır. Bu zaman FYO-nin eni kiçilir, kvazineytral n-layın eni isə artır. Beləliklə, n-layın keçiriciliyinin modulyasiyası yalnız fotoelektronlar hesabına baş verir və fotokeçiricilik monopolyardır. Monopolyar fotokeçiricilik zamanı qeyri-taraz yükdaşıyıcılarının ekstraksiyası baş vermir [5], ona görə də tətbiq olunan gərginliyi xeyli artırmaq mümkündür. Rekombinasiya səddinin ϕ_b mövcudluğu böyük relaksasiya müddətlərini (τ_b) şərtləndirir və səthi rekombinasiyanın S_0 təsirini xeyli dərəcədə azaldır [5]. Həmçinin qeyd edilməlidir ki, nazik n-tip layda p-n keçiddən azad yürüş uzunluğu (L) məsafədə fotogenerasiya olunmuş bütün qeyri-əsas yükdaşıyıcılar p-oblastında yığılır. [6]-da göstərdiyimiz kimi, belə halda volt-vatt həssaslığı bircinsli p-tip yarımkeçiricidəkinə nisbətən

$$\frac{R_{vi}(\lambda_m)}{R_{vp}(\lambda_m)} = \frac{3U_b p d \tau_b}{U_b^* n_n d_n \tau_n}$$

dəfə artır. Burada müvafiq olaraq U_b , U_b^* - tətbiq olunmuş və ekstraksiya effekti baş verən gərginliklər; p , n_n - p və n oblastlarda əsas yükdaşıyıcılarının konsentrasiyası; d , d_n - p və n layların qalınlığı; τ_b , τ_n - sədd relaksasiyası və qeyri-əsas yükdaşıyıcıların yaşama müddətləridir. Eksperimentlər zamanı istilik fonunu 100 dəfə azaltdıqda bu artım 10^5 dəfədən çox olmuşdur. Bu tip fotoqəbuledicinin fotoelektrik parametrlərinin eksperimental tədqiqatlarının nəticələri nəzəri hesablamalara uyğundur.



Şek. 2. Kiçikölçülü yeni tipli fotoqəbuledicinin sxemi.



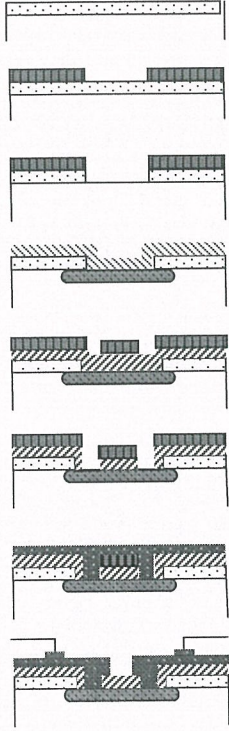
Şek. 3. Fotoqəbuledicinin volt həssaslığının istilik fonunun selindən asılılığı.

2-ci tip.

Bu tip fotoqəbuledici (şəkil 2) fotoçevirmə prinsipinə görə 1-cinin analoqudur [7]. Lakin, fotokeçirici n-layın konstruktiv ölçüləri ilə fərqlənir. Onun qalınlığı və eni $t, w \ll L$, ona görə də müqaviməti 10^5 Oma kimi, yeni klassik fotoqəbuledicilərdəkindən 10^3 dəfə çox, artır. Nəzəri hesablamalar nəticəsində təklif olunan fotoqəbuledicinin fotohəssaslıq parametrlərini müəyyən edən düsturlar alınmışdır. Nəzəri hesablamalara əsasən [8] istilik fonunun aşağı səviyyələrində belə fotoqəbuledicinin volt həssaslığı İQ diapazonunun mövcud fotoqəbuledicilərə nisbətən 10^2 - 10^6 dəfə yüksək qiymətlərə kimi arta bilər (şəkil 3). Həmçinin işlənmiş fotoqəbuledici məlum fotoqəbuledicilərə nisbətən xeyli kiçik elektrik gücün sərfiyatına, yüksək çevikliyə və ayırdetmə qabiliyyətinə malikdir.

Layihə çərçivəsində yeni tip fotoqəbuledicinin konstruksiyası və hazırlama texnologiyası işlənmişdir. Bunun üçün müvafiq fotoşablonlar işlənilib hazırlanmış, $Cd_xHg_{1-x}Te$ kristalları səthinə dielektrik və metal örtüklərin çökdürülməsi, fotolitoqrafiya metodu istifadə olmaqla onların aşılınması texnoloji prosesləri işlənmişdir. Yeni metodlarla, aşağı enerjili In^+ ionları ilə işləmə və plazma aşılınması ilə [9], $p-Cd_xHg_{1-x}Te$ kristalların səthyanı oblastında invers layların alınması prosesi işlənmişdir. $T=77$ K temperaturunda $R_0A=10^6$ Om·sm² olan yüksək keyfiyyətli n⁺-p fotodiodları alınmışdır. Fotokeçirici zolağının ölçüləri $l=60$ mkm, $w=10$ mkm, $t=2$ mkm olan kiçik ölçülü 10 elementli fotoqəbuledici fotolitoqrafiya prosesi ilə 3 mərhələdə hazırlanmışdır.

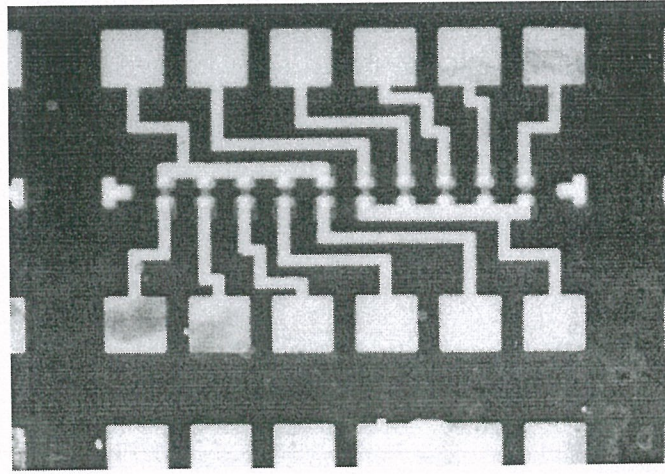
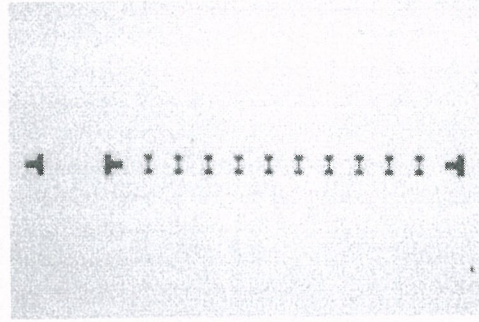
Fotohəssas elementlər işlənmiş texnoloji marşruta (şəkil 4) müvafiq olaraq hazırlanmışdır. Birinci mərhələdə, yeni 1-ci fotolitoqrafiya keçirilərək, nümunənin üzərinə əvvəlcədən çökdürülmüş ZnS passivləyici layda müəyyən konfigurasiyada pəncərələr açılmışdır (şəkil 5). İkinci mərhələdə SiO_2 dielektrik layı çökdürüldükdən sonra fotolitoqrafiya üsulu ilə kontaktlar altı oblastlarda pəncərələr açılıb elektrokimyəvi üsulla indium çökdürülmüşdür. Üçüncü mərhələdə elementin elektrik dövrəsinə qoşulmasını təmin edən metal örtüyün konfigurasiyası formalaşdırılmışdır.



Şek. 4. Texnoloji xəritə.



Şek. 5. 1-ci mərhələdə alınmış elementlərin konfigurasiyası.

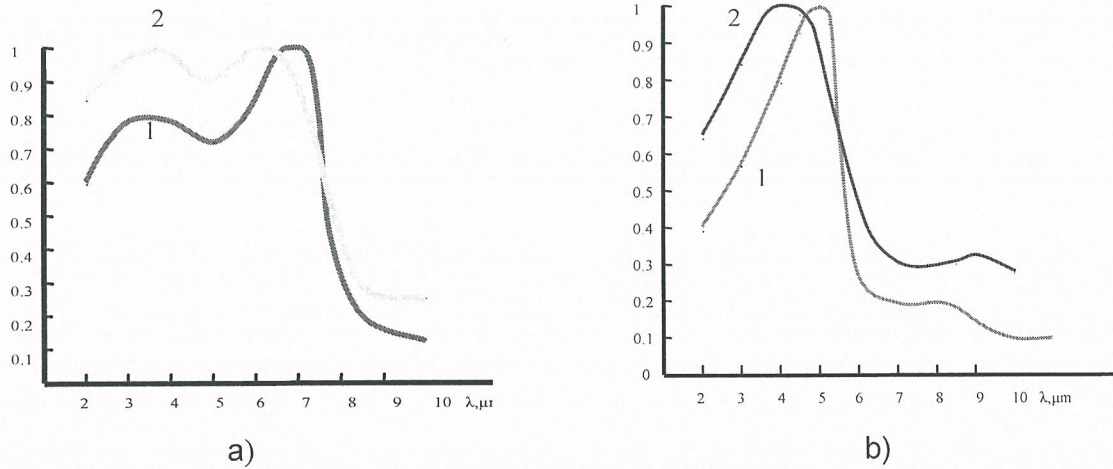


Şek. 6. Hazırlanmış elementlər blokunun mikroskop altında görünüşü

Fotoeffektlərin təhlili üçün lazım olan əsas yükdaşıyıcılarının konsentrasiyası və yürüklüyü Holl effekti və keçiriciliyin ölçmələri əsasında müəyyən edilmişdir. Həcmdə yükdaşıyıcılarının yaşama müddəti (τ_s) fotomaqnit effektinin fotokeçiriciliklə kompensasiyası metodu ilə müəyyən edilmişdir [6]. Fotokeçiriciliyin spektrləri standart metodika ilə İKS-31 monoxromatoru əsasında qurulmuş qurğuda "Qlobar" şüalarının 1,2 kHz tezlikdə modulyasiya olunması şəraitində

keçirilmişdir. Səthdə yaşama müddəti (τ_s) GaAs işıqlandırıcı diodla impuls işıqlandırma zamanı fotokeçiriciliyin sönməsi metodu ilə müəyyən edilmişdir. Siqnalların mütləq qiymətlərinin ölçmələri $T=500$ K temperaturu olan tam qara cisimdən işıqlandırma ilə və gücləndirmə əmsali 10^5 olan kalibrələnmiş elektrik gücləndirici vasitəsilə aparılmışdır.

İstilik fonunun müxtəlif səviyyələrində və $T=77$ K iş temperaturunda hazırlanmış strukturların mütləq həssaslığının, relaksasiya müddəti sabitinin və spektral xarakteristikalarının ölçmələri aparılmışdır. Şəkil 7-də p-Cd_xHg_{1-x}Te əsaslı fotorezistorların fotohəssaslığının n-tip səthyanı layı olmadan (1) və lay formalaşdırıldıqdan sonrakı (2) spektral asılılığı göstərilmişdir.



Şək. 7. p-Cd_xHg_{1-x}Te (a - x=0.24, b - x=0.28) əsaslı fotorezistorların fotohəssaslığının spektral asılılığı. 1 – n-tip səthyanı layı olmadan, 2 - n-tip səthyanı lay formalaşdırıldıqdan sonra

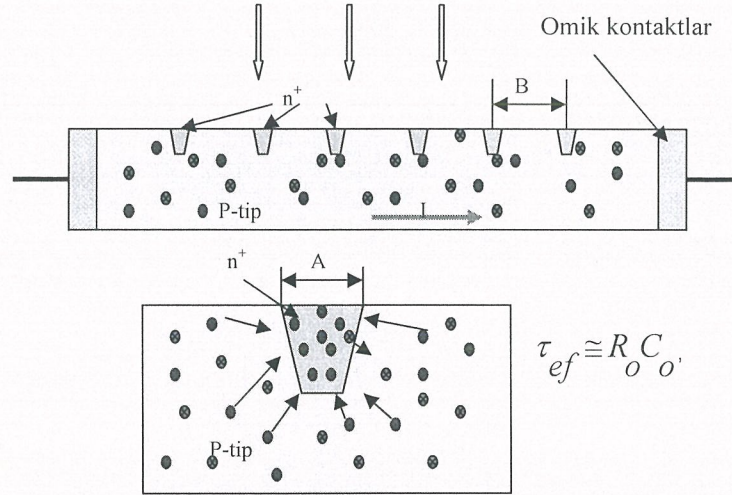
$\lambda_0=5$ mkm olan fotoqəbuledici üçün fon işıqlandırma səviyyəsi $\Phi_0 = 10^{16}$ foton/sm² şəraitində volt-vatt həssaslığı və relaksasiya əmsali müvafiq olaraq $R(\lambda_m) = 5 \cdot 10^5$ V/W, $\tau = 8 \cdot 10^{-8}$ s, $\Phi_0 = 10^{14}$ foton/sm² şəraitində isə, $R(\lambda_m) = 3 \cdot 10^6$ V/W, $\tau = 1,5 \cdot 10^{-6}$ s alınmışdır. Qeyd edilməlidir ki, bu parametrlərin məlum maksimal qiymətləri $R(\lambda_m) = 10^6$ V/W və $\tau = 1,5 \cdot 10^{-6}$ s-dir [2, 3]. Fotoqəbuledicinin müqaviməti $R_0=(4-5)$ kOm olaraq məlum klassik fotorezistorların müqavimətindən 50 dəfə yüksəkdir. Bu da fotoqəbuledicinin elektrik gücün sərfiyyatını xeyli azalmasına gətirir. Alınmış $R(\lambda_m)$, τ , R_0 parametrlərin qiymətlərinin hesablanmışlardan xeyli kiçik olmasının səbəbi Cd_xHg_{1-x}Te kristalların hətta passivləyici örtüklər istifadə edildikdə belə səthi xassələrinin degradasiyasıdır.

3-cü tip.

Bundan əvvəlki tiptən fərqli olaraq bu tip FQ texnoloji cəhəttən daha sadədir və onun səthi xassələri daha stabildir. Onun emalı üçün yalnız bir fotolitoqrafiya prosesi istifadə olunur ki, bu prosesdə ZnS layında dəliklər açılır və sonra isə bütün səth SiO₂-lə örtülür. Maqnetron tozlandırma üsulu ilə SiO₂ layının çökdürülməsi mərhələsində açıq Cd_xHg_{1-x}Te sahələrin plazmanın təsiri nəticəsində keçiricilik tipinin konversiyası baş verir.

Bu növ fotoqəbuledicinin səthyanı oblastında $A \ll L_e$ ölçülü, $b < L_e$ məsafədə (şəkil 8) əks tip keçiriciliyə malik və qeyri-əsas yükdaşıyıcılar üçün potensial çökək olan çoxsaylı lokal oblastlar yaradılmışdır. $b < L_e$ olduğundan p-oblastda fotogenerasiya olunmuş qeyri-əsas yükdaşıyıcıların xeyli hissəsi p-n keçidin sərhədinə diffuziya olunaraq və həmin keçidin elektrik sahəsi təsiri altında n-oblasta keçərək $\tau_{ef} \cong R_0 C_0$ (burada R_0 , C_0 müvafiq olaraq p-n keçidin müqaviməti və elektrik tutumudur) müddəti ərzində saxlanılacaqdır. Bu müddət adi fotorezistorlarda olan

relaksasiya müddətindən bir neçə tərtib artıq ola bilər. Qeyri-əsas yükdaşıyıcılar lokal oblastlarda p-n keçidin elektrik sahəsi hesabına saxlanıldığından, tətbiq olunmuş kiçik elektrik sahəsi onlara təsir etmir. Ona görə də, tətbiq olunmuş elektrik gərginliyin artması zamanı qeyri-əsas yükdaşıyıcıların həcmdən ekstraksiyası baş verməyəcəkdir.



Şek. 8. Əks tip keçiriciliyə malik lokal oblastlarla fotorezistor.

Təcrübələr zamanı $\tau_b = 5 \cdot 10^{-7}$ s və $U_b = 16$ V olduqda $\tau_{ef} = 2 \cdot 10^{-5}$ s (adi fotorezistorlara nisbətən 100 dəfə artıq) olduğu müşahidə olunmuşdur. Aparılmış hesablamalar göstərir ki, $\rho_o = 10^{15} \text{ sm}^{-3}$, $l = w = 10^{-2}$ sm, $d = 2 \cdot 10^{-3}$ sm, $\lambda = 5 \text{ } \mu\text{m}$ olduqda $R_v = 1,2 \cdot 10^7 \text{ V/W}$ qiymətini almaq mümkündür, bu da mövcud rekord qiymətindən bir tərtib yüksəkdir. Beləliklə, bu tip fotoqəbuledicidə τ_{ef} və U_b hesabına həssaslıq xeyli artacaqdır. Lakin, layihənin müddəti sona çatdığına görə bu tip fotoqəbuledici ətraflı tədqiqi mümkün olmamışdır.

Hazırkı layihədə yüksək keyfiyyətli p-Cd_xHg_{1-x}Te kristalların alınması üçün qızıl və mislə aşqarlama istifadə edilmişdir. Aşkar edilmişdir ki, qızıl atomları ilə aşqarlanmış nümunələr T=300 K temperaturunda $\tau = 4 \cdot 10^{-6}$ s relaksasiya müddətinə malikdirlər. Bu hal onların əsasında $\lambda = 3-5 \text{ } \mu\text{m}$ [10] diapazonu üçün yüksək parametrlərə malik soyudulmayan İQ fotoqəbuledicilərin yaradılmasına imkan verir. Relaksasiya müddətinin bu qiyməti nəzəri hesablamalar əsasında alınmış qiymətləri bir tərtibdən artıq yüksəkdir və bunun səbəblərini araşdırmaq zəruridir.

Yekunda qeyd edək ki, tədqiq olunmuş laylı quruluşlar əsasında fotohəssaslığın spektral xarakteristikası idarə olunan fotoqəbuledicilər realizə edilmişdir [11].

Ədəbiyyat

1. Antoni Rogalski. Infrared Physics & Technology. v.43, p.187-210 (2002).
2. Фотоприемники видимого и ИК-диапазонов. Под ред. Р. Дж. Киесса, М.: «Радио и связь», 328 с. (1985).
3. Risal Singh and Vardna Mittal. Defense Science Journal. v.53, №31, p. 281-324 (2003).
4. А.И.Власенко, А.В.Любченко. Эффект вытягивания неосновных носителей в фоторезистивных кристаллах Cd_xHg_{1-x}Te с различным типом проводимости. ФТП. т. 28, В.7, с. 1219-1222 (1994).
5. Л.Н. Неустроев, В.В. Осипов. ФТП., т. 15, В.6, с. 1062-1077 (1981).
6. Н.Исмаилов, А.Алиев, И.Гасанов, Э.Гусейнов, Ш.Кулиев, Ш.Эминов. О фоточувствительности p-Cd_xHg_{1-x}Te (x=0.23-0.3) с конвертированным приповерхностным слоем. ФТП (2014), на экспертизе.
7. N.İsmayılov, E.Hüseynov. Fotoqəbuledici. Sinif HO1L 31/00, HO1L 31/16.

Ərizə № A20110204 29.12.2011 tarixdən. Dərc olunma qərarın tarixi 23.12.2013. Pat. büll. №1 (2014).

8. Huseynov Emil and Ismayilov Namiq. Super high sensitive low-dimension IR-detector. Phys. Status Solidi C, No 7, p.p. 1156-1159 (2013).
9. И.С.Гасанов, И.И.Гурбанов, Э.М.Акбаров. Спектры энергии ионов при неустойчивости эмиттера в жидкометаллическом источнике. Физика, т. XIX, No 2, с. Аз, с. 122-125 (2013).
10. Н.Исмаилов, Ш.Кулиев, Р.Мухтарова, Э.Гусейнов. Высокочувствительные неохлаждаемые фотоприемники на основе Au: Cd_xHg_{1-x}Te на область λ=3-5 μm. Fizika. v. XIX.N2, 119-121 (2013).
11. Исмаилов Н.Д., Алиев А.А., Гусейнов Э.К., Кулиев Ш.М., Раджабли А.А. Фотоприемник на основе Cd_xHg_{1-x}Te с управляемой спектральной характеристикой чувствительности. Мат. Межд. конф. "Приборы ночного видения", Москва, май 2014, принято к печати.

2 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (faizlə qiymətləndirməli)
Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlər 100% dərəcədə yerinə yetirilmişdir.

3 Hesabat dövründə alınmış **elmi nəticələr** (onların yenilik dərəcəsi, elmi və təcrübə əhəmiyyəti, nəticələrin istifadəsi və tətbiqi mümkün olan sahələr aydın şəkildə göstərilməlidir)
Həzırkı layihədə İQ fotoqəbuledicilərin daha yüksək fotohəssaslıq parametrlərinə nail olmaq məqsədi ilə yeni tip fotoqəbuledicilər təklif olunub tədqiq edilmişdir.
Tədqiq olunmuş fotoqəbuledicilərdə baş verən qeyri-taraz proseslərin nəzəri analizi yüksək fotohəssaslığı təmin edən fotoçevirmənin yeni prinsiplərini formalaşdırmağa imkan verir. Prinsipial fərq - qeyri-taraz proseslərin köklü şəkildə dəyişməsinə gətirən bircinsli yarımkeçiricinin səthyanı layında FYO-nın (bir, yaxud çoxsaylı) mövcudluğundadır. Konkret olaraq:
- FYO-nın elektrik sahəsi əsas və qeyri-əsas yükdaşıyıcıları effektiv şəkildə ayırır və onların rekombinasiyasında dominant proseslər FYO-nda potensial səddlə müəyyən olunur;
- fon işıqlandırılmasının aşağı səviyyələrində qeyri-əsas yükdaşıyıcıların relaksasiya müddəti onların yaşama müddətini bir neçə tərtib üstəliyə bilər;
- yarımkeçiricinin fotokeçiriciliyin baş verdiyi layının qalınlığı qeyri-əsas yükdaşıyıcıların diffuziya uzunluğundan xeyli kiçik ola bilər, bu da fotoqəbuledicinin müqavimətinin xeyli artırılmasına gətirir;
- əsas və qeyri-əsas yükdaşıyıcılarının ayrılması nəticəsində fotokeçiricilik monopolyar olur və ekstraksiya effekti kənarlaşdırılır.
Sadalanan xüsusiyyətlər yeni tip fotoqəbuledicilərin yüksək fotohəssaslıq parametrlərini şərtləndirir.
İQ şüaların detektə edilməsinin və çevirməsinin işlənmiş konsepsiyası müxtəlif yarımkeçirici strukturlar əsasında nəzəri hədudlara yaxın yüksək fotoelektrik parametrlərə və funksional imkanlara malik yeni tip kiçik ölçülü fotoqəbuledicilərin və çoxelementli matrisaların yaradılmasını mümkün edərək onların İQ texnikada yeni tətbiq sahələrini açır.
Atmosferin 3-5 və 8-14 mkm şəffaflıq pəncərələrinin mövcudluğu İQ fotoqəbuledicilərin hərbi texnikada, lazer kommunikasiya şəbəkələrində, kosmik texnikasında, ətraf mühitin monitorinqində, xüsusi yerini müəyyənləşdirir, həmçinin onlar təbabətdə, sənayedə, energetikada, təbii sərvətlərin kəşfiyyatında, elmi tədqiqatlarda və s. oblastlarda tətbiq oluna bilərlər.
Məsələn, alınmış nəticələrin tətbiq olunması üçün Şamaxı rəsədxanasında və AMEA-nın digər institutlarında aparılan elmi tədqiqatlarda, Azərbaycan Milli Ordusunun hədəfləri termovizion aşkaretmə və nişanalma sistemləri ilə təchiz edilməsində şübhəsiz maraq doğrudur.

4 Layihə üzrə **elmi nəşrlər** (elmi jurnallarda məqalələr, monoqrafiyalar, icmallar, konfrans materiallarında

məqalələr, tezislər) (dərc olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə, uyğun məlumat - jurnalın adı, nömrəsi, cildi, səhifələri, nəşriyyat, indeksi, İmpact Factor, həmmüəlliflər və s. bunun kimi məlumatlar - ciddi şəkildə dəqiq olaraq göstərməlidir) (surətlərini kağız üzərində və CD şəklinə əlavə etməli!)

1. Н.Исмаилов, А.Алиев, И.Гасанов, Э.Гусейнов, Ш.Кулиев, Ш.Эминов. О фоточувствительности р-Cd_xHg_{1-x}Te(x=0.23-0.3) с конвертированным приповерхностным слоем. ФТП (2014), на экспертизе.
2. Huseynov Emil and Ismayilov Namiq. Super high sensitive low-dimension IR-detector. Phys. Status Solidi C, No 7, p.p. 1156-1159 (2013).
3. Н.Исмаилов, Ш.Кулиев, Р.Мухтарова, Э.Гусейнов. Высокочувствительные неохлаждаемые фотоприемники на основе Au: Cd_xHg_{1-x}Te на область λ=3-5 μm. Fizika. v. XIX.N2, 119-121 (2013).
4. И.С.Гасанов, И.И.Гурбанов, Э.М.Акбаров. Спектры энергии ионов при неустойчивости эмиттера в жидкометаллическом источнике. Физика, т. XIX, No 2, с. Аз, с. 122-125 (2013).
5. Исмаилов Н.Д., Алиев А.А., Гусейнов Э.К., Кулиев Ш.М., Раджабли А.А. Фотоприемник на основе Cd_xHg_{1-x}Te с управляемой спектральной характеристикой чувствительности. Мат. Межд. конф. "Приборы ночного видения", Москва, май 2014, принято к печати.

5 İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər

N.İsmayılov, E.Hüseynov. Fotoqəbuledici. Sinif HO1L 31/00, HO1L 31/16.

Ərizə № A20110204 29.12.2011 tarixdən. Dərc olunma qərarın tarixi 23.12.2013.

Pat. bül. №1 (2014).

6 Layihə üzrə ezamiyyətlər (ezamiyyə baş tutmuş təşkilatın adı, şəhər və ölkə, ezamiyyə tarixləri, həmçinin ezamiyyə vaxtı baş tutmuş müzakirələr, görüşlər, seminarlarda çıxışlar və s. dəqiq göstərməlidir) (burada doldurmalı)

7 Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak (əgər varsa)

(burada doldurmalı)

8 Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak

(burada doldurmalı)

9 Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s. çıxışlar) (məlumat tam şəkildə göstərməlidir: a) məruzənin növü: plenar, dəvətli, şifahi və ya divar məruzəsi; b) tədbirin kateqoriyası: ölkədaxili, regional, beynəlxalq)

(burada doldurmalı)

10 Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar, komplektləşdirmə məlumatları

1. Spektrometr Agilent Cary 630 FTİR.

2. Materiallar, kimyəvi maddələr və avadanlıq.

11 Yerli həmkarlarla əlaqələr

Fizika İnstitutunun ixtisasçıları ilə layihənin məzmunu üzrə müntəzəm qaydada müzakirələr aparılmışdır.

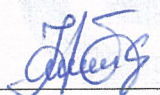
- | | |
|----|---|
| 12 | Xarici həmkarlarla əlaqələr "Orion" adlı elm-istehsal birliyinin (Moskva şəh.) aparıcı mütəxəssisləri ilə layihənin gedişi və nəticələri üzrə İnternet vasitəsilə fikir mübadiləsi yerinə yetirilmişdir. |
| 13 | Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı (əgər varsa) (burada doldurmalı) |
| 14 | Sərgilərdə iştirak (əgər baş tutubsa) (burada doldurmalı) |
| 15 | Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi (əgər baş tutubsa) (burada doldurmalı) |
| 16 | Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. (məlumatı tam şəkildə göstərməlidir) (burada doldurmalı) |

SİFARİŞÇİ:

Elmin İnkişafı Fondu

Müşavir

Babayeva Ədilə Əli qızı



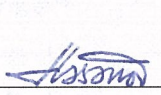
(imza)

"__" _____ 201__-cü il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Həsənov İlham Soltan oğlu

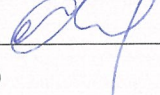


(imza)

"30" aprel _____ 2014__-cü il

Baş məsləhətçi

Həsənova Günel Cahangir qızı



(imza)

"__" _____ 201__-cü il



06-05-2014

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA
ELMİN İNKİŞAFI FONDU**

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

**Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun
elmi-tədqiqat proqramlarının, layihələrinin və digər elmi tədbirlərin
maliyyələşdirilməsi məqsədi ilə qrantların verilməsi üzrə
2012-ci il üçün 2-ci müsabiqəsinin (EIF-2012-2(6)) qalibi olmuş
lahiyənin yerinə yetirilməsi üzrə**

**ALINMIŞ NƏTİCƏLƏRİN ƏMƏLİ (TƏCRÜBİ) HƏYATA KEÇİRİLMƏSİ
VƏ LAYİHƏNİN NƏTİCƏLƏRİNDƏN GƏLƏCƏK TƏDQIQATLARDƏ
İSTİFADƏ PERSPEKTİVLƏRİ HAQQINDA
MƏLUMAT VƏRƏQİ
(Qaydalar üzrə Əlavə 16)**

Layihənin adı: **Yeni detektətmə prinsipi əsasında işləyən yüksək həssaslı infraqırmızı fotoqəbuledici**
Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Həsənov İlham Soltan oğlu**
Qrantın məbləği: **80 000 manat**
Layihənin nömrəsi: **EIF-2012-2(6)-39/05/1-M-12**
Müqavilənin imzalanma tarixi: **04 aprel 2013-cü il**
Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **12 ay**
Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 may 2013-cü il-01 may 2014-cü il**

1. Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) həyata keçirilməsi

1 Layihənin əsas əməli (təcrübi) nəticələri, bu nəticələrin məlum analoqlar ilə müqayisəli xarakteristikası

Bu layihədə yeni işləmə prinsipli ifrathəssas foton infraqırmızı (İQ) fotoqəbuledicilərinin (FQ) fiziki əsasları və yaradılmasının texnologiyası işlənmişdir. Bu FQ-lərin nəzəri və təcrübi tədqiqatlarının nəticələri alınmışdır. Nəzəri analiz əsasında təklif olunan FQ-nin ftohəssaslıq parametrlərini təyin edən hesablamə düsturları çıxarılmışdır.

Əsas praktiki nəticələr.

1. İlk dəfə, n-tipli cərəyankeçirici zolağının $l=60$ mkm, $w=10$ mkm, və $t=2$ mkm ölçülərində olan darzolaqlı $p\text{-Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ əsasında 10 elementli FQ-nin konstruksiyası və hazırlanma texnologiyası işlənmişdir.

Məlum darzolaqlı $p\text{-Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ əsasında fotorezistorlarla müqayisədə o, aşağıdakı üstün cəhətlərə

- istilik fonunun aşağı səviyyələrində ($\Phi_0 \leq 10^{14}$ foton/sm²s) və $T=77$ K temperaturda rekord yüksək ftohəssaslığa (10^4 dəfə yüksək);

- fotohəssas layın kiçik en kəsiyinə görə yüksək müqavimət və kiçik sərfətmə gücünə (10^3 dəfə az);
 - kiçik ölçülərinə və kiçik sərfətmə gücünə görə matrisalı fotodetektorlara yararlılığa;
 - fotohəssas layın kiçik olmasına görə ($w, t \ll L, \lambda$) yüksək ayırdetmə qabiliyyəti ;
 - yüksək işləmə cevikliyinə (tam fon işıqlanma şəraitində $\tau \sim 10^{-8}$ s.);
 - fotohəssas layın qalınlığının kiçik olmasına və səth rekombinasiyanın təsirinin olmamasına görə qısa dalğalar oblastında daha yüksək fotohəssaslığa;
 - signal öngücləndiricisinin küylərinə qarşı yüksək tələbatın olmamasına malik olur.
2. Hazırlama texnologiyasını əhəmiyyətli dərəcədə sadələşdirən, p-n keçidlərinin aşağı temperaturu alınma üsulları işlənmişdir.
 3. 77 K-də $R_0A=10^6 \text{ Om} \cdot \text{sm}^2$ parametrinə malik yüksək keyfiyyətli fotodiodlar alınmışdır .
 4. Yüksək keyfiyyətli p- tipli $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ nümunələrini almaq üçün qızıl və mis atomları ilə aşqarlanma üsulu işlənmiş və $T=300 \text{ K}$ –də τ -nun yaşama müddətinin rekord yüksək $\tau = 4 \cdot 10^{-6}$ san qiymətinə malik nümunələr alınmışdır.

2 Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) həyata keçirilməsi haqqında məlumat (istehsalatda tətbiq (tətbiqin aktını əlavə etməli); tədris və təhsildə (nəşr olunmuş elmi əsərlər və s. – təhsil sistemində tətbiqin aktını əlavə etməli); bağlanmış xarici müqavilələr və ya beynəlxalq layihələr (kimlə bağlanıb, müqavilənin və ya layihənin nömrəsi, adı, tarixi və dəyəri); dövlət proqramlarında (dövlət orqanının adı, qərarın nömrəsi və tarixi); ixtira üçün alınmış patentlərdə (patentin nömrəsi, verilmə tarixi, ixtiranın adı); və digərlərində)

N.İsmayılov, E.Hüseynov. Fotoqəbuledici. Sinif HO1L 31/00, HO1L 31/16.
Ərizə № A20110204 29.12.2011 tarixdən. Dərc olunma qərarının tarixi 23.12.2013.
Pat. büll. №1 (2014).

2. Layihənin nəticələrindən gələcək tədqiqatlarda istifadə perspektivləri

1 Nəticələrin istifadəsi perspektivləri (fundamental, tətbiqi və axtarış-innovasiya yönü elmi-tədqiqat layihə və proqramlarında; dövlət proqramlarında; dövlət qurumlarının sahə tədqiqat proqramlarında; ixtira və patent üçün verilmiş ərizələrdə; beynəlxalq layihələrdə; və digərlərində)

Təklif olunan yeni tipli fotoqəbuledicilərdə geyri taraz proseslərin tədqiqatı nəticələri mühüm fundamental və tətbiqi əhəmiyyət kəsb edir.

Bu layihədə 3-5 mkm və 8-14 mkm diapazonları üçün $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ əsasında soyudulan FQ-lərin tədqiqinin nəticələri təqdim edilmişdir. Spektrin bu oblastında fotohəssaslıq parametrlərini əhəmiyyətli dərəcədə azaldan fon işıqlanması çox yüksəkdir. Fon azaldıqca, bu FQ-lərin fotohəssaslığı, müvafiq olaraq artır və klassik FQ-lərin ən yaxşı parametrlərini üstələyir. İstilikşüalanma texnikasının hal-hazırkı və yaxın gələcəkdəki əsas tətbiqi hərbi sahəyə yönələrək, gecə şəraitində hərbi əməliyyatların təmin edilməsi olacaqdır. Bunlar passiv aşkar oluna bilinməyən sistemlərdir, o cümlədən, tank və zirehli texnika heyyyəti üçün gecə görmə sistemləri, tankların nişanalma və atəşi idarəetmə sistemləri, raket və tankəleyhinə sistemlər, aşkaretmə, yönəldilmə və nişanalma sistemləri, hava nişangahların avtomatik aşkaretmə, yönəldilmə, nişanalma və məhv etmə sistemləri, aviasiya və kosmik kəşfiyyat sistemləri, kəşfiyyatı aparılan ərazinin öz istilik şüalanması əsasında real zaman miqyaslarda təsvirini yaradan helikopter və təyyarə ön görmə sistemləri və s.

8-14 mkm diapazonlu istilikşüalanma texnikasının xalq təsərrüfatında istifadəsi bir sıra mühüm məsələləri həll etməyə imkan verəcəkdir :

- təbabətdə- xərçəngin və başqa xəstəliklərin ilkin diaqnostikası;
- geologiyada- təyyarədən və ya kosmik gəmidən neft-qaz, filiz və qeyri-filiz yataqlarının, geotermal suların axtarışı ;

- şəhər təsərrüfatında- istiliyin, isti və soyuq suyun istilik xəttlərində və su şəbəkələrində gizli itkilərinin, kütləvi yaşayış tikintisi gedən rayonlarında karst boşluqlarının aşkarlanması;

-kənd təsərrüfatında –uzaqdan (təyyarədən və ya peykdən) torpaqların nəmliyinin və quraqlılığına nəzarəti, zəmilərdə kənd təsərrüfatı bitkilərinin vəziyyətinə nəzarət, ziyanvericilərin və xəstəliklərin təsirinə məruz qalan zəmilərin aşkarlanması ;

-meşə təsərrüfatında- ziyanvericilərin meşənin kütləvi məhv edilməsinin aşkarlanması, tütülənmə zamanı meşə yanğınlarının aşkarlanması;

-ekologiyada-çayların və su hövzələrinin çirkləndirilməsinin, su hövzələrinin elektrik stansiyalarının və digər sənaye müəssisələrinin tullantıları ilə çirkləndirilməsinin, zəhərləndirilmiş suların (metallurgiya və kimya sənaye tullantılarının) yeraltı migrasiyası-

-fövqəladə hallara nəzarətdə və diaqnostikada- qarın ərimə dövründə selin nəzarəti, gizli vulkanik fəaliyyətinin artmasına nəzarət;

-energetikada- iri enerji obyektlərin qəzadan əvvəlki vəziyyətlərin uzaqdan nəzarəti;

-nəqliyyatda-dəmir yol nəqliyyatının uzaqdan operativ nəzarəti.

Yalnız geologiyada, təyyarədən "Vulkan" tipli sadə istilik görmə vasitəsi ilə faydalı qazıntılar haqda məlumat əldə etmək mümkün olmuşdur. Bu cihazlar vasitəsi ilə iri şəhərlər üzərində təyyarə ilə uçaraq, istilik traslarında qəzalılıq sahələri aşkarlamaq və öz vaxtında onların təmirini icra etmək mümkün olmuşdur.

Heç şübhəsiz, perspektivdə, fon işıqlandırılması intensivliyinin əhəmiyyətli dərəcədə az olduğu 1-4 mkm dalğalar diapazonu üçün soyudulmayan FQ –lərin yaradılma imkanlarının tədqiqi xüsusi maraq kəsb edir.

Soyutma sistemlərindən istifadə edilmədiyi FQ-lərin fotohəssaslığının artırılması onların tətbiq sahələrini əhəmiyyətli dərəcədə genişləndirə bilər. Bu məsələlərin həlli üçün InSb, InAs, PbS,PbTe, Ge, Si kimi yarımkeçiricilər yararlıdır. Optik-lif rabitə xəttləri üçün $\lambda=1,6$ mkm diapazonu xüsusi əhəmiyyət kəsb edir və buraya germaniumun qadağan olmuş zonasının eninə uyğun gələn yarımkeçiricilər yararlıdır.

Tədqiq olunan strukturlarda, ən mühüm parametrlərdən olan aşkaretmə D^* qabiliyyətinin asılı olduğu küy xassələri öyrənilməmişdir. İşçi temperaturunun artırılması üçün fotoelektrik parametrlərin temperatur asılılıqlarının öyrənilməsinə ehtiyac vardır.

3-5 mkm diapazonu üçün çox perspektivli olan soyudulmayan və zəif soyudulan FQ-lərin fotohəssaslığının və aşkaretmə qabiliyyətinin artırılması üçün tərəfimizdən alınan qızıl atomları ilə aşqarlanmış və $T=300K$ də $\tau =4 \cdot 10^{-6}$ san rekord yüksək parametrlərə malik olan keyfiyyətli p-Cd_xHg_{1-x}Te nümunələri alınır.

Eksperimental nəticələr yaşama müddətinin nəzəri hesablamadan alınan nəticələrdən çox olmasının izahı yoxdur və bunu 7n üçün ayrıca nəzəri araşdırmalar tələb olunur.

Layihənin icra edilməsinin son mərhələsində tərəfimizdən daha mühüm müsbət nəticələr alınmışdır. Bu nəticələr, deşiklərin yürüklüyü elektronların yürüklüyündən 150-200 dəfə az olan p-tipli CdHgTe –un fotokeçiriciliyi ilə əlaqədardır. Buna görə p-tipli yarımkeçiricilər əsasındakı fotorezistorlar n-tipli fotorezistorların müqavimətindən dəfələrlə yüksək müqavimətə malikdirlər. Amma, qeyri-əsas yükdaşıyıcıların ekstraksiyası effektivinə görə, fotorezistora tətbiq olunan elektrik gərginliyi bir o qədər də kiçik olur. Tərəfimizdən işlənmiş FQ-lərdə qeyd olunan effekt müvəffəqiyyətlə aradan çıxarılır.

Amma 1-ci tip FQ-lərdə fotokeçirici lay n-tip keçiriciliyinə malik idi. P-tipli laylı FQ-də fotoçevrilmə daha effektivlidir. Bunu hələlik tək-tək eksperimental nəticələr sübut edir.

Yekun hesabatda qeyd etdiyimiz kimi (əlavə 13), FQ-lərin 3-cü növü tədqiq edilməmiş vəziyyətdə qalmışdır. O, p-tipli Cd_xHg_{1-x}Te əsasında reallaşdırılmışdır və fon işıqlanmanın aşağı səviyyələrində yüksək fotohəssaslıq parametrlərinə malik idi.

Qızılın aşqarlanması ilə alınan p-Cd_xHg_{1-x}Te nümunələrin 300K- də $\tau =4 \cdot 10^{-6}$ san rekord yüksək parametrləri diqqətə layıqdır. Onların əsasında 3-5 mkm oblastı üçün yüksək həssas soyudulmayan FQ-lərin işlənməsi çox perspektivlidir və bunun üçün onların parametrlərinin optimallaşdırılması tələb olunur.

Bu səbəbdən, yuxarıda qeyd olunanlar, p-tipli fotorezistorlar üzərində aparılan tədqiqatların sona çatdırılması və alınmış müsbət nəticələrin etibarlılığının təsdiqləndirilməsi məqsədi ilə layihə müddətinin uzadılmasının (6 aya yaxın) zəruri olduğunu göstərir. Kompleks tədqiqatların

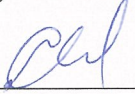
başa çatması nəticəsində müdafiə və mülki tətbiqlər üçün lazım olan bir sıra yüksək həssas infraqırmızı fotoqəbuledicilərin yaradılması üzrə nəzəri və eksperimental cəhətdən əsaslandırılmış prinsiplərin formalaşdırılması gözlənilir. Layihənin mövzusu müdafiə problemləri ilə əlaqəli olduğundan müvafiq beynəlxalq fondlardan qrantların alınması mümkün görünür. İşin bitirilməsinə, nəticələrin aparıcı elmi nəşrlərdə çap edilməsi və ixtira iddialarının sənədləşdirilməsi baxımından da ehtiyac var.

SİFARİŞÇİ:

Elmin İnkişafı Fondu

Müşavir

Babayeva Ədilə Əli qızı



(imza)

" _ " _____ 201_ -cü il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Həsənov İlham Soltan oğlu



(imza)

" 30 " aprel 2014 -cü il

Baş məsləhətçi

Həsənova Günel Cahangir qızı



(imza)

" _ " _____ 201_ -cü il



**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA
ELMİN İNKİŞAFI FONDU**

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun
elmi-tədqiqat proqramlarının, layihələrinin və digər elmi tədbirlərin
maliyyələşdirilməsi məqsədi ilə qrantların verilməsi üzrə
2012-ci il üçün 2-ci müsabiqəsinin (EİF-2012-2(6)) qalibi olmuş
lahiyənin yerinə yetirilməsi üzrə

ALINMIŞ ELMİ MƏHSUL HAQQINDA MƏLUMAT
(Qaydalar üzrə Əlavə 17)

Layihənin adı: **Yeni detektətmə prinsipi əsasında işləyən yüksək həssaslı infraqırmızı fotoqəbuledici**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Həsənov İlham Soltan oğlu**

Qrantın məbləği: **80 000 manat**

Layihənin nömrəsi: **EİF-2012-2(6)-39/05/1-M-12**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **04 aprel 2013-cü il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **12 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 may 2013-cü il-01 may 2014-cü il**

Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır

1. Elmi əsərlər (sayı)

| № | Tamlıq dərəcəsi | Dərəcəsi | | |
|----|--------------------------------------|--------------|-------------------------------------|------------------|
| | | Dərc olunmuş | Çapa qəbul olunmuş və ya çapda olan | Çapa göndərilmiş |
| 1. | Elmi məhsulun növü Monoqrafiyalar | | | |
| | həmçinin, xaricdə çap olunmuş | | | |
| 2. | Məqalələr | 4 | | |
| | həmçinin xarici nəşrlərdə | 2 | 1 | |
| 3. | Konfrans materiallarında məqalələr | | | |

| | | | |
|----|--|--|---|
| | O cümlədən, beynəlxalq konfrans materiallarında | | 1 |
| 4. | Məruzələrin tezisləri həmçinin, beynəlxalq tədbirlərin toplusunda | | |
| 5. | Digər (icmal, atlas, kataloq və s.) | | |

2. İxtira və patentlər (sayı)

| Nö | Elmi məhsulun növü | Alınmış | Verilmiş | Ərizəsi verilmiş |
|----|---------------------------------|---------|----------|------------------|
| 1. | Patent, patent almaq üçün ərizə | | | 1 |
| 2. | İxtira | | | |
| 3. | Səmərələşdirici təklif | | | |

3. Elmi tədbirlərdə məruzələr (sayı)

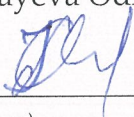
| Nö | Tədbirin adı (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s.) | Tədbirin kateqoriyası (ölkədaxili, regional, beynəlxalq) | Məruzənin növü (plenary, dəvətli, şifahi, divar) | Sayı |
|----|---|--|--|------|
| 1. | | | | |
| 2. | | | | |
| 3. | | | | |

SİFARİŞÇİ:

Elmin İnkişafı Fondu

Müşavir

Babayeva Ədilə Əli qızı



(imza)

"__" _____ 201__-cü il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Həsənov İlham Soltan oğlu

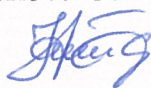


(imza)

"30" aprel 2014 -cü il

Baş məsləhətçi

Həsənova Günel Cahangir qızı



(imza)

"__" _____ 201__-cü il