

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZIRLIYI**  
**AZƏRBAYCAN DÖVLƏT İQTİSAD UNIVERSİTETİ**

**Fakultə :** «Əmtəəşünaslıq»

**Ixtisas :** İstehlak mallarının ekspertizası və marketinqi

# **B U R A X I L I Ş İ Ş İ**

*Mövzu: Yarımkeçiricilərin çeşidi və keyfiyyət ekspertizası*

*İşin rəhbəri: prof. Ə.P.Həsənov*

*Tələbə: Əliyev Ozal Asim*

*Bölmə: azərbaycan*

*Qrup: 310*

*«Təsdiq edirəm»*

*Kafedra müdiri : \_\_\_\_\_ prof.Ə.P.HƏSƏNOV*

**B A K I 2015**

## MÜNDƏRICAT

<b>GİRİŞ</b>	<b>3</b>
<b>BİRİNCİ FƏSİL. NƏZƏRİ HISSƏ</b>	
1.1. Yarımqeçiricilərin elektrik keçirməsinin sirri	6
1.2. Yarımqeçirici elementlər və onların xarakteristikaları	13
<b>İKİNCİ FƏSİL. TƏCRÜBİ HISSƏ</b>	
2.1. Yarımqeçiricilərin radiotexnikada tətbiqi	19
2.2. Yarımqeçiricilərin televiziya sistemində və məişət maşınlarında tətbiqi	28
2.3. Yarımqeçiricilərin fotoqrafiyada tətbiqi	33
2.4. Yarımqeçiricilərin xalq təsərrüfatının başqa sahələrində tətbiqi	38
<b>NƏTİCƏ VƏ TƏKLİFLƏR</b>	<b>45</b>
<b>ƏDƏBİYYAT</b>	<b>47</b>

## GİRİŞ

Elektronikada bütün maddələr elektrik cərəyanını keçirmək qabiliyyətinə görə 33 əsas qrupa – keçiricilərə, dielektriklərə və yarımkeçiricilərə bölünür.

Keçiricilər özləri 2 qrupa ayrılır.

Elektrik cərəyanını keçirərkən heç bir kimyəvi dəyişikliyə uğramayan keçiricilərə birinci növ keçiricilər deyilir. Metalların hamısı, qrafit və s. bu qrupa daxildir. Bu cisimlərdə elektrik yükünü elektronlar daşıyır.

Elektrik cərəyanını keçirərkən kimyəvi dəyişikliyə uğrayan keçiricilər isə ikinci növ keçiricilər adlanır. Bu növ keçiricilərə misal olaraq duzları, turşuları, qələviləri, onların sulu məhsullarını və s. göstərmək olar. İkinci növ keçiricilərdə elektrik yükünü ionlar daşıyır.

Hələ 1916-cı ildə metallarda sərbəst elektronların olduğu faktı təcrübə yolu ilə müəyyən edilmişdir. Bu sərbəst elektronlar metal kristalını əmələ gətirən atomların ayrılıqda heç birinə mənsub olmayıb, onların bir növ «kollektivləşdirilmiş» elektronlarıdır.

Metal atomları öz elektronlarının hamısının deyil, ancaq kənar orbitində olan və atomdan asanlıqla ayrıla bilən elektronları kollektivləşdirir. Metalların elektriki yaxşı keçirməsinə səbəb, onlarda olan sərbəst elektronlardır. Metallarda elektronların kinetik enerjisinin qiyməti ümumi enerjinin təxminən 90%-ni təşkil edir. Qalan 10%-ni isə kimyəvi rabitə və atomların istilik enerjisi təşkil edir.

İlk baxışda elə düşünmək lazımdır ki, metaldakı elektronların hərəkət istiqaməti metalın səthinə şaquli olduqda ondan qopub uzaqlaşmalıdır. Lakin adi şəraitdə heç bir metalda bu hadisə baş vermir. Bunun səbəbi odur ki, metaldan qopan elektron iki qüvvənin təsiri altında yenidən metala qaytarılır.

Həmin qüvvələrdən birincisi qopan elektronun metalda induksiya ilə əmələ gətirdiyi müsbət elektrik yükünün cazibəsidir. İkincisi isə metaldan qopan elektronların itələmə qüvvəsidir.

Dielektriklər keçiricilərin əksinə olaraq elektriki və istiliyi demək olar ki, keçirmirlər. Dielektriklərə misal olaraq kəhrəbanı, kvarsı, kükürdü, almazı, mərməri, qətranı, ağ nefti, yağları və s. göstərmək olar.

Texnikada dielektriklər də metallar qədər əhəmiyyətlidir.

Elektrik xətləri və cihazlardan cərəyanın kənara axınının qarşısını almaq, habelə istilik qurğularında istilik itkisinə yol verməmək və s. məqsədlər üçün dielektriklərdən texnikada geniş istifadə olunur.

Metallarla dielektriklər arasındakı fərqin səbəbini onların daxili quruluşunda axtarmaq lazımdır. Dielektriklərin elektrik keçirməmələrinə əsaslanaraq, demək olar ki, adi şəraitdə onların daxilində elektrik yükü daşıyan sərbəst elektronlar yoxdur.

Yarımkeçiricilər öz elektrikkeçirmə xassələrinə görə, keçiricilərlə dielektriklər arasında olub, 3 qrupa ayrılır:

1. Ion yarımkeçiriciləri – bunlarda elektriki keçirən hissəciklər ionlardır;
2. Elektron yarımkeçiriciləri – bundarda elektriki keçirən hissəciklər elektronlardır;
3. Qarışıq yarımkeçiricilər – bunlarda elektriki keçirən hissəciklər həm ionlar, həm də elektronlardır.

İkinci növ keçiricilərdə olduğu kimi, ion yarımkeçiriciləri də elektrik sahəsi qüvvəsi altında müsbət və mənfi ionlar elektrodla doğru hərəkət edərək elektrik cərəyanını əmələ gətirir, beləliklə də yarımkeçiricilərin kimyəvi parçalanmasına səbəb olur.

Ion yarımkeçiricilərində dielektriklərdən fərqli olaraq adi temperaturda istilik hərəkəti nəticəsində kristalda ion öz yerindən qopa bilər. Bununla da elektrikkeçirmə mümkün olur.

Elektron yarımkeçiricilərində isə istilik hərəkəti nəticəsində elektronlar dolu zolaqdan çıxıb boş zolağa keçə bilər. Burada elektronlar özlərini sərbəst aparır. Adi

temperaturda bu növ yarımkeçiricilərdə sərbəst elektronlar vardır. Lakin yarımkeçiricilərdə bu elektronların konsentrasiyası metallara nisbətən çox azdır.

Yarımkeçiricilərin xassələri haqqındakı elmi öyrənmələr onların texniki tətbiqi ilə sıx əlaqədar olaraq inkişaf etmişdir. Yarımkeçiricilər yeni-yeni sahələrdə tətbiq edildikcə nəzəriyyə genişlənmiş və yeni material növləri öyrənilmişdir.

Bir sıra qiymətli qazıntı sərvətləri olan respublikamızda yarımkeçirici minerallarının da böyük yataqları var. Yarımkeçiricilərin tədqiqi sahəsində ölkəmizin tanınmış alimlərinin iştirakı ilə böyük tədqiqat işləri aparılır.

## BİRİNCİ FƏSİL. NƏZƏRİ HİSSƏ

### 1.1. Yarımkeçiricilərin elektrik keçirməsinin sirri

Mis məftilinin atomlarının xarici elektronları «öz» atomlarının nüvələri ilə olduqca zəif bağlıdırlar. Bu, o deməkdir ki, mis atomları müəyyən şəraitdə özlərinin elektronlarından birini və hətta bir neçəsini asanlıqla itirə bilirlər. Bu hal metallı başqa bərk cisimlərdən fərqləndirən xüsusiyyətlərdən birincisidir. Onda belə atomlar daha neytral olmayıb, müsbət yüklü iona çevrilirlər. Deməli, buradan görünür ki, metallar müsbət ionlardan və onları əhatə edən külli miqdarda sərbəst elektronlar dəstəsindən qurulmuşdur.

Tamamilə aydındır ki, bu sərbəst elektronlar metalın müəyyən bir ionuna məxsus olmayıb, onların bütün məcmusuna aiddir. Tam sərbəstləşmiş bu elektronlar metalın daxilində istənilən istiqamətə doğru səyahət edə bilirlər.

Müsbət ionların məcmusu ilə qarşılıqlı təsirdə olan bu sərbəstlənmiş ionlar elə bil ki, metalın kristal qəfəsini sementləşdirir, onun dayanıqlığını təmin edir. Onu parçalanmağa qoymur və eyni zamanda özləri də metallı tərk edib xaricə çıxma bilmirlər.

Bütün metalların vaphid həcmindəki sərbəst elektronların sayı təxminən  $10^{22}$  sm<sup>3</sup>-ə bərabər olub, heç bir xarici faktorlardan – temperaturdan, təzyiqdən, rütubətdən, aşqarlardan və s. asıdı deyildir. Bu, metallı başqa bir bərk cisimlərdən fərqləndirən əsas xüsusiyyətlərdəndir. Metalların keçiriciliyinin fiziki mahiyyətini sadələşdirilmiş şəkildə aydınlaşdırmaq.

Bir-birinin yanında təqribən kip yerləşdirilmiş külli miqdarda arakəsmələrə kiçik özəkli qəfəslərə bölünmüş borunu xəyalımıza gətirək. Qəfəsin özlərinin hər birində bir atom yerləşdirək. Onda bütöv bir çubuq alınacaqdır. İndi bir anlığa çubuqdakı qəfəsləri yadımızdan çıxaraq. Fikrən borunu «elektron» qazı ilə dolduraq. Onda biz asanlıqla inanırıq ki, metalda sərbəst elektronları tamamilə küləksiz havada qarmaqarışlıq hərəkət edən ağcaqanad dəstəsinə bənzətmək olar.

Hər bir ağcaqanad yuxarı və aşağı, irəli və geriyə hərəkət etməkdə sərbəstdir. Onlar mürəkkəb və dolaşlıq yollarla hərəkət edə bilirlər. Lakin dəstə bütövlükdə götürüldükdə yerinə sayır.

Elektrik sahəsi tətbiq etmədikdə metallik keçiricilərdə elektronların istilik hərəkəti təxminən belədir. Tutaq ki, qiymət və istiqamətcə sabit sürətdə malik olan külək əsməyə başlamışdır. Bu halda ağcaqanad dəstəsi öz daxilində xaostik hərəkətini saxlamaqla bərabər, həm də küləyin əsmə istiqamətində yerini dəyişdirməyə başlayacaqdır. Küləyə qarşı uçan ağcaqanadların sürəti azalacaqdır, külək istiqamətində uçanlarınkı isə artacaqdır. Küləyin gücü nə qədər böyük olarsa, dəstənin bütövlükdə istiqamətlənmiş hərəkət sürəti də bir o qədər böyük olacaqdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, əgər metallı sabit elektrik mənbəyinin qütbləri arasına daxil etsək, onda onun daxilindəki sərbəst elektronlarda təxminən belə bir hadisə baş verəcəkdir. Elektrik sahəsinin təsiri altında o, küləyin rolunu idarə edir, elektronlar nizamsız istilik hərəkətində iştirak etməklə yanaşı, həm də keçiricinin bir başından o biri başına yola düşürlər. Bu halda elektrik cərəyanı, yəni elektrik yüklərinin istiqamətlənmiş hərəkəti meydana çıxır.

Biz yuxarıda dedik ki, metallar həm də yüklü ionlardan təşkil olunmuşlar. Onda müsbət yüklü ionlar öz yüklərini dəyişdirirlər. Çünki, bu halda elektrik sahəsinin təsiri altında keçiricinin özü hərəkət etməli olardı. Nüvələr isə maddələrin əsas kütləsini təşkil edirlər. Digər tərəfdən, elektron nüvədən təxminən 2000 dəfə yüngüldür, ancaq onların elektrik yükləri bərabərdir. Deməli, elektrik sahəsi nüvələrə nisbətən elektronları 2000 dəfə asan hərəkətə gətirə bilər.

Müasir fizika yuxarıda gətirdiyimiz faktları ümumiləşdirərək belə bir nəticəyə gəlmişdir ki, metallarda elektrik cərəyanını elektronların istiqamətlənmiş hərəkəti yaradır.

Yarımkeçiricilərdə də cərəyanı həmçinin yüklü elektronlar daşıyırlar. Yarımkeçirici materiallarda metalda olduğu kimi, müsbət yüklü nüvələrdən və

onları əhatə edən az miqdar elektronlarla bağlıdır. İstilik yalnız nüvə və elektronların enerjisini artırır. Onlardan bəziləri istidən o qədər böyük əlavə enerji qazanır ki, hətta nüvələrin elektrik sahəsinin onu saxlamağa gücü çatmır.

Elektronu nazik ipə bağlanıb fırlanan daşa, ipi rabitə qüvvəsinə, fırlatma sürətini isə temperatura bənzədək. Əgər daşı bərk fırlatsaq, onda ip qırılır və daş uçub gedər. Yarımkeçiricilərdə də sərbəst elektronlar təxminən belə formada yaranırlar. Lakin yarımkeçiricilərdə istilik bütün valent elektronların nüvələrinin tabeliyindən qurtarmır. Burada nüvələrin əlindən qurtaran valent elektronları yalnız nizamsız istilik hərəkətinə görə başqalarına nisbətən xeyli böyük enerjisi olan elektronlardır.

Yarımkeçiricilərdə sərbəst elektronların miqdarını, metal elektronlarına nisbətən xeyli böyük enerjisi olan elektronlar təşkil edir. Deməli, yarımkeçiricilərdə sərbəst elektronların miqdarının metal elektronlarına nisbətən min və milyon dəfə az olmasına və buna uyğun olaraq elektrik müqavimətinin bir o qədər böyük olmasına da səbəb budur.

Əgər biz bu mülahizəyə görə mis oksidinin elektrik keçirməsinə aid riyazi tənlik qurub, nəzəri hesablamalar aparsaq, onda nəticə bizi təəccübləndirəcəkdir. Lakin elektrik keçirməni hesablamadan alınan qiymət təcrübədə müşahidə olunan həqiqi qiymətdən iki dəfə az alınır. Bu məqsədlə mik oksidinin sağ ucunu elektrik batareyasının müsbət qütbünə, sol ucunu isə mənfi qütbünə bağlayaq.

Tutaq ki, xarici təbəqənin elektronlarından biri müəyyən səbəbdən təkən almışdır. Bu zaman rabitə pozulur və elektron sərbəstləşir. Sərbəstləşmiş elektron elektrik sahəsi qüvvəsinə məruz qalıb, sağa tərəf yerini dəyişdirir. Elektronun olduğu yer yalnız bir anlığa boş qalır. Lakin keçən elektronun yerini o saat başqa elektron – sol qonşusundakı atomun xarici təbəqəsindəki elektron tutur. «Köçən» bu elektron, ümumiyyətlə böyük enerjiyə malik deyildir. O, heç bir güclü zərbə də almamışdır, sanki elektrik sahəsinin zəif əsən küləyi sadəcə olaraq onu biryerdən başqa qonşu yerə sürüşdürmüşdür. Bu keçiddən sonra həmin b usol atomda boş yer



qalır. Həmin bu boş yeri o saat ondan soldakı atomların rabitəsində olan elektron tutur. Ora üçüncü sol atomun xarici elektronu sürüşüb düşür və s. Sanki maddənin içərisində «deşik» (boş yer) səyahətə çıxmışdır.

Beləliklə, yarımkəçiricilərdə elektrik cərəyanı sərbəst elektronlar tərəfindən yaradılmaqla bərabər, həm də tamamilə azad olmayan, ancaq elektrik sahəsinin onu cəzb etdiyi istiqamətdə bir atomdan qonşu atoma keçməsi valent elektronları tərəfindən yaradılır. Valent elektronunun bir rabitədən başqa rabitəyə keçidi özünü «deşiyin» hərəkəti kimi biruzə verir.

Xarici sahə olmadıqdadeşiklərin hərəkəti tamamilə nizamsız, xaostik olur. Lakin yarımkəçiricini sahəyə daxil etdikdə valent elektronları və beləliklə də «deşiklər» bir qədər istiqamətlənmiş hərəkət etməyə başlayacaqdır. Onların malik olduğu əlavə hərəkət istiqaməti xarici gərginliyin müsbət qütbündən mənfi qütbünə doğru olacaqdır.

Bizim baxdığımız yarımkəçirici kristalda elektronların azad olması eyni miqdardadeşiklərin yaranması ilə müşahidə edilir. Elektrik sahəsinin təsiri altında eyni miqdarda elektronlar vədeşiklər əks istiqamətlərə yönəlirlər. Bu, o deməkdir ki, eyni zamanda kristalda elektrondeşik cərəyanı yaranır. Onlar toplanaraq birlikdə yarımkəçiricinin elektrik keçirməsini təyin edirlər.

Mis-2-oksidin elektri keçirməsini hesablamadan alınan qiymətinin, təcrübədə müşahidə olunmuş qiymətinə uyğun gəlməməsinin səbəbi burada imiş. Belə tip keçiriciliyi məxsusi keçiricilik adlandırırlar, çünki o, yalnız müəyyən yarımkəçirici maddənin özünəməxsus olan elektronlar hesabına yaradılmışdır.

Əlbəttə, biz indiyə qədər ideal yarımkəçiricilərdən, tamamilə bircinsli və mükəmməl, heç bir aşqarları olmayan kristalla baxırdıq. Lakin təbiətdə ideal kristal yoxdur. Digər tərəfdən, texnikada istifadə olunan yarımkəçiricilərin əksəriyyətinə cüzi miqdarda aşqarlar əlavə edirlər.

Təcrübələr göstərmişdir ki, yarımkəçiricilərin əksəriyyəti olduqca maraqlı xassələrə malikdir. Əgər atomlarına başqa maddələrin cüzi miqdarda atomlarını

əlavə etsək, onda yarımkəçiricinin elektrik keçirməsi kəskin böyüyər. Bunu konkret misallarda aydınlaşdıraq. Hazırda bəsit, klassik yarımkəçirici germanium və silisium hesab olunur. Germanium dördvalentli maddədir. Onun atomu özünün dörd qonşusu ilə birləşib, düzgün kristal qəfəsi yaradır.

Tutaq ki, germanium atomlarının birinin yerində beşvalentli sürmə atomu durmuşdur. Bu halda sürmənin dörd valent elektronu, dərhal onu əhatə edən dörd germanium atomu ilə rəbitələşir. Beşinci elektron isə öz atomu ilə zəif bəğlandığından asanlıqla atomunu tərək edib kristalda sərbəst hərəkət edir. Burada sürmə atomu yalnız elektron verir və elektron verdikdən sonra yerində dəşik almır.

Doğrudan da «deşik» doymayan valent rəbitədir ki, ancaq gətirdiyimiz sürmə misalında bütün rəbitələr dolmuşdur. Hətta lazım olduğundan artıq dərəcədə dolmuşdur. Deməli, burada «yad» kimi görünən sürmə atomuna yalnız sərbəst elektron tipli yarımkəçiricilər deyilir. Elektron verən aşqar atomlarına isə dinorlar deyilir.

İndi germaniumun yarımkəçiricisinə başqa bir aşqar beşvalentli sürmə deyil, üçvalentli indium atomunu daxil edək. Bu zaman indium atomunun üç valent elektronu germanium atomunun uyğun elektronları ilə rəbitələşir. Onda germaniumun dördüncü valent elektronu boş qalır. İndiumda isə dördüncü valent elektronu yoxdur. Deməli, germaniumun daxilində doymayan valent rəbitə qalır.

Məlum olmuşdur ki, belə yarımkəçiricinin elektrik və başqa xassələrini tamamilə müəyyənləşdirən səbəb, onlarda olan dolmayan valent rəbitələridir. Belə ki, germaniumun daxilində indium atomu nəinki özünün elektronunu bərk tutur, həm də yaxınlığından bir elektron dartıb gətirir.

Germanium atomu ilə bəğli olan elektron alan, sərbəstləşməkdən qabaq az enerji itirməklə indium atomunun xarici orbitinə keçir. Bu zaman indium atomları ilə germanium atomları arasındakı rəbitələri qırır, onlarda zədələr və boş yerlər yaradır. Özləri isə mənfi yüklü iona çevrilirlər. Əlbəttə, bu mənfi yüklər kristal daxilində yox ola bilməzlər. Burada deşiyin yaranması elektronun sərbəstləşməsi

ilə müşayiət olunmur. Odur ki, otaq temperaturunda yaranmağa imkanı olan təkə bu boş yerlər – deşiklər atomdan atoma keçərək, kristal daxilində hərəkət edirlər və əsas yükdaşıyıcılar rolunu oynayırlar.

Qeyd etmək lazımdır ki, germaniumun daxilində indium atomlarının yaratdığı deşiklərin konsentrasiyası, təqribən indium atomlarının konsentrasiyasına bərabərdir.

Yuxarıda deyilənlərdən görünür ki, germanium kristallı elektron və deşik tipli yarımkeçirici ola bilər. Bunu yarımkeçirici materialların əksəriyyətinə aid etmək olar. Buradan aydın olur ki, təmizlənmiş yarımkeçiriciyə müəyyən miqdarda bu və ya başqa aşqarı daxil etməklə, uyğun materialların elektrik xassələrini düşünülmüş surətdə idarə etmək olar.

Beləliklə, elm yarımkeçiricilərin elektrik keçirməsinin sirlərinin səbəbini açmışdır. Belə ki, sərbəst elektronların və deşiklərin rolunu aydınlaşdırmış, yarımkeçirici materiallara aşqarların təsirinin səbəbini də qismən öyrənə bilmişdir.

1873-cü ildə ingilis fiziki U.Smit seleni işıqlandıran zaman, tamamilə təsadüfən onun keçiriciliyinin dəyişdiyini müşahidə etmişdir. Işıqlanma güclənən zaman selenin müqaviməti kəskin azalmışdır. Bu hadisənin mahiyyəti gizli qalmayaraq aydınlaşdırılmışdır. Selen özü yarımkeçiricidir. Onda cərəyan yaratmaq üçün, demək olar ki, sərbəst elektronlar azdır, bu cərəyan isə çox kiçikdir.

Deyək ki, işıq zərrəcikləri yarımkeçiricilərin içərisinə daxil olmuşdur. Həmin işıq zərrəcikləri – fotonlar, birinci növbədə oradakı valent elektronları atomlarının təsirindən qurtarmaq üçün yarımkeçiricidə «deşiklər» yaratmaq üçün enerjilərini sərf edirlər. Sərbəstləşən yükdaşıyıcılar maddənin xaricinə çıxmağa imkan tapa bilmirlər.

Xarici elektrik sahəsi isə ani olaraq yarımkeçiricinin dərinliklərində hərəkət edir və keçiricilikdə iştirak etməyə imkan yaradır. Bircinsli yarımkeçiricidə bu, yarımkeçiricinin elektrik keçirməsini artırır. Buna da fotomüqavimətlər deyilir.

Fotomüqavimətlərin xarakterik əlaməti onların hər iki istiqamətdə cərəyanı eyni keçirmələridir. Lakin müəyyən xarakterli xüsusiyyətə malik olan başqa fotoelementlər də vardır.

Bizim nəzərdən keçirdiyimiz halda fotonlar yarımkeçiricidə xeyli miqdar elektronları sərbəstləşdirir. Xarici sahə isə onları istiqamətləndirib, əsas yükdaşıyıcılara əlavə edir. Nəticədə isə keçən cərəyan böyüyür.

## 1.2. Yarımkəçirici elementlər və onların xarakteristikaları

Bərk cismin xassələrinin öyrənilməsinə ən əvvəl onun atomlarının yerləşməsinə təxminən uyğun gələn həndəsi quruluşundan (strukturundan) başlamaq lazımdır. Bu həndəsi quruluş kristal qəfəsi adlanır.

Belə fərz olunur ki, sistem öz əsas (həyəcanlanmış) halında olduğu vaxt kristal qəfəsində atomların tutduqları vəziyyət tam nizamlı vəziyyətdədir. Bu isə ideallaşdırılmış qəfəsdir. Əslində real kristallarda strukturun düzgünlüyündən mütləq kənara çıxmalar olur. Məsələn, vakansiya, dislokasiya və s.

Beləliklə, mikroskopik cəhətdən nə qədər dəqiqliklə hazırlanmış monokristall olursa-olsun, onda strukturun mütləq dövriliyi ola bilməz. Bu halda yuxarıda verilən tərifdə atom və ya ionun yaranması nəzərə alınmır. Belə ki, atom nüvəsi ətrafında olan elektron buludu nüfuz etmə və deformatsiyaya uğrama qabiliyyətinə malikdir. Atom özü isə (rəqslər öz tarazlıq vəziyyəti ətrafında həmişə rəqs edir.

Məlum olduğu kimi, yarımkəçiricilərin əksəriyyəti də kristallıq quruluşa malikdir. Kristalı əmələ gətirən struktur elementləri – atomlar, ionlar və molekullar yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, həndəsi cəhətdən düzgün periodik qəfəs yaradır. Struktur elementlərinin bu cür nizamlı fəza paylanması kristal cisimləri amorf cisimlərdən fərqləndirən əsas amildir.

Bu və ya digər kristal əmələ gətirən struktur elementləri fəza qəfəsinin təpələrində yerləşərək, təpələr ətrafında istilik rəqsləri edir. Beləliklə də hissəciklərin rəqsi hərəkətlərinin mərkəzinə çevrilir. Temperatur artdıqca hissəciklərinin rəqs amplitudaları da böyüyür, deməli, rəqs amplitudu keçildikcə cismin temperaturu uyğun olaraq aşağı düşür.

Məlum olduğu kimi, qaz və mayelərdə molekullar bütün həcm üzrə hərəkət edə bilirlər. Bərk cisimlərdə isə istilik hərəkəti nizamlı xarakter daşıyır. Əgər bu hərəkəti nəzərə almasaq, onda kristalın zərrəcikləri məlumdur ki, fəza qəfəsinin

uclarına bərkidilmişdir. Ona görə də bununla əlaqədar olaraq təpələr arasındakı məsafədən və qəfəsin başqa parametrlərindən danışmaq olar.

Müasir dövrdə işlədilən yarımkeçirici maddələrin sayı get-gedə artır. Hazırda texnikada ən geniş tətbiq olunan yarımkeçiricilərdən selen, geranium, silisium və s. haqqında aşağıda məlumat verilmişdir.

**Selen.** Bu element yarımkeçirici maddələr içərisində ilk dəfə geniş tətbiq olunan elementdir. Selenin fotoelektrik xassələri XIX əsrin axırlarında tədqiq edilməyə başlanmışdır. Əsrimizin 30-cu illərində isə seləndən ilk dəfə olaraq düzləndiricilər hazırlamışlar.

Selen yalnız yarımkeçirici cihazlarda deyil, başqa sahələrdə də tətbiq olunur. Məsələn, qumdan şüşə hazırlandıqda onun tərkibindəki dəmir oksidləri şüşəyə yaşıl rəng verir. Bu cür şüşəyə selen qatıldıqda, həmin qatılmış selen şüşə kütləsini rəngsizləşdirir. Selen pəncərə şüşələrinə şəffaflıq verir. Şüşə kütləsinin içərisinə nisbətən çox miqdarda selen qatmaqla gözəl rənglərə çalan stəkanlar və başqa şüşə qablar hazırlanır.

Paslanmayan polada qatılmış cüzi miqdarda selen poladın sonrakı mexaniki davamlılığını artırır.

Təbiətdə selenin miqdarı çox azdır. Yer qabığında selen atomlarının payına faizin cəmi mində bir hissəsi düşür.

Selen texnikada əsas etibarilə sulfat turşusu zavodlarının tullantılarından və misin elektroliz yolu ilə təmizlənməsindən yaranan çöküntülərdən alınır. Selenin ilk dünya istehsalı cəmi bir neçə yün tondur. Germanium və silisium yarımkeçiricilərinə nisbətən selen ucuzdur.

Bu element 1817-ci ildə tapılmışdır. «Selen» yunan sözü olub, mənası ay deməkdir. Selenə bu adın verilməsinə səbəb onun tellur elementinə çox oxşamasıdır. Belə ki, tellur «tellus» sözündən olub, mənası yer deməkdir. Ay həmişə yer ətrafına fırlanıb onu müşayiət etdiyi kimi, selen də tellura çox oxşayıb, demək olar ki, onunla bir yerdə tapılır.

Selen çox zəhərli maddədir. O, orqanizmə daxil olarsa, baş ağrısına, saçların tökülməsinə və s. səbəb olur.

**Germanium.** Bu element yarımkəçiricilər qrupunun səciyyəvi nümayəndəsidir. Germaniumu bəzən «qələmin ucunda ixtira olunmuş element» adlandırırlar. Bu, təsadüfi deyildir. Hələ germanium elementi kəşf olunmamışdan əvvəl, 1871-ci ildə böyük rus kimyaçısı D.I.Mendeleyev özünəməxsus dahiliklə həmin elementin təbiətdə tapılacağını söyləmişdir. Bu əhvalatdan 15 il keçdikdən sonra alman kimyaçısı Vinkler Mendeleyevin təsəvvür etdiyi elementi tapmış və vətəninin şərəfinə onu germanium adlandırmışdır.

Yarımkəçirici maddə kimi germanium müəyyən xüsusiyyətlərinə görə seləndən üstündür. Lakin selenin də özünəməxsus üstünlükləri vardır. Germanium təbiətdə çox yayılmışdır. Yer qabığında germaniumun miqdarı qurğuşununkundan yeddi dəfə çoxdur. Lakin germanium yer qabığında çox səpələnmiş haldadır. Onun yeganə filiz mənbəyi olan germanit Cənubi Afrikadadır.

Germaniuma sink filizlərində, kömür tozunda və hətta dəniz suyunda da təsadüf edilir. Lakin bununla bərabər onun miqdarı faizin onda və yüzdə biri qədər olur. Cəmi 1 kq germanium almaq üçün 2500 ton sink filizi işlətmək lazım gəlir.

Germaniumdan yarımkəçiricilər texnikasında əsas etibarilə radio lampalarını əvəz edən kristallik diod və triodlarda istifadə olunur.

**Silisium.** Bu fotoelementlər ilk dəfə olaraq 1953-cü ildə Q.L.Pirson, D.M.Çanın və K.S.Füel tərəfindən ixtira edilmişdir. Silisium təbiətdə ən çox yayılmış elementlərdən biridir. O, yer qabığının 27%-ni təşkil edir. Öz xassələrinə görə silisium germaniuma çox oxşayır.

Silisium boz rəngli bərk maddə olub, yüksək ərimə temperaturuna malikdir. Silisium elementini ilk dəfə 1825-ci ildə İsveç kimyaçısı Borselius kəşf etmişdir. Silisium yarımkəçirici maddələrdən ən çox yayılmışı və eyni zamanda ən bahalıdır.

Silisium fotoelementləri başqa növ fotoelementlərə nisbətən yüksək faydalı iş əmsalına malikdir. Ona görə də silisium fotoelementləri günəş enerjisini elektrik enerjisinə çevirmək üçün ən effektiv fotoelement hesab olunur.

Silisium fotoelementlərinin hazırlanma texnologiyası nisbətən mürəkkəbdir. Bu məqsəd üçün əvvəlcə təkmil monokristall hazırlanır. Monokristalın göyərtmə prosesi vakuumda aparılır. Sonra alınmış monokristall nazik lövhələrə doğranır və diffuziya üsulu ilə r-n keçidi yaradılır. Bundan sonra optik kontakt çəkilir. Bu üsulla hazırlanmış silisium fotoelementlərini adi işıqla işıqlandırdıqda əsas monokristalın keçiriciliyindən asılı olaraq üst elektrod müsbət və ya mənfi yüklənir.

Silisium fotoelementlərinin başqa növ fotoelementlərdən üstünlüyü bir də ondan ibarətdir ki, silisium fotoelementləri nisbətən yüksək temperaturda kifayət dərəcədə stabil işləyir. Qeyd etmək lazımdır ki, silisium fotoelementlərinin texnologiyası mürəkkəb olmaqla, monokristaldan istifadə edildikdə iri sahəli elementlər almaq olmur.

Bu qayda ilə başqa yarımkeçirici elementləri də xarakterizə etmək olur.

**Kükürlü talium fotoelementləri.** Bu elementlər ilk dəfə olaraq 1938-ci ildə Y.P.Moslakovets və B.T.Kololiuets tərəfindən ixtira olunmuşdur. O zaman  $Ti_2$  fotoelementlərinin kəşfi yarımkeçiricilər fotoelektronikasının böyük nailiyyətlərindən biri idi. Çünki kükürlü tallium fotoelementləri o zaman mövcud olan fotoelementlərə (kuproks və selen fotoelementlərinə) nisbətən ən yüksək həssaslığa malik idi. Ancaq bu fotoelementlər kəskin köhnəlmə prosesi üzündən istifadə edilə bilinmirdi.

Kükürlü tallium fotoelementlərinin həssaslığı hazırlandıqları vaxtdan 2-3 ay sonra 60-70% azalır. Uzun zaman bu fotoelementlərin texnologiyası üzərində işlədikdən sonra köhnəlmə prosesinin qarşısı alınmışdır. Bunun üçün fotoelementləri hidrogen olan şüşə ballon içərisində yerləşdirmişlər. Kükürlü tallium fotoelementlərini hazırlamaq üçün tallium və kükürdün stexiometrik



miqdarda qarışıq havası sovrulmuş qabda sintez edilir. Sonra kükürlü tallium vakuumda buxarlanma üsulu ilə səthi əvvəlcədən kələ-kötürləşdirilmiş dəmir astar üzərinə çökdürülür və  $400^{\circ}\text{C}$  temperaturda kristallaşdırılır.

Kükürlü tallium kristallaşdırıldıqdan sonra katod tozlanması üsulu ilə üzərinə yarımşəffaf metal təbəqəsi çəkilir. Xarici mühitdən və xüsusi havanın rütubətindən qorumaq üçün yarımşəffaf elektrodun üstündən şəffaf lak çəkilir və fotoelement şüşə ballona yerləşdirilir. Balonun havası əvvəlcədən sovrularaq, oraya 300-400 mm civə sütunu tərtibində hidrogen qazı doldurulur. Bundan sonra işə sistem kip bərkidilir.

**Kadmium-sulfat fotoelementləri.** Bu fotoelementlər təxminən silisium fotoelementləri ilə bir zamanda ixtira olunmuşdur. Kadmium-sulfat fotoelementləri əsasən CdS monokristalından diffuziya üsulu ilə alınır. Son zamanlar kadmium-sulfat fotoelementləri polikristallik kadmium-sulfatdan alınır. Ancaq polikristallik kadmium-sulfatdan hazırlanan fotoelementlərin parametrləri, monokristaldan hazırlanan fotoelementlərin parametrlərindən çox-çox aşağıdır.

**Mərgümüş-kallium fotoelementləri.** İkiqat və üçqat birləşmələrin fiziki xassələrinin öyrənilməsi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, bu birləşmələr içərisində silisium kimi effektiv yarımkeçiricilər vardır. Bunlardan GaAs və CdTe birləşmələrini göstərmək olar. Mərgümüş-qallium (GaAs) fotoelementləri, n tipli mərgümüş-qallium mono- və ya polikristallik maddəyə kadiumun diffuziyası ilə hazırlanır.

**Kadmium-tettur fotoelementləri.** Bu fotoelementlər ilk dəfə olaraq 1956-cı ildə SSRI Elmlər Akademiyasının Yarımkeçiricilər Institutunda hazırlanmışdır.

**Kuproks fotoelementləri.** Bu fotoelementləri hazırlamaq üçün 1 mm qalınlığında qırmızı mis lövhəsi götürülərək,  $800-1000^{\circ}\text{C}$  temperatura qədər qızdırılmış peçə daxil edilir və orada bir neçə dəqiqə saxlanılır. Bu zaman lövhənin səthi 0,1 mm qalınlığında mis-1 oksid təbəqəsi ilə örtülür.

Bundan sonra lövhə peçdən çıxarılarq soyuq su olan qaba daxil edilir. Əgər qızmış lövhə yavaş-yavaş soyudularsa, onda mis-1 oksid təbəqəsi, mis-2 oksid təbəqəsinə çevrilir. Ona görə də soyutma prosesi tez bir zamanda aparılır. Sonra mis-1 oksid təbəqəsinin üzərinə yarımsəffaf metal elektrod çəkilir.

Kuproks fotoelementlərində r-n keçidi mis-1 oksid təbəqəsi ilə mis təbəqəsi arasında alınır. Kuproks fotoelementi üzərinə işıq şüası saldıqda üst elektrod müsbət yüklənir.

## İKİNCİ FƏSİL. TƏCRÜBİ HISSƏ

### 2.1. Yarımqeçiricilərin radiotexnikada tətbiqi

Radioelektrotexnikada, o cümlədən geniş tətbiq olunan elektron hesablayıcı maşınlarda yarımqeçiricilərdən hazırlanmış düzləndiricilərdən və elektron cihazlarını əvəz edən müxtəlif yarımqeçirici cihazlardan istifadə olunur. Bu cihazların geniş tətbiqinə səbəb yarımqeçiricilərin bizə məlum olan qiymətli xüsusiyyətləridir.

Yarımqeçirici cihazlar bir sıra xüsusiyyətlərinə görə başqa elektron cihazlarından fərqlənilir. Bunlardan ən mühümü yarımqeçirici cihazların kiçik ölçülü ( $0,67 \text{ sm}^3$ ), yüngül (3,5 q), mexaniki möhkəmliyinin yüksə olması, həmçinin işləməsi üçün az güc ( $10^{-7} \times 10^{-2} \text{ vt}$ ) tələb etməsidir. Belə ki, elektron lampalarını yarımqeçiricilərlə əvəz etmək quruluşun həcmi və sərf olunan gücü 10 dəfə azaltmağa imkan verir. Elektron lampalarının ömrü 1000-10000 saata, yarımqeçirici cihazların ömrü isə 100000 saata çatır. Həmçinin son illərdə yarımqeçirici gücləndirmə cihazlarının gücü 3 kv-t-a, cərəyanı isə yüz amperlərə çatdırılmışdır.

Yarımqeçiricidə elektron artıqlığı (elektron keçiriciliyi) əmələ gətirən aşqarlar vardır ki, onlara da donar deyilir. Donar tipli aşqarlı yarımqeçiricilər n tipli yarımqeçirici adlanır (n – «negative» sözündən olub, mənfi sözünün baş hərfidir).

Kristalla tətbiq olunmuş xarici elektrik sahəsinin təsiri altında «deşiklər» qonşu atomlardan tullanaraq, keçən elektronlar vasitəsilə tutulur və sahənin təsiri istiqamətində hərəkət edərək, özü ilə müsbət yük daşıyır. Bu proses kristalın yeni bir elektrik keçiriciliyini müəyyən edir. Bu keçiriciliyə deşik keçiriciliyi deyilir. Yarımqeçiricidə deşik keçiriciliyi yaradan aşqarlara akseptor deyilir və bu akseptor aşqarlı yarımqeçiricilər p ilə işarə olunur (p – «positive» sözündən olub, müsbət sözünün baş hərfidir).

Yarımkəçiricilərə aşqarların qatılması onların keçiriciliyini, həmçinin keçiricilik növünü də dəyişdirir. Bu da yeni tip yarımkəçirici cihazların hazırlanması üçün geniş imkanlar açır.

Yarımkəçirici diodlar – n və p tipli yarımkəçiricilər ayrılıqda dəyişən cərəyanı sabit cərəyanə çevirməyə qadir deyillər. Çünki həmin keçiricilərə dəyişən gərginlik verdikdə, onlardan axan cərəyanın qiyməti gərginliyin polyarlığından asılı deyildir. Dəyişən cərəyanı düzləndirmək üçün müxtəlif tip iki yarımkəçiricinin toxunma səddindən istifadə olunur. Bu, sadə elektron deşik keçidi və ya sadəcə olaraq p-n keçidi adlanır, p-n keçidinin dəyişən cərəyanı düzləndirmək xassəsi vardır. Həmin keçiddə baş verən prosesləri izah etməyə çalışaq.

Tutaq ki, p və n keçiriciliyinə malik olan iki germanium keçiricisi bir-birinə çox dəqiq işlənmiş hamar səthlə təmas edir, n-germanium yarımkəçiricisində külli miqdarda elektronun, az miqdarda deşiyin olması, p-germanium yarımkəçiricisində isə külli miqdarda deşiyin, az miqdarda elektronun olması, qarmaqarışiq istilik hərəkəti nəticəsində elektronların n yarımkəçiricisindən p yarımkəçiricisinə, deşiklərin isə p-dən n-ə diffuziya etməsinə səbəb olur. Odur ki, yarımkəçiricilərin sərhəd təbəqəsində əks işarəli həcmi yüklər (elektron lampalarında olduğu kimi, katod ətrafında elektron buludunun, katodun özündə isə müsbət işarəli həcmi yüklərin yaranması kimi) p yarımkəçiricisində isə müsbət yüklər toplanmış olur.

Elektronların və deşiklərin qarşı-qarşıya diffuziya etməsi prosesi, sərhəd təbəqədə toplanmaqda olan həcmi yüklərin əmələ gətirdiyi elektrik sahəsi intensivliyinin  $E_s$ -in, diffuziyaedici kənar qüvvələrin sahə intensivliyinə  $E_g$ -yə bərabərləşməsinədək davam edəcəkdir. Belə ki, həmin sahə gərginliyi artıq deşiklərin və elektronların yerdəyişməsinə qarşı tormozlayıcı təsir göstərəcəkdir.

Beləliklə, sərhəd təbəqəsinə əks işarəli həcmi yüklərin toplaşması, həmin təbəqədə kontakt potensialları fərqi əmələ gətirir ki, bu da özünün dolmuş kondensator kimi aparır.

Mənbəyin qütbün  $n$  yarımkeçiricisi ilə, mənfı qütbünü isə  $p$  yarımkeçiricisi ilə birləşdirdikdə mənbəyin xarici sahə intensivliyi  $E_b$ , kontakt potensialları fərqi  $E_s$  ilə eyni istiqamətdə olacaqdır. Bunun da nəticəsində elektronlar  $n$  yarımkeçiricisindən mənbəyin müsbət qütbünə doğru, mənbəyin mənfı qütbündən isə  $p$  yarımkeçiricisinə və orada deşikdən-deşiyə keçərək sərhəd təbəqəsinə doğru absorbsiya olunacaqdır. Bu proses  $E_s$ -in, həmçinin  $E_k$ -in  $E_b$  qədər artmasına və yeni bir dinamiki tarazlığın yaranmasınadək davam edəcəkdir.

Absorbsiya prosesi sərhəd təbəqədə əsas yükdaşıyıcıların kasadlaşmasına, bu isə təbəqənin qalınlığının artmasına, deməli deşiklərin və elektronların sərhəd təbəqəsində qarşı-qarşıya keçməsinə, daha çox müqavimət yaranmasına səbəb olacaqdır. Elə buna görə də həmin təbəqəyə «bağlayıcı təbəqə» deyilir.

Kontakt potensialları fərqi əksinə qoşulmuş mənbə əks gərginlik adlanır. Bu halda dolmuş kondensatorun lövhələri arasındakı gərginliyin, onu dolduran mənbə gərginliyi ilə müvazinətləşməsi kimi baxmaq olar. Sərhəd təbəqəsinin müqavimətinin çox böyük olmasına baxmayaraq, hər halda xarici dövredə əsas olmayan yük daşıyıcılarının hesabına çox az da olsa cərəyan axacaqdır. Buna əks cərəyan deyilir.

Mənbəyin müsbət qütbünü  $p$  yarımkeçiricisinə, mənfı qütbünü isə  $n$  yarımkeçiricisinə qoşub  $p$ - $n$  keçidinə düz gərginlik verdikdə mənbəyin xarici sahə intensivliyi  $E_b$ , kontakt potensialları fərqi daxili sahə intensivliyi  $E_s$  ilə əks istiqamətdə olacaqdır. Bu zaman yekun sahə zəifləyəcək və onun tormozlayıcı təsiri azalacaqdır. Bu da elektronların  $n$  yarımkeçiricisindən sərhəd təbəqəsinə doğru, oradan isə deşiklərlə kombinasiya quraraq deşikdən-deşiyə keçməsinə və dövredən (tormozlayıcı sahə zəiflədiyi üçün) çox böyük cərəyan axmasına səbəb olacaqdır.

Beləliklə,  $p$ - $n$  keçidi müxtəlif istiqamətlərdə eyni müqavimətə malik deyildir və buna görə də ondan dəyişən cərəyanın düzləndirilməsində istifadə olunur.

Yarımkəçirici diodların iş prinsipi də p-n keçidinin birtərəfli keçiricilik xassəsinə əsaslanmışdır.

Hazırda sənaye müstəvi və nöqtəvi diodlar hazırlayır. Müstəvi diodlarda n tipli germanium kristalının səthinə kiçik indium parçası daxil edilir. Təqribən  $500^{\circ}\text{C}$  temperaturda indium germanium səthində əridilir və ona diffuziya edir. Germaniumun az bir damlası indium hissəsində həll olur. Soyuduqdan sonra indiuma germanium kristallı arasında dəşik keçiriciliyinə malik olan təbəqə əmələ gəlir. Soyumuş indium damlası dəşik keçiriciliyinə malik olan təbəqə ilə kontakt əlaqəsi yaradır. Germaniumla əlaqə yaratmaq üçün qurğuşun və qalaydan istifadə olunur.

Nöqtəvi diodlarda n tipli germanium kristallı ilə kontakt əlaqəsi volfram naqil vasitəsilə yaradılır. Diodun hazırlanması prosesində kontakt nöqtəsi ətrafında dəşik keçiriciliyinə malik olan kiçik nahiyə əmələ gəlir və bununla da p-n keçidi yaranmış olur.

«Tunel diodu» 1958-ci ildə yapon alimi Yesaki yarımkəçirici diodların tədqiqi ilə məşğul olurdu. Onun iş proqramına dioddan keçən cərəyan şiddətinin ona tətbiq olunmuş gərginlikdən asılılığını dəyişdirmək məsələsi də daxil edilmişdir. Əvvəlcə cərəyan kiçik olmuş, sonra isə dioda birləşmiş batareyanın gərginliyi böyüdükcə cərəyan daha sürətlə artmışdır. Ancaq bu diodların birində maraqlı bir hal olmuşdur. Bu dioda hətta kiçik gərginlikdə cərəyan dik yuxarı qalmış, sonra isə nə üçünsə aşağı enmiş, demək olar ki, sıfıra çatmış və bundan sonra yenə artmışdır. Bu zama nalim anlaşılmazlıq içərisində qalmışdır. Əvvəlcə o, kimyəvi tərkibi tədqiq etməyə başladı. Əlbəttə, dəqiq nəticələr çıxarmaq üçün kristal qəfəsi kafi qədər nəcib olmalıdır. Təddiq zamanı aydınlaşdırılmışdır ki, Yesaki lazım olduğundan bir qədər çox aşqar vurmuşdur. Elə bu hal alimin işini çətinləşdirmişdir.

Bu hadisəni 1932-ci ildə rus alimləri Frenkel və Ioffe əvvəlcədən demişdilər. Onlar bu hadisəni «tunel kvanto effekti» adlandırmışlar. «Tunel effekti»

nəticəsində diod «kobud» şəkildə Om qanunu pozur. Onun voltamper xarakteristikasında «düşən» oblast əmələ gəlir. Bu, o deməkdir ki, müəyyən intervalda dioda tətbiq olunmuş gərginliyin azalması cərəyanın çoxalması ilə nəticələnir, yəni diod özünü «mənfi müqavimət» kimi aparır.

Aydındır ki, müqavimət elektrik signalını zəifləndirə bilər. Bu diodların bir çox xüsusiyyətləri var. «Tunel diodun» işləməsi üçün gücü ağcaqanad gücünə bərabər olan cərəyan mənbəyi tələb olunur. «Tunel diodun» çəkisi qramın yüzdə biri ilə ölçülür. «Tunel diodlar» əsasında hazırlanmış radioqəbuledicilər sancaq başına yerləşə bilərlər.

Yüzlərlə kvadrat metr sahəni tutan, cəld işləyən hesablayıcı elektron maşınları isə bir şeir kitabından böyük olmazlar. Belə maşınlar çox yararlı olacaqdır. Ədəbiyyatçılar onun köməyi ilə qədim xalqların öyrənilə bilməmiş yazılarını araşdırma bilərlər. Astronom uzaq qalaktikaların sadə gözlə görünməyən uzaq orbitlərini hesablaya bilər və s. Kiçik ölçülərə və az çəkiyə malik olduqlarına, az enerji işlətdiklərinə görə, «tunel diodlar» əsasında düzəldilmiş gücləndiricilər kosmik uçuş aparatlarında, məsələn, kosmik rabitə peyklərində və s. geniş tətbiq olunurlar.

Kosmosun fəth edilməsində onların daha bir əvəzolunmaz üstünlüyü vardır. Belə ki, fəzanın uzaq qatarına çıxan kosmonavtı yüksək enerjili kosmik şüaların zərərli təsirindən, hər cür radiasiyadan müdafiə etmək lazımdır. Radioaktiv şüalanma nəinki insan üçün təhlükəlidir, elektron aparatları da ona son dərəcə həssasdır. Amerikan peyki «Telster-1» yalnız son səbəbə görə fəaliyyətdən dayanmışdır. Şüalanma peykə təsir etmiş və onun bir neçə tranzistoru sıradan çıxmışdır.

Amma «tunel diodları» radiasiyadan qorxmur, onlar hətta atom reaktorlarından da belə qorxmurlar. «Tunel diodu» adı dioda iki çıxışı olmasına görə, yarımkeçirici trioda isə onda rəqs generasiya etmək və gücləndirmək üçün istifadə etməyin mümkün olmasına görə oxşayır.

«Tunel diodları» əsasında işləyən generatorlar vakuum generator lampalarına nisbətən bir çox üstünlüklərə malikdirlər. Belə ki, onlar ucuzdurlar, onların işləməsi üçün lazım olan gərginlik voltun hissələri qədərdir, mexaniki cəhətdən daha möhkəmdir və ağır iş şəraitində daha möhkəmdir.

«Tunel diodları» az səs-küy edirlər. Biz radioqəbuledicini kökləyən zaman otaq maneələrlə dolur. Uzaqdakı şimşək, yaxından keçən avtomobil, qonşuluqda olan poliklinikadakı rentgen qurğusu və ya telefon stansiyası radiomane yaradırlar. Biz radioqəbuledicini köklədikdə müəyyən səs-küy, xışıltılar, vızıltılar eşidirik. Bütün bunların səbəbi radiolampalardır. Buna görə də radioqəbuledicilərdə az səs-küy salan lampalardan istifadə edirlər.

Yarımkəçirici triodlar. Tranzistor adlanan yarımkəçirici triodlar diodlardan fərqli olaraq bir deyil, iki p keçidinin birləşməsindən əmələ gəlir. Yarımkəçirici triodlardan elektrik rəqslərini gücləndirmə, generasiya və çevrilmə sxemlərində istifadə olunur. İki p-n və ya n-p keçidinin təbii şəkildə birləşməsindən əmələ gələn triod üç oblastdan ibarət olur. Ortaq oblast müəyyən tip keçiriciliyi olan yarımkəçiricidən, kənar oblastlar isə başqa tip yarımkəçiricilərdən hazırlanır.

Beləliklə, yarımkəçirici triodlar onlardakı oblastların növbələşməsindən asılı olaraq iki tipdə p-n-p, n-p-n quruluşda hazırlanır. Bunlardan ən çox istifadə olunanı p-n-p triodlarıdır.

Yarımkəçirici ferritlər hələ kristal gücləndiricilər yaradıldıqda aydın oldu ki, radiocihazların ölçülərini son dərəcə kiçiltmək olar. Induksiya makaraları, kondensatorların ölçüləri əvvəlki iki qalarsa, onda qeyri-mütənasiblik alınar. Bu, nəinki cihazın hissələrinin ölçüsünə, həm də onların texniki səviyyəsinə aiddir. Əgər hissələr əvvəlki qalarsa, onda biz yəqin ki, müasir qəbuledicini hazırlayarkən məftildən sarınmış çox iri makara ilə sadəliyinə və mükəmməlliyinə görə ideal və həcme kibrit çöpünün ucu boyda yarımkəçirici gücləndiricini yan-yan qoymalı olacağıq.



Radiotexnikanın bütün hissələrini yenidən dəyişmək zərurəti var idi. Burada da köməyə yarımkeçiricilər, birinci növbədə ferrit adlanan materiallar gəldi. Ferritlərin görünüşü tamamilə sadədir. Onlar ən adi, təbiətdə geniş yayılan maddədən – dəmir oksidlərindən və başqa metallardan düzəldilmişdir. Adi maqnit filizi də buraya daxildir. Ferritlərin bu son xassəsi onun radiotexnikada geniş yayılmasına vüsət vermişdir. Ferrit lövhə üzərinə hopdurulmuş, tükdən bir az qalın yay, əvvəlki radioqəbuledicilərin induksiya makarasının gördüyü vəzifələri yerinə yetirir. Birləşdirici məftilləri, müqaviməti və başqa hissələri də adicə ferrit lövhə üzərinə həkk etmək olar.

Nəhayət, hətta kondensatorları da yarımkeçirici titan-barium seqnoelektriklərin üzərinə həkk etmək olar. Bu yarımkeçirici kondensatorların ölçüsü qəpikdən bir neçə dəfə kiçik olmasına baxmayaraq, tutumu 20 mikofarad elektrolit kondensatorları əvəz edir. Yalnız ferrit hissələrin köməyi ilə avtomat qələmdə və eynəkdə yerləşdirilə bilən radioqəbuledicilərin konstruksiyasını vermək mümkün olmuşdur. Ferrit materialların içərisində elələri vardır ki, onlar hətta zəif maqnit sahəsində ildırım sürəti ilə maqnitlənir və sahə dəyişən olduqda maqnitlənmə qabiliyyətini dərhal dəyişdirir. Belə materiallardan hazırlanmış çubuğa məftil sarıdıqda o, antenna olur. Bu tip antenna o qədər balacadır ki, onu birbaşa korpusa yerləşdirirlər.

Yarımkeçirici gücləndiricilərin, ferrit hissələrin, varikondaların tətbiq olunması göstərir ki, hətta mürəkkəb radiosistemləri kiçildib saat korpusunda yerləşdirmək olar.

Nalaoxşar metal maqnit səsucaldan cihazda, istənilən elektrik generatorunda və s. yerlərdə işlənir. Bunlara sabit maqnitlər deyilir. Lakin sabit maqnitin də nöqsanlı cəhətləri vardır. Onlar çox ağırdırlar. Digər bir xüsusiyyəti də onların elektrik cərəyanını yaxşı keçirməməsidir. Əlbəttə, bu xassənin bir sıra hallarda, məsələn, yüksək tezlikli bərkitmə işlərində, metal əridən sobalarda göstərdiyi xidməti göstərmək olar. Onların mexanizmi çox sadədir. Yüksək tezlikli dəyişən

sahə, metalda olan elektronu o tərəf bu tərəfə qovur. Qvoulan bu elektronlar atomların arasından burula-burula keçərək kristal daxilində burulğanlı cərəyan yaradır. Maqnitə daxilədən «didib-dağıdan» bu cərəyan onun temperaturunu xeyli miqdarda yüksəldir və hətta onu əridir. Ancaq başqa halda qızma olduqca ziyandır.

Doğrudan da yüksək tezlikli sahədə işləyən transformatorun özəyinə nəzər salınsa, görünər ki, yaranan burulğanlı cərəyan materialı ani olaraq maqnitlənilib və maqnitləşməsinə imkan vermir, sadəcə olaraq, bu prosesi ləngidir. Halbuki, radioapparatırdada maqnit maddənin olduqca «cəld çevrilməsi» tələb olunur.

Beləliklə, yüksək tezliklər texnikasında çətinlik yaranmağa başladı, ən yüksək tezlikli sahədə özünün maqnit xassəsini saxlayan, daxili müqaviməti böyük olan, içərisində burulğan cərəyanının yaranmasına imkan verən yüngül çəkili materialın axtarılıb tapılması məsələsi birinci plana keçdi. Bunu yüksək tezliklər texnikasının inkişafı tələb edirdi. Məlum oldu ki, ferrit yarımkeçiriciləri yuxarıda deyilən bütün amilləri özündə saxlayan xassəyə malikdir. Bu, radiotexnika üçün nadir tapıntı idi. Transformatorlar, makaralar, drosellər üçün hazırlanan ferrit özlər radiotexnikada çox böyük əhəmiyyətə malikdir. Əgər ferritlər olmasaydı, onda elektron hesablama maşınlarının yanında saxlama qurğuları bəlkə də olmazdı.

Yəqin ki, bizə maqnitofonda maqnit üsulu ilə səsə yazılması məlumdur. Səsə yazılması bərk ferromaqnit məftilində, yaxud xüsusi hazırlanmış maqnit lentində qalıq maqnetizmə əsaslanır. Bu halda səs signalı elektromaqnit impulsuna çevrilərək lentə verilir və qalıq maqnetizmin köməklili ilə səs lentə həkk olunur. Həkk olunan bu impulslar yenidən xüsusi quruluşun köməklili ilə təkrarən səs rəqslərinə çevrilir və beləliklə reproduktorun vasitəsilə onu biz eşidirik. Lenti maqnitləşdirməklə onun üzərindəki yazını silmək və istədiyimiz zaman yenisini yazmaq olar.

Maqnitofon dedikdə, təsəvvürdə böyük bir aparat canlanır. Lakin yarımkeçirici ferritlər maqnitofonun ölçülərini dəyişdirmiş, onları cibdə və əldə gəzdirilən hala da salmışdır.

Ferritlərdən istifadə edərək Yaponiya alimləri elə miniatür maqnitofon düzəltmişlər ki, onu həтта görmək də çətindir. Belə maqnitofonlar qadın üzüyünün qaşında yerləşdirilmişdir.

Maqnit səs yazanlar, səsi yenidən bərpa etməsində yüksək keyfiyyətliliyinə görə səsli kino texnikasında, radcio, televiziya, həmçinin məişətdə çox istifadə edilir. Təsadüfi deyil ki, səsyazmada həvəskar olanlar batareya ilə işləyən ferritli maqnitofonların yüngüllüyünə, yığcamlılığına, uzunömürlülüyünə görə onlardan turist səfərlərində, şəhər qırağı gəzintilərdə və s. yerlərdə istifadə etmək çox əlverişlidir.

## **2.2. Yarımkəçiricilərin televiziya sistemində və məişət maşınlarında tətbiqi**

Əfsanə və nağıllarda sehirli gözdən danışılırdı. Guya elə bir şüşə var imiş ki, onun vasitəsilə çox uzaqlardakı hadisəni müşahidə etmək olurmuş. Lakin bu, yalnız əfsanə idi. Bu gün həqiqətə çevrilmiş əfsanəvi sehirli göz isə televizordur. Bunun da yaranmasının əsas səbəblərindən biri yarımkəçiricilərin əldə edilməsidir.

Televizorun ekranı müxtəlif yarımkəçirici maddələrin qarışığından hazırlanır. İndi televizordan yalnız məişətdə deyil, eyni zamanda istehsalatda da geniş istifadə olunur.

Televizor qurğuları vasitəsilə uzaq məsafədən müxtəlif mürəkkəb istehsalat prosesləri və texniki proseslər müşahidə olunur. Avtomat kosmik stansiyasından alınmış ayın görünməyən üzünün ilk fotosəkli televizor aparatları vasitəsilə qəbul edilmişdir.

Bir vaxtlar rəngli görüntülü televizorlar əlçatmaz olduğu halda, indi rəqəmsal televizorlar, cib televizorları vardır.

Yarımkəçiricilərin kəşf olunmamış sirləri öyrənilib aydın edildikcə, onun tətbiq sahəsinin dairəsi daha da genişləndi. Belə ki, yarımkəçiricilərdən hazırlanmış cihazlar məişətdə də istifadə edilməyə başladı. Belə cihazlardan biri də soyuducudur. Soyuducular üç növdə olur: kompressorlu, absorbsiya-diffuziyalı, termoelektrik soyuducular.

Bunlardan birinci və ikinci növ soyuducularda soyuqluq kompressorun köməyi ilə yaradılır. Üçüncü növ soyuducularda isə soyuqluq belə yaranır: yarımkəçirici termoelementlərdən hazırlanmış radiator soyuducunun divarında elə yerləşdirilir ki, termoelementlərin bir ucu soyuducunun xaricində açıq havada, o biri ucu isə soyuducu şkafın daxilində yerləşir. Belə dövrdən bir istiqamətdə sabit elektrik cərəyanı buraxdıqda, xaricdəki radiator qızır, daxildəki radiator isə soyuyur.

Şkafın üzərindəki başqa bir düyməni basdıqda cərəyanın istiqaməti dəyişir və indi daxili radiator qızır, xaricdəki radiator isə soyuyur. Yəni, başqa sözlə, soyuducunu sobaya çeviririk. Belə sobalarda xörək hazırlamaq, kətə, tort, bulka və s. bişirmək olar.

Yarımkəçiricilər əsasında hazırlanan soyuducuların üstünlüyü bununla qurtarmır. Onların şkafını silkələyən hissələr yoxdur, bunlar nə kompressor, nə elektrik motoru, nə buxarlandırıcı, nə də kondensator tələb etmirlər. Onlara yaxşı xidmət edildikdə uzun müddət qüsursuz işləyə bilirlər. İqtisadi cəhətdən isə çox sərfəlidirlər. Adi soyuduculara nisbətən 10-15 dəfə an enerji işlədirlər. Digər tərəfdən elə sahələr vardır ki, orada bunlarsız heç bir iş görmək olmaz.

Deyək ki, tədqiqatçı alim mikroskop altında müəyyən parametrin dəyişməsinə nisbətən aşağı və yuxarı temperaturda öyrənmək istəyir. Onda o, hər halda həmin obyektə elektrik cərəyanının köməkliliyi ilə qızdırma bilər. Bu da şübhəsizdir ki, heç bir çətinlik yaratmaz. Soyutmaq üçün isə elektrik motoru, kompressor tələb olunur. Bunları yerləşdirmək çətinliyi ortaya çıxır.

Yarımkəçiricilər bütün sahələrdə olduğu kimi, burada da köməyə çatır. İnsan ovcunun içərisində yerləşən çox kiçik soyuducular hazırlamışlar. Belə soyuducular bir neçə vaxt enerji işlədir. Həmin enerji onun içərisində qoyulmuş cismin temperaturunu sels ilə mənfi dərəcəyə qədər aşağı sala bilər, əksinə cərəyanın istiqamətini dəyişdirdikdə onun temperaturu sels ilə müsbət  $80^{\circ}$ -yə qədər çata bilər.

Bioloqların və kimyaçıların yaxın köməkçilərindən olan müxtəlif cihazlarla yanaşı, yarımkəçirici soyuducular da onların laboratoriyalarında özlərinə məxsus yer tutmuşlar. Yalnız bu soyuducuların köməyi ilə onlar bir neçə faktlar aşkara çıxara bilmişlər. Məsələn, biologiya alimləri və həkimləri canlı toxumaları iti bıçaqla tükədən də nazik sap kimi kəsib, onu mikroskop altında tədqiq edirlər. Bu toxumalar bir qədər yumşaq olduqda pis kəsilir, əksinə bərkidikdə kövrək olurlar. Yəni kəsiləndə cırılırlar. Deməli, hər iki hal kəsmək üçün əlverişli deyil. Bu zaman

temperatur rejimini elə seçmək lazımdır ki, bu temperaturda toxumaların kəsilməsi işi ən əlverişli olsun.

Kəsmə işini uzunluğu 10 sm olan yarımkeçirici mikrosoyuducularda apardıqda iş sadələşir, vaxta isə xeyli qənaət edilir. Burada cərəyanı və bundan asılı olaraq soyuqluğu seçmək çox asandır. Onu elə seçmək olar ki, mikrosoyuduculardakı toxumalar tədqiqatçının iş aparmasına ən yaxşı imkan versin. Bunlar hətta bir sahədə külli miqdarda xeyir verdikdə alimlər və mühəndislər yenə də bu maddələrin yeni, ən yeni sahələrdə tətbiq olunmasına çalışmışlar.

Belə bir tədqiq kvant generatoru kimi istifadə olunan yarımkeçiricilərə tətbiq olunmuşdur. Kvant generatorları ən çətin əriyən materialları ani olaraq yandırır deşə bilən, hətta bəzi hallarda külə döndərən gözqamaşdırıcı işıq seli buraxırlar. Öz şüası ilə 3-4 min dərəcə temperaturda əriyən metallı bir dəqiqənin içərisində deşə bilən, eyni zamanda həm də soyuducu kimi roll oynaması çox maraqlıdır.

Kvant generatorları doğrudan da soyuducu kimi işləyə bilər. Onlardan istifadə edərək ən yaxşı buxanalar hazırlamaq olar. Alimlər qalliumarsen yarımkeçirici materialını tədqiq edərkən çox maraqlı bir hadisəni kəşf etmişlər.

Bu yarımkeçirici kristallardan elektrik cərəyanını buraxdıqda məlum olmuşdur ki, kristallı əhatə edən fəzanın temperaturu aşağı düşür. Həmin hadisə haqda İngiltərədə kvant generatorları üzrə keçirilən simpoziumda Hollandiya alimi doktor Boljer ətraflı məlumat vermişdir. O, bildirmişdir ki, bu tip kristallardan keçirilən cərəyanın sıxlığı müəyyən qiymətdən kiçik olduqda, o, xaricdən aldığı enerjidən çox enerxi şüalandırır. Burada belə bir sual olmuşdur ki, enerjinin saxlanması qanunu harada qalır? Alim cavab vermişdir ki, qanun heç vaxt pozulmur, burada əlavə enerji əhatə edilən mühitdən götürülür. Bu cavab həm qanunun saxlanmasına verilirdi, həm də kvant generatorlarının bir soyuducu kimi işləyə bilməsini yəqin edirdi.

Biz burada yarımkeçirici soyuducuların texnikada, məişətdə, elmi işlərin aparılmasında və s. yerlərdə apardıqları vəzifələrin müəyyən bir hissəsini saymaqla kifayətləndik.

Biz qeyd etdik ki, yarımkeçiricilər vasitəsilə istilik enerjisi maşinsız olaraq elektrik enerjisinə çevrilir. Bundan istifadə edərək yarımkeçiricidən termogenerator düzəldirlər. Belə termogeneratorlar icra etdikləri vəzifələrinə uyğun konstruksiyada düzəldirlər. Məsələn, böyük gərginliklər almaq lazım gəlsə, onda çoxlu miqdarda termoelementləri ardıcıl birləşdirməliyik. Güclü cərəyanlar almaq tələbi irəli sürülürsə, onda elementlər paralel birləşməlidir. B usahədə aparılan təcrübi və nəzəri işlərin hamısını, əsasən akademik A.F.Ioffe görmüşdür. Belə elementlərin faydalı iş əmsalı 10%-ə çatır.

Termoelementin çox sadə quruluşu vardır. Neft lampası və lampanın şüşəsinə çoxlu qanadı olan bir cihaz bərkidilmişdir. Bu cihaz yarımkeçirici materiallardan hazırlanmış termogeneratorlardır. Əgər lampanı yandırıb bir neçə dəqiqə gözləsən, onda cihaz elektrik enerjisi hasil edəcəkdir. Bu elektrik enerjisi ilə radionu və başqa elektrikle işləyən ev avadanlığını işlətmək olur. Burada yaranan elektrik enerjisi lampanın istiliyi hesabına yaranmışdır.

Yaponiya firmalarından birinin istehsalı olan bir radioqəbuledcini işlətmək üçün ovucun içini onun gövdəsinə qoymaq kifayətdir. Həssas yarımkeçirici termoelementlərdən quraşdırılan xüsusi üzlük əlin istiliyini elektrik enerjisinə çevirir və beləliklə də qəbuledici işləyir. Belə termoelementlər təbabətdə daha çox tətbiqlər tapmışlar. Məsələn, həkim yarımkeçirici elektrometrlə xəstənin bədəninin istiliyini 5-7 saniyədə təyin edə bilir. Digər tərəfdən, termoelementli cihazlar həkimlərə xəstələrin vəziyyətinə daim nəzarət etmək imkanı verirlər.

Radiovericilər insan bədəninin istiliyi və mexaniki enerjisi ilə qidalanacaqdır. Heç şübhə yoxdur ki, yarımkeçirici termoelementlər yaşayış binalarının, müəssisələrin, məktəb binalarının və s. yerlərin temperaturunu müəyyən səviyyədə saxlamaq üçün geniş istifadə olunur. Eyni bir cihazın köməyi

ilə binanın havası soyudulur, qışda isə qızdırılır. Bu cihazın quruluşu çox sadədir. Yarımkeçirici termoelementlərdən hazırlanmış radiator binanın divarında ehtiyatla yerləşdirilir ki, termoelementlərin bir ucu binanın xaricində açıq havada, o biri ucu isə otağın daxilində olur.

Texnikada güclü aqreqlərlə bərabər, həm də kiçik cərəyanlardan istifadə edilən yerlər vardır. Bu yerlərdə mikro termoelektrogeneratorlardan istifadə edilir.



### 2.3. Yarımkəçiricilərin fotoqrafiyada tətbiqi

Fotoşəklin çəkilməsi üçün səthi işığa həssas maddə ilə örtülmüş şüşə lövhələr və ya lentlər hazırlanır. Lövhə və lent qaranlıqda fotoaparatın içərisində yerləşdirilir. Apparat işığa çıxarıldıqda onun içərisinə heç bir yerdən işıq düşmür. Çəkdiyimiz obyektin ilk əksini fotolentdə almaq üçün həmin obyektədən əks olunmuş işıq şüaları müəyyən zaman fasiləsində fotoaparatın içərisindəki lentə və ya lövhəyə salınmalıdır. Düşən işıq həddindən artıq güclü və ya zəif olduqda keyfiyyətli fotoşəkil hasil etmək olmur. Lentin üzərinə lazımı işıq porsiyasının salınmasını tənzimləmək üçün fotoaparatlarda avtomatik işləyən açarlar vardır.

Biz əvvəlcədən açarı seçdiyimiz bölgüyə qoyub, lentin qabağının bir müddət açıq qalıb, sonradan avtomatik bağlanacağını bilirik. Həmin müddət ekspozisiya zamanı adlanır.

Uzun müddət foto işləri ilə məşğul şəxslər adi gözlə ekspozisiya və diafraqmanı müəyyən dərəcədə düzgün təyin edə bilirlər. Lakin bu işdə təcrübəsi az olan adamlar ekspozisiya və diafraqmanın düzgün seçilməsində çətinlik çəkirlər. Burada bir səbəb də var. O da bundan ibarətdir ki, müxtəlif fotolentlərin və lövhələrin işıq həssaslığı müxtəlifdir. Odur ki, eyni həssaslıqlı lentlə şəkil çəkən bir adam ekspozisiya və diafraqmanı düzgün vərmişdir.

Müxtəlif yollarla ekspozisiya və diafraqmanı təyin etmək imkan verən eksponometrlər vardır. Bunların ən əlverişlisi selen fotoelementi ilə işləyən yarımkəçirici foto eksponometridir. Ovucun içərisində yerləşən bu sadə və eyni zamanda dəyərli cihaz, 2-3 saniyə ərzində ekspozisiya və diafraqmanı dəqiq təyin etməyə imkan verir. Bunun üçün cihazı açıb fotoelement yerləşən pəncərəsini şəkil çəkilən obyektə tərəf yönəltmək kifayətdir.

Yarımkəçirici ilə işlədilən fotoeksponometr foto həvəskarlarının işini xeyli asanlaşdırır. Foto həvəskarlarının yarımkəçiricilərin tətbiqi ilə əlaqədar olan ikinci misal ilə tanış edək.

Elə adamlar var ki, təbiəti çox sevirlər. Bitkilər, ağaclar, otlarla maraqlanırlar. Ola bilsin adamı heyvanat aləmi daha çox maraqlandırır. Lakin hər hansı bir meşə heyvanına yaxınlaşıb onun şəklini çəkmək təhlükəli və həm də çox çətinidir. Bu məqsəd üçün biz yenə də yarımkeçirici ilə işləyən fotoreledən istifadə etməliyik. Bu cür şəkilləri gecə qaranlığında çəkmək daha əlverişlidir. Bu işi belə görürlər.

Fotoaparat meşənin yaxınlığında bir yerdə qoyulur. Ondan bir qədər aralı işıqlandırıcı və fotorele bərkidilir. Fotoaparatın yanında şəklini çəkmək istədiyimiz heyvanın diqqətini cəlb edən yemək və ya başqa bir şey qoyulur. Yeməyin iyini duyan heyvan heç bir təhlükə hiss etmədən fotoapparatı yaxınlaşmaq istəyir. Bu zaman fotorele üzərinə düşən şüanın qabağı kəsilir. Fotorele aparatın üzərində bərkidilmiş maqnezium tozunu yandırır. Bu zaman ətraf bir anlığa işıqlanır, fotoaparat işə düşür. Maqneziumun gözqamaşdırıcı işığından qorxan heyvan qaçır. Artıq aparat isə öz işini görmüşdür.

Əvvəl, fotosəkil çəkdirmək üçün bir neçə saat aparatın qabağında oturmaq lazım gəlir. Lakin şəkilçəkmə texnikası inkişaf etdikcə bu çətinlik aradan tədricən qaldırıldı. İndi şəkil çəkdirmək üçün fotoaparatın qabağında cəmi 1-2 saniyə və bəzən bundan da az dayanmaq lazımdır. Bundan başqa, müasir aparatlar vasitəsilə çəkilən adi və rəngli fotosəkillərin keyfiyyəti xeyli yüksəkdir. Lakin bütün bunlara baxmayaraq, müasir foto işinin hələ də bəzən qüsurları vardır.

Biz fotoqrafiyada çəkdiyimiz şəklın hazır olmasını 1-2 gün və bəzən də daha artıq vaxt gözməli oluruq. Lazım gəldikdə təcili fotoya müraciət edirik. Yarım saata yaxın gözləyib, hələ bir qədər nəm və keyfiyyətcə çox da xoşagəlməyən fotosəkillərimizi alırıq.

Yarımkeçiricilər vasitəsilə cəmi 5-10 saniyə müddətində hazır fotosəkil almaq olur. Özü də nə fotolentdən, nə də fotokağızdan istifadə etmədən şəkil adi kağızın üzərində alınır. Bunu elə bilmək olmaz ki, bu, karandaşla çəkilmiş şəkildir. Adi yazı kağızında 5-10 saniyədə əsl fotosəkil olan olmamışdır.

Elektrik fotoqrafiyasının əsasını yarımkeçiricilərdəki daxili fotoeffekt hadisəsi təşkil edir. Əvvəldə dediyimiz kimi, bir sıra yarımkeçiricilərə işıq şüası təsir etdikdə onların tərkibində əlavəsərbəst elektronlar yaranır və yarımkeçiricinin elektrik keçiriciliyi xeyli artır. Həmin hadisədən istifadə edildikdə yazı kağızı nazik yarımkeçirici təbəqəsi ilə örtülür, kasset asanlıqla ovucun içərisinə elə qoyulur ki, asanlıqla kağızın yarımkeçirici ilə örtülmüş üzünü obyektə baxsın. Bu zaman kasetin ağzı açıq olur. Kağızın səthindən təxminən bir santimetr aralı nazik məftillərlə hörülmüş qapalı çərçivə vardır. Bu məftillərə az güclü və təhlükəsiz sabit yüksək gərginlik mənbəyinin mənfi qütbü birləşdirilir. Həmin mənbəyin müsbət qütbü içərisinə yazı kağızı yerləşdiriyimiz kasetlə birləşdirilir.

Yüksək gərginlik qonşuluqda mənfi qütblə birləşdirilmiş nazik məftillərin ətrafında qığılcımlı elektrik boşalmaları yaradır. Bu isə əhatə edən havada mənfi yüklü ionlar yaradır. Kaset müsbət yüklü olduğundan, o, mənfi yüklü hava ionlarını özünə cəzb edir. Həmin ionlar kağızın üzərində bərabər paylanaraq onun səthini mənfi yükləyirlər. Kağızın səthi kifayət qədər yükləndikdən sonra yüksək gərginliyin dövrəsi açılır. Bundan sonra adi fotoaparata olduğu kimi, obyektiv vasitəsilə şəkli çəkilən obyektin proyeksiyası qısa müddətdə kağızın üzərindəki yarımkeçirici təbəqəyə salınır. Yarımkeçirici təbəqə işığa həssasdır.

Kağızın üzərinə obyektivdən düşən işıq hər yerdə bir cür olmur. Bəzi yerlər çox, bəzi yerlər isə az işıqlanır. Buna uyğun olaraq yarımkeçirici təbəqənin güclü işıqlanmış müxtəlif yerlərinin elektrik keçiriciliyi artır. Nəticədə kağızın üzərində müxtəlif sıxlıqlı elektrik yüklərindən ibarət olan «elektrik əksi» alınır. Həmin «əksi» aşkara çıxarmaq üçün fotoaparata içərisindəki rezervuara az miqdarda narın toz şəklində salınmış asfaltla qarışdırılmış dəmir tozu tökülür.

Şəkil çəkildikdən sonra aparatın rezervuarı açılır və müsbət yüklənmiş asfalt tozu səthi mənfi yüklənmiş kağızın üzərinə tökülür. Kağızın səthindəki elektrik yükləri hansı sıxlıqla paylanmışsa, asfalt tozu da həmin sıxlıqla kağızın üzərinə yapışır. Bununla da kağızda görünən əks alınır.

İstifadə etdiyimiz adi saatlardakı mexaniki mexanizm tədricən elektrik mexanizmi ilə əvəz olunmuşdur. Məsələn, son zamanlar hazırlanmış qol saatlarının çəkisi yarım qramma yaxın olan kiçik elektrik motoru ilə işləyir. Başqa maraqlı bir saat da hazırlanmışdır. Bu saatın heç bir mexanizmi yoxdur. Saatın rəqqasını dəyişkən elektromaqnit sahəsi əvəz edir. Burada zaman siqnalları astronomik observatoriyanın radio stansiyasından verilir.

Xüsusi yarımkeçirici atom batareyasından və yarımkeçirici fotoelementlərindən istifadə olunaraq atom saatları yaradılmışdır. Saatlar üçün hazırlanan atom batareyalarının çəkisi cəmi beş qramm olub, barmağın ucunda asanlıqla yerləşir. Həmin batareyanın quruluşu belədir: kükürlü kadmium adlanan yarımkeçirici maddədən lövhə hazırlanır.

Lövhəyə radioaktiv maddənin beta şüaları ilə təsir etdikdə həmin maddə işıqlanır. Bu işıq şüası yarımkeçirici fotoelementinə təsir edir və nəticədə saati işlədən elektrik cərəyanı alınır.

Telefon aparatlarından məişətdə və istehsalatda rabitə məqsədləri üçün geniş istifadə edilir. İndi artıq yarımkeçiricilərin köməyi ilə bir arzu da həyata keçirilmişdir. Xüsusi telefon stansiyaları vardır, bunların vasitəsilə şəhərlər arasında görünən telefon əlaqəsi saxlanılır. Belə ki, danışmaq məntəqəsində telefon aparatı ilə televizor da qoyulur. Telefonla danışmaq zamanı biz eyni zamanda danışdığımız adamı da görürük.

Bəzi yarımkeçiricilər qızdırılmadan özlərindən işıq buraxmağa qabildirlər. Bu maddələr gündüz işığı toplayaraq qaranlıqda işıq buraxır. Həmin yarımkeçirici maddələr lüminoforlar adlanır.

Hazırda istifadə olunan lampalarda gündüz işığı elektrik energisi vasitəsilə alınır. Lakin yarımkeçiricilərdə gündüz işığı toplayıb, gecələr onu buraxmaq imkanı da vardır. Həm də bu hadisə heç bir elektrik və ya başqa mənbə tələb etmir.

Binaların divarlarına, səkilərin kənarlarına və başqa yerlərə xüsusi yarımkeçirici maddələrdən hazırlanmış nazik boyaqlar çəkilməklə, qaranlıq

gecələri nurlu gündüzlərə çevirmək olar. Bu yarımkeçirici maddələr gündüz işığını yığaraq özlərində saxlayır, gecələr isə buraxırlar.

O da maraqlıdır ki, yarımkeçiricilər topladıqları işığı yalnız ağ rəngdə deyil, qırmızı, yaşıl, göy və başqa rənglərdə də buraxa bilir. Belə ki, gündüz toplanmış işıq hesabına gecələr geniş miqyasda süni işıq məqsədilə, al-əlvan işıqlar da almaq mümkündür.

## 2.4. Yarımkeçiricilərin xalq təsərrüfatının başqa sahələrində tətbiqi

Xalq təsərrüfatının göstərdiyimiz sahələri ilə yanaşı, onun başqa sahələrində də yarımkeçiricilərdən geniş surətdə istifadə edirlər.

Plastik kütlələrdən yeni növ yüngül və möhkəm tikinti materialları, mebel, qab-qacaq, zərif və incə geyim şeyləri və s. hazırlanır. Plastik kütlələrdən müxtəlif ləvazimatlar hazırlandıqda xüsusi press-formalardan istifadə olunur. Bu press-formaları adi elektrik məftilləri ilə qızdırdıqda elektrik enerjisi çox qənaətsiz sərf olunur və formalar qeyri-bərabər qızır.

Yeni qızdırma üsulunda adi elektrik qızdırıcıları səthi nazik yarımkeçirici təbəqəsi ilə örtülmüş metal halqalarla əvəz edilmişdir. Həmin halqalar preslənən kütləyə çox yaxın bir məsafədə geyindirilir. Adi elektrik qızdırıcılarının yarımkeçirici qızdırıcılarla əvəz edilməsi nəticəsində buraxılan brak malın miqdarı xeyli aşağı düşmüş, press-formanın qızdırılma müddəti qısaldılmışdır.

Yarımkeçirici qızdırıcıların işləmə müddəti adi elektrik qızdırıcılarına nisbətən on dəfə artıqdır. Onlar elektrik qızdırıcılarına nisbətən 2-3 dəfə az elektrik enerjisi sərf edirlər. Yeni üsul yalnız press-formalar deyil, metalçəkmə maşınlarının silindrlərinin və eləcə də kimya sənayesində istifadə olunan müxtəlif qurğuların qızdırılmasında da istifadə edilir. Yarımkeçirici qızdırıcılardan istifadə edərək məişət məqsədləri üçün çox davamlı elektrik qazanları, çayniklər, elektrik peçləri və s. düzəltmək imkanı vardır.

Sənaye və texnikanın bir sıra sahələrində yüksək temperaturlu elektrik sobalarından istifadə olunur. Bir çox hallarda kiçik həcmli sobalarda  $1500^{\circ}\text{C}$  qədər temperatur almaq tələb olunur. Bu halda adi peçlərdə istifadə olunan metal məftildən hazırlanmış qızdırıcılar yaramır, çünki onlar  $1000^{\circ}\text{C}$ -dən yuxarı temperaturda ya paslanır və yaxud əriyir. Silisium və karbon elementlərinin yarımkeçirici birləşməsi əsasında düzəldilən silit sobaları texniki tələbləri ödəyir. Bu sobalarda lazımi temperatur alınır. Bu sobalarda işlənən yarımkeçirici qızdırıcı

çubuqların istilikdən genişlənməsi çox az, ərimə temperaturu isə çox yüksəkdir. Odur ki, yarımkeçirici silit peçləri davamlı olmaqla, praktiki istifadə üçün çox əlverişlidir.

Yarımkeçirici fotoelement və fotomüqavimətlərdən bir çox sahələrdə istifadə olunur. Bunlardan biri onların fotoreledə istifadəsidir. Fotoresdə fotoelement və ya fotomüqavimətin üzərinə şüa düşdükdə elektromaqnit işləyir. Elektromaqnit isə məqsəddən asılı olaraq lazımı elektrik dövrəsini açır və yaxud qapayır.

Fabrik və zavodlarda istehsal olunan müxtəlif malları avtomatik saymaq üçün ən əlverişli cihazlar yarımkeçirici fotoelektrik sayğaqlarıdır. Ən sadə yarımkeçirici fotorele fotomüqafimət əsasında hazırlanır. Yarımkeçirici sayğaqlar adi sayğaqlara nisbətən bir sıra üstünlüklərə malikdir. Onların köməyi ilə formasından, çəkisindən, aqreqatr halından, texnoloji proses stadiyasından asılı olmayaraq işlənilib hazırlanan malları saymaq olar.

Yarımkeçirici sayğaqlardan istifadə etdikdə sayılan malların sayğacın hissələrinə toxunması tələb olunur. Yarımkeçirici sayğaqların üstün cəhəti odur ki, konveyer yanındakı sayğaqla yanaşı, ondan bir neçə yüz metr aralı məsafədə əlavə sayğac da qoymaq olar.

Yarımkeçirici fotoelement və fotomüqavimətlərdən sementin keyfiyyətini, çəndəki mayenin səviyyəsini təyin etməkdə və filizlərin avtomatik təmizlənməsində də istifadə edilir. Həmin cihazlar kimya sənayesində kimyəvi reaksiyaların düzgün gedişinə nəzarət edir, sənayenin müxtəlif sahələrində isə malların rənglərinə və ölçülərinə görə avomatik çeşidləmə aparır. Fotoelementlər vasitəsilə bunlardan başqa ayrı işlər də görmək olur.

Adi elektrik cib fanarı batareyası hamıya məlumdur. Cibə yerləşən kiçik qutunun düyməsini basan kimi yaxın ətrafımızı kiçik elektrik lampası işıqlandırır. Cib fanarı batareyası bir neçə ay işlədikdən sonra sıradan çıxır və onları yenisi ilə əvəz etmək lazım gəlir.

Məlum olduğu kimi, yarımkəçirici fotoelementlərin bəzi növləri radioaktiv şüaların enerjisini birbaşa elektrikə çevirir. Bu hadisəyə əsasən yarımkəçirici atom batareyaları hazırlanmışdır. Atom batareyaları ölçülərinə görə cib fanarı batareyalarından bir neçə dəfə kiçik və həm də aramsız olaraq illər boyu işləyir. Həmin batareyalardan az enerji tələb edən radioqurğularda istifadə etmək olar.

Radioaktiv şüaların və nüvə zərrəciklərinin təsirini hiss edən müxtəlif cihazlar vardır. Onların içərisində yarımkəçiricilər vasitəsilə hazırlanmış cihazlar öz sadəliyi və kiçik ölçüləri ilə fərqlənir. Şüaların və nüvə zərrəciklərinin təsirini hiss edən yarımkəçirici cihazların işləmə prinsipi daxili fotoeffekt hadisələrində olduğu kimidir.

Radioaktiv şüanın və ya nüvə zərrəciklərinin təsirinə həssas olan yarımkəçirici maddə sabit cərəyan mənbəyi və ampermetrlə ardıcıl qoşulur. Yarımkəçirici maddəyə işığın təsir etməməsi üçün səthi nazik qara kağızla və ya parça ilə örtülür. Belə ki, radioaktiv şüa və ya nüvə zərrəciyi bu məqsəd üçün hazırlanmış yarımkəçiriciyə təsir etdikdə onun daxili müqaviməti kəskin azalır və dövrədən keçən cərəyanın şiddəti artır. Cərəyan şiddətinin artmasına görə təsir edən radiasiyanın dozası təyin edilir.

Ölkəmizin bir çox yerlərində istehsalatın geniş ehtiyacını ödəyən yüksək gərginlikli elektrik xətləri vardır. Bu elektrik xətlərinin əksər hissəsi ildırımın təsirinə məruz qaldıqda bir sıra texniki qəzalar baş verir ki, bunun da nəticəsində istehsalata xeyli zərər dəyir. İldırım qəzalarının qarşısını almaq üçün istifadə olunan xüsusi yarımkəçirici müqavimətlər ildırımın yüksək gərginlik xətlərinə təsirini, demək olar ki, tamamilə dəf edir. Yarımkəçirici ildırım ötürücülərinin prinsipini tətbiq olunmuş müəyyən gərginlikdən sonra onların elektrik müqavimətlərinin kəskin azalmasına əsaslanır. Yüksək gərginlikli elektrik xəttinə ildırım təsir etdikdə xətdə elektrik gərginliyinin paylanması dəyişir. Gərginlik texniki normadan artıq olan yerlərdə yarımkəçirici qoruyucular avtomatik işə düşərək mümkün qəzanın qarşısını alır.



Əkin vaxtını düzgün təyin etmək üçün torpağın səthinin və aşağı qatlarının nə dərəcədə qızdığını müəyyən etmək vacibdir. Bu məqsəd üçün yarımkeçirici termistorla işləyən və bir hissəsi uzun qılınca oxşayan elektrik termometrlərindən hazırlanmışdır. Termometrin qılinc hissəsini torpağa daxil etməklə torpağın temperaturunu təyin etmək olur. Bu cür termometrlər vasitəsilə bir yerə yığılmış meyvə, tərəvəz, buğda və başqa bitki tığlarının daxilindəki temperaturu ölçmək olur. Tığların daxilindəki temperaturun yüksəkliyi məhsulun xarab olması ilə nəticələnə bilər. Odur ki, tığ daxilindəki temperaturu düzgün təyin etməklə məhsulun xarab olmasının qabağını vaxtında almaq olur.

Bitkilərin inkişafına nəzarət etmək üçün yarımkeçiricilərdən istifadə olunur. Belə ki, bitkilərin əksərinin əsas orqanları onların yarpaqlarıdır. Yarpaqlar vasitəsilə bitki xarici mühitdə müxtəlif mübadilələr aparır. Bitkinin yarpaqlarından müntəzəm olaraq su buxarlanması gedir. Həmin buxarlanmanın sürəti xarici mühitin nəmliyindən, əsən küləyin və havanın temperaturundan asılıdır. Bitkilərin inkişafında yarpaqlardan suyun buxarlanması böyük rol oynayır. Bu məsələni ətraflı öyrənmək üçün yuxarıda dediyimiz kimi, yarımkeçirici cihazlardan istifadə edilir. Bu cihazlar vasitəsilə havanın nəmliyi və küləyin sürəti təyin edilir.

Çox kiçik ölçülü yarımkeçirici termoelementlə işləyən cihaz isə müntəzəm olaraq yarpağın səthindən suyun buxarlanmasını təyin edir. Bu məqsəd üçün termoelement kiçik ölçülü tutacaqlarla yarpağın səthinə bərkidilir. Yarpağın səthindən su buxarlandıqca onun gövdəsinin nəmliyi dəyişir. Yarpaqla əlaqədar olan termoelementin elektrik keçirməsi isə nəmlikdən asılı olaraq dəyişir. Bunun da nəticəsində cihaz yarpaqdan suyun buxarlanma sürətini təyin edir.

Bitkilərin inkişafına nəzarət etməyə imkan verən maraqlı yarımkeçirici cihazlardan biri də bitki gövdəsi daxilindən axan şirənin sürətini təyin edən cihazdır. Cihazın əsas hissəsini elektrik enerjisi ilə qızdırılan yarımkeçirici termistoru təşkil edir. Həmin termistor bitkinin gövdəsinə və başqa orqanına sancılır. Termistordan bir qədər aralı onun solunda və sağında iki həmin növdən

olan termistor sancılır. Birincidən fərqli olaraq bu termistorlar qızdırılmır. Qızdırılan mərkəzi termistordan, istilik bitkinin gövdəsi boyunca yayılır. Kənardakı termistorla istiliyin yayılması qeyd olunur. Istiliyin yayılması bitki işarəsinin hərəkət sürətindən asılı olduğuna görə, bu yolla şirənin hərəkət sürəti öyrənilir.

Bəzən elə olur ki, müxtəlif kimya məhsullarının hazırlanması zamanı gözlənilmədən kimyəvi reaksiyanın gedişi pozulur. Reaksiyanın düzgün gedişinin pozulmasının ilk nişanələri qabda qazların ayrılması, temperaturun yüksəlməsi və s. səbəblərdir ki, onları da bəzən vaxtında müşahidə etmək olmur. Nəticədə təhlükəli partlayışlar verə bilər. Fotoreledən istifadə etməklə bu cür təhlükənin də qarşısı alınır.

Bundan başqa, yarımkəçiricilərin kimya sənayesində bir əhəmiyyəti də vardır. Kimya sənayesində müxtəlif maddələrin alınmasında müxtəlif reaksiyalardan istifadə edirlər. Reaksiyaların sürəti müxtəlif olur. Elə kimyəvi reaksiyalar vardır ki, onların başa çatması üçün saatlar, hətta günlər tələb olunur. Bu qədər böyük vaxt tələb edən reaksiyalar istehsalat üçün, əlbəttə əlverişli hesab edilə bilməz.

Kimyəvi reaksiyaların sürətləndirilməsi üçün bir neçə yol vardır. Bunlardan biri reaksiyaya katalizator adlanan maddə qatmaqdan ibarətdir. Katalizatorlar kimyəvi reaksiyaların sürətini çox-çox artırmağa bilirlər. Bunların müasir kimya sənayesində böyük rolu vardır. Bu katalizatorların ən yaxşısı yarımkəçirici maddələrdir.

Müxtəlif anbarlarda saxlanılan tez alışan maddələri yanğından qorumaq üçün bir sıra tədbirlər görülür. Həmin anbarlara yanan papiros və ya kibrit ilə daxil olmaq qadağandır. Yaranan təhlükəni aradan qaldırmaq üçün qum, su və kimyəvi odsöndürənlərdən istifadə edilir. Lakin öz xüsusiyyətlərinə görə fotoelementlər yanğın işində, demək olar ki, əvəzilməzdir. Burada gözə görünməyən şüadan və fotoreledən istifadə olunur. Yanacaq saxlanılan yerin bir tərəfində şüa mənbəyi, o

biri tərəfində isə fotorele bərkidilir. Qabın səthində tüstü nişanəsi görüldükdə şüanın qabağı kəsilir və fotorele işə düşür. Bu zaman fotorele ilə əlaqədar olan xüsusi mexanizmlər nasosları və kranları işə salır. Nəticədə yanğın təhlükəsi olan yeri su və odsöndürən əhatə edir, eyni zamanda təhlükə signalı çalınır.

Əvvəllər səsli kino yox idi. Danışıqlar və izahat hər bir kadrın aşağı hissəsində yazılırdı. Tamaşaçı kadrlara baxır, eyni zamanda kinonu başa düşmək üçün yazıları da oxuyurdu. Sonralar bu vəzəiyyət aradan qaldırıldı. Kino lentinin əsas hissəsində kadrlar yerləşdi. Lakin lentin qırağında ilk nəzərə cızma-qaraya oxşar cızıq və ləkələr çarpdı. Həmin qara cızıq və ləkələr səs cırılarıdır. Kinofilm nümayiş etdirilən zaman sabit işıq verən elektrik lampasından hərəkət edən lentin səs cığırına işıq salınır. Səs cığırının arxasında isə gücləndirici və səs dinamiki ilə birləşdirilmiş fotoelement vardır. Səs cığırını xətlərinin uzunluğu və enindən asılı olaraq fotoelementin üzərinə gah az, gah da çox işıq şüası düşür. Bu zaman fotoelementdə şiddətli sabit olmayan elektrik cərəyanı yaranır. Həmin cərəyanlar gücləndirilərək səs dinamikinə verilir. Dinamikə gələn elektrik impulsları səs rəqslərinə çevrilir. Dinamikdə alınan səslər kinolentin cığırına yazılmış səsləri təkrar edir.

Kosmik gəmiyə qoyulan cihazlar bir çox şərtləri ödəməlidir. Onlar titrəməyə, zərbəyə davamlı olmalı, çəkiyə kiçik olub, mümkün qədər az yer tutmalı, uzun müddət işləyib çox az elektrik enerjisi sərf etməlidir. Bu şərtləri yarımkeçirici maddələrdən hazırlanmış cihazlar ödəyir.

Kosmik uçuşlarda mühüm məsələlərdən biri də gəminin radio aparaturasını elektrik enerjisi ilə təmin etməkdir. Məlumdur ki, kosmik gəmi uçuşda olduğu zaman yer kürəsindən elektrik enerjisi almaq imkanı olmur. Peyk və ya kosmik raketin aparaturasını qidalandırmaq üçün akkumulyator batareyaları şəklində müəyyən miqdarda ehtiyat enerjisi mənbələri götürülür.

Ayın görünməyən hissəsinin ilk fotosəklinin alınıb Yerə verilməsində yarımkeçiricilərdən istifadə edilmişdir. Ayın fotosunu çəkmək üçün kosmik

stansiya elə dönməli idi ki, oradakı fotoaparatların obyektivləri Ayən səthinə tərəf yönəlmiş olsun. Bu iş yarımkeçirici şüaqəbulediciləri vasitəsilə görülmüşdür. Kosmik stansiya şüaqəbuledicilərin köməyi ilə elə döndərilmişdir ki, onun dibi Günəşə, fotoaparatın obyektivləri olan tərəfi isə Aya doğru yönəlmiş və bu vəziyyətdə şəkil çəkilmişdir.

Gələcəkdə insanlar uzun sürən planetlərarası uçuşlara çıxacaqlar. Bu uçuşlarda müxtəlif məqsədlərin həllində, əsasən yarımkeçiricilərlə işləyən avtomatik cihazlar əsas yer tutacaqdır, çünki böyük sürətlə hərəkət edən kosmik gəmini cihazsız idarə etmək qeyri-mümkündür.

Kosmonavtların uçuşu zamanı aramsız olaraq yerdən onların orqanizminə nəzarət edilir. Kosmonavtların ürək döyüntülərinin sayı, onların nəfəsalmaları, qanının tərkibi və s. haqqında məlumatların kosmik gəmidən Yerə verilməsində də yarımkeçiricilərin böyük rolu vardır.

## NƏTİCƏ VƏ TƏKLİFLƏR

Xalq təsərrüfatının inkişafında yarımkeçiricilərin əhəmiyyəti böyükdür. 1948-ci ilə qədər yarımkeçiricilər haqqında çox az məlumat var idi. Onların istifadəsi yolları sonralar aşkar edilmişdir. Belə ki, başqa elm sahələrinin tərəqqisi ilə yanaşı olaraq, yarımkeçiricilər haqqında da elm inkişaf etmiş və hazırkı səviyyəyə çatmışdır.

Əvvəllər ancaq bir yarımkeçirici kristal üzərində tədqiqat aparılırdısa, hazırda bu kristalların sayı xeyli artmışdır. Hazırda bu kristalların köməyi ilə istilik və günəş enerjisini birbaşa elektrik enerjisinə, habelə maşınlardan istifadə etmədən elektrik enerjisini mexaniki enerjiyə və ya əksinə çevrilməsi, elektrik cərəyanı ilə soyuqluq əmələ gətirilməsi və termodinamiki qızdırılma əldə edilməsi, yüksək tezlikli elektrik və maqnit enerjilərinin ehtiyat halında toplanması və s. kimi əsaslı məsələlər həll edilir. Bu məsələlərin həll edilməsində aşağıdakı yarımkeçirici elementlərdən istifadə edilir.

Selen yarımkeçirici maddələr içərisində ilk dəfə geniş tətbiq olunanıdır. Germanium da yarımkeçirici elementlər qrupunun səciyyəvi nümayəndəsidir. Germanium bir yarımkeçirici maddə kimi müəyyən xüsusiyyətlərinə görə seləndən üstündür. Ondan istifadə edərək radiotexnikada istifadə olunan diodlar və triodlar istehsal olunur.

Silisiyum elementindən də yarımkeçirici kimi çox istifadə edilir. Onun əsasında hazırlanmış fotoelementlər başqa növ fotoelementlərə nisbətən yüksək faydalı iş əmsalına malikdir.

Yuxarıdakı yarımkeçirici elementlərdən başqa, kükürlü tallium, kadmium-sulfat, mərgümüş-qalmium, kadmium tellur və kuporoks fotoelementləri də yarımkeçiricilər texnikasında geniş istifadə olunur.

Yarımkeçirici elementlərdən hazırlanmış cihazlar xalq təsərrüfatının bir çox sahələrində istifadə edilir. Bu sahələrdən biri radiotexnikadır. Yarımkeçiricilərin

radiotexnikada tətbiqinə səbəb, onların bizə məlum olan qiymətli xüsusiyyətləridir. Bu xüsusiyyətlərdən ən mühümləri yarımkeçirici cihazların kiçik ölçülü, yüngül mexaniki möhkəmliyinin yüksək olması, işləmə üçün az güc tələb etməsidir.

Radiotexnikada istifadə olunan yarımkeçirici cihazlardan biri diodlardır. Bunlar p-n keçidli yarımkeçiricidir. Bu yarımkeçiricinin köməyi ilə dəyişən cərəyanı sabit cərəyana çevirmək olur. Radiotexnikada «tunel» diodlarından da geniş istifadə olunur.

**ƏDƏBİYYAT**

1. Ə.P.Həsənov, T.R.Osmanov, N.N.Həsənov, S.İ.Abdullayeva. Mədəni-məişət təyinatlı malların ekspertizası. I hissə. Bakı. İqtisad Universiteti. 2014.
2. Ə.P.Həsənov, T.R.Osmanov, N.N.Həsənov, S.İ.Abdullayeva. Qeyri-ərzaq mallarının ekspertizasının praktikumu. Bakı. İqtisad Universiteti. 2014.
3. T.R.Osmanov. Qeyri-ərzaq mallarının əmtəəşünaslığı və ekspertizasının əsasları. Bakı. İqtisad Universiteti. 2014.
4. Həsənov Ə.P., Vəliməmmədov C.M., Həsənov N.N. və Osmanov T.R. Əmtəəşünaslığın nəzəri əsasları. Bakı, 2003.
5. Həsənov Ə.P., Vəliməmmədov C.M., Həsənov N.N., Osmanov T.R. İstehlak mallarının ekspertizasının nəzəri əsasları. Bakı, 2006.
6. Həsənov Ə.P., Nuriyev D.Ə., Vəliməmmədov C.M., Həsənov N.N., Osmanov T.R., Babayev M.A., Səmədov E.Ə. Qeyri-ərzaq mallarının ekspertizası. I və II hissə. Bakı, 2006.
7. C.M.Vəliməmmədov. Mədəni mallar əmtəəşünaslığı. Bakı. Maarif. 1986.
8. Андрусак Я. В. Организация и технология торговли. Минск: Издательство БГУ, 2002.
9. Брилевский О.А. Товароведение непродовольственных товаров. М., 2003.
10. Бурмистров В. Г. Организация торговли непродовольственными товарами. - М.: Зерцало, 2001.
11. Новикова А.М., Голубкина Т.С., Товароведение и организация торговли непродовольственными товарами. М., 2002.
12. Байбеков Ш.С. «Товароведение культтоваров» М, «Экономика», 1983г

13. Орловский Э.И. «Товароведение культтоваров» М: «Экономика», 1987г.
14. Остановский Т.С. «Товароведение культтоваров» М: «Экономика», 1981г.
15. Чечик А.М. «Товароведение и экспертиза товаров культурно-бытового назначения», М «Дашков и К», 2004 – 534с.
16. Нәсәнов N.N., Vәlimәmmәdov C.M. «Foto-kino malları әmtәәşünashlıǵı», Ваkı 1985.
17. М.А. Николаева. «Товарная экспертиза». Москва. 1998.
18. Н.М.Чечеткина, Т.И.Путилина. «Экспертиза товаров». Москва. 2000.
19. С.В.Семенко. «Экспертиза товаров». Белгород. 1999.
20. Н.М.Чечеткина. «Управление качеством продукции и экспертиза». Ростов-на-Дону. 1998.
21. «Экспертиза потребительских свойств новых товаров». Валицкий С.П., Заденесец Е.Е., Зотова И.А. и др. М.; Экономика. 1981.
22. Лысов И. «Самоучитель по фотографии». Международное агентство АДиТ. 1986.
23. Пешков А.Ф. «Современные фотоаппараты» - СПб; Арлит, 2001.
24. Справочник фотографа. М.: Высшая школа, 1999.