

CdS-də KEÇİD CƏRƏYANLARI

N.N. LEBEDEVA, V.İ. ORBUX, Ç.Q. AXUNDOV, Q.M. EYVAZOVA*,
İ.M. ƏFƏNDİYEVƏ

Bakı Dövlət Universiteti, Fizika Problemləri ETİ

** Bakı Dövlət Universiteti, Nano Mərkəz*

afandiyeva@mail.ru

Təqdim olunan məqalədə monokristallik və toz halında olan CdS nümunələrinin tədqiqinin nəticələri göstərilmişdir. Geniş qadağan olunmuş zonaya malik (2,4 eV), kiçik elektrik keçiriciliklə səciyyələnən CdS-ə olan maraq onun yaxın UB oblastında yüksək fəthəssaslığı ilə əlaqədardır. Elektrik xassələrinə görə CdS seolitlərə yaxındır. Həcmi lövhədən kəsilmiş monokristallik CdS nümunələrinə elektrik gərginliyi qoşulduqda qısamüddətli keçid cərəyanı müşahidə olunur. Tozvari CdS nümunələri üzərində eyni eksperiment aparıldıqda fərqli nəticə alınır – cərəyan stasionar qiymətə çatmayaraq bir neçə saat ərzində azalır. Qeyd etmək lazımdır ki, toz dənəcikləri çox da xırda deyil və eksperiment zamanı təzyiqlə məruz qalmamışdır. Belə halda nümunə həcmindən çox hissəsini məsamələr təşkil edir.

Açar sözlər: Kadmium sulfidi, impedans tədqiqatlar, monokristallik CdS, tozvari CdS

PACS: 73.61.Ga;88.40.jm; 73.50.-h,73.61.-r; 61.72.U-, 81.70.Jb

Giriş

Yarımqeçiricilərdə fotoelektrik hadisələrin öyrənilməsində və inkişafında kadmium sulfidi (CdS) mühüm rol oynamışdır. Bu istiqamətdə aparılan tədqiqatlarda CdS model maddə kimi tanınır. Yarımqeçiricilərin fotoelektrik tədqiqatları optoelektron metodlara aiddir. Bu elmi istiqamət daxili fotoeffekt əsaslı fotokeçiricilik hadisələrini ehtiva edir.

Fotokeçirici layın alınması üçün istifadə olunan metodlardan ən sadəsi altlıq üzərinə müəyyən maddənin tozunun çəkilməsidir. Bu zaman maddənin fotoelektrik xassələrini yaxşılaşdırmaq məqsədilə ona xüsusi əlavələr qatılır. Sonrakı tablama nümunənin sıxlığını artırır, ona fotokeçiricilik kimi aşkarlanan yarımqeçirici üçün xarakterik olan xassələr aşılır.

Kadmium sulfidi (CdS) ilk dəfə 1958-ci ildə fotoelektrik tədqiqatlar üçün model maddə adlandırılmışdır [1]. Buna səbəb otaq temperaturunda CdS-ə məxsus geniş qadağan olunmuş zonadır (2,4 eV). Bu xüsusiyyət maddənin əsas xassələrinin tədqiqi zamanı xüsusi soyudulmaya ehtiyacın olmamasını təmin edir [2].

Metal və yarımqeçirici nazik təbəqələrin alınması üçün vakuum sublimasiya və katod tozlandırma metodlarından geniş istifadə olunur. 1950-ci illərin axırlarında, ilk dəfə olaraq CdS-in sublimasiya edilmiş fotokeçirici təbəqələri alınmışdır. Bu təbəqələr orta enerjili elektronların detektə edilməsi üçün nəzərdə tutulmuşdu [3]. 1960-cı illərdə Ukraynanın Yarımqeçiricilər Elmi-Tədqiqat İnstitutunun əməkdaşları tərəfindən CdS nazik təbəqələri əsasında fotokeçiricilik hadisələri geniş və hərtərəfli tədqiq edilmişdir [4]. Qeyd etmək lazımdır ki, buxarlanan tozda metal xloridlərinin olması nümunələrin nəmliyə həssaslığını artırır.

CdS təbəqələri üçün işıqda müqavimətin dəfələrlə (5 tərtib) dəyişməsi və foto yaddaşın olması səciyyəvidir. 1970-ci illərdə Kiyevdə M.K.Şeykmanın rəhbərliyi altında CdS-in fotoyaddaşı ilə əlaqədar bir sıra elmi iş aparılmış, maraqlı nəticələr alınmışdır [5].

CdS tipli təbəqələrdə də bir sıra fotoelektrik tədqiqatlar aparılmışdır. Bunlar uzununa fotokeçiricilik,

fotodielektrik effekt, fotoinduksiya effekti, səthi fototutunma effekti ilə əlaqədardır [6]. Bu tədqiqatlar fotodielektrik effektlərin yeni klassifikasiyasını təklif etməyə imkan verdi. Bundan başqa, alınan nəticələr geniş zonalı yarımqeçiricilərin tədqiqində yaranmış və ion fotoeffektinin izahına gətirmiş ziddiyyətin (alternativ dərin səviyyə - kollektiv baryer) aşkarlanması ilə nəticələndi [7]. CdS tipli nazik təbəqələr əsasında fotokeçirici mühitlər yaradılmışdır. Bu mühitlərin geofizikada geoloji qatların modelləşdirilməsində istifadəsi və bunun nəzəri cəhətdən mümkünlüyü əsaslandırılmışdır [8]. Kadmiumun kompensə edilməsi artırıqları ilə əlaqədar orta İQ –oblastda yükdaşıyıcıların plazma-rezonansı tədqiq edilmişdir [9]. Optik tezliklərdəki yüksək keçiricilik sabit cərəyanda aşağı keçiriciliklə uzlaşdırıldı. İkinci-ion fotoeffektini ilə analogiya otaq temperaturunda orta İQ- oblastında işləyən plazma-rezonansı əsaslı fotoqəbuləcinin yaradılması mümkünlüyünü aşkar etmişdir.

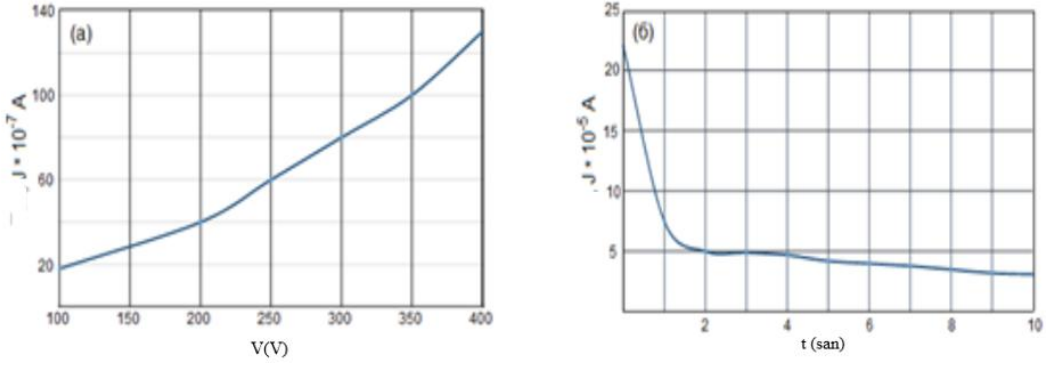
Eksperiment

CdS-ə olan maraq onun enli zonalı (2,4eV) yarımqeçiricilər üçün səciyyəvi olan kiçik elektrik keçiriciliklə birgə yaxın ultra-bənövşəyi (UB) oblastdakı qeyradi fəthəssaslığı ilə əlaqədardır. Elektrik xassələrinə görə CdS tədqiq etdiyimiz seolitlərə yaxındır [10]. Bu isə CdS tozu - seolit qatqısının əsasında fəthəssas kompozitin yaradılmasını maraqlı edir.

Təqdim olunmuş məqalədə monokristallik quruluşlu və tozvari strukturlu CdS nümunələrində keçid cərəyanı tədqiq edilmişdir. Monokristallik nümunələr həcmi CdS lövhəsindən kəsilmişdir. Uzununa fotokeçiriciliyin ölçülməsi üçün hazırlanmış nümunələrin ölçüləri müvafiq olaraq: h,d,l=1,7mm; 5mm; 7,7mm. Lövhənin hxd tərəflərinə gümüş pastasından kontaktlar qoşulmuşdur. Sərbəst səthə (lxd) tətbiq olunmuş elektrik sahəyə perpendikulyar olaraq işıq seli düşürdü. Nümunə kameranın daxilində yerləşdirilmişdir. Buraya işıq açılıb örtülməsi mümkün olan pəncərədən düşürdü. Pəncərə bağlı olduqda qaranlıq cərəyanı ölçülürdü (şəkil 1).



Şəkil 1. Monokristallik CdS nümunəsi.



Şəkil 2. Monokristallik CdS nümunəsi üçün VAX (a) və cərəyanın zamandan asılılığı (b).



Şəkil 3. Tozvari CdS nümunəsi üçün yuvacığ.

Sabit gərginlik blokundan nümunəyə (10-1000)V intervalında gərginlik verilir. Endim 620.02 tipli gücləndirici ilə qiyməti (10^{-8} - 10^{-3}) A intervalında dəyişən cərəyan ölçülmüşdür. Nümunədə gərginlik 200V olduqda qaranlıq cərəyanı ($6 \cdot 10^{-7}$) A təşkil edirdi. Nümunəyə lampadan işıq düşdükdə cərəyan ($2,3 \cdot 10^{-4}$) A-ə bərabər idi. Beləliklə işıq cərəyanının (I_f) qaranlıq cərəyanına (I_d) nisbəti ~ 400 -ə bərabərdir. Monokristalın xüsusi müqaviməti $\rho = 10^4 \text{ Om} \cdot \text{mm}$.

Şəkil 2a-da müxtəlif sabit gərginliklərdə ölçülmüş cərəyanın qiymətləri göstərilir (volt-ampere xarakteristikası-VAX). Şəkildən görüldüyü kimi cərəyanın gərginlikdən asılılığı praktiki olaraq xəttidir.

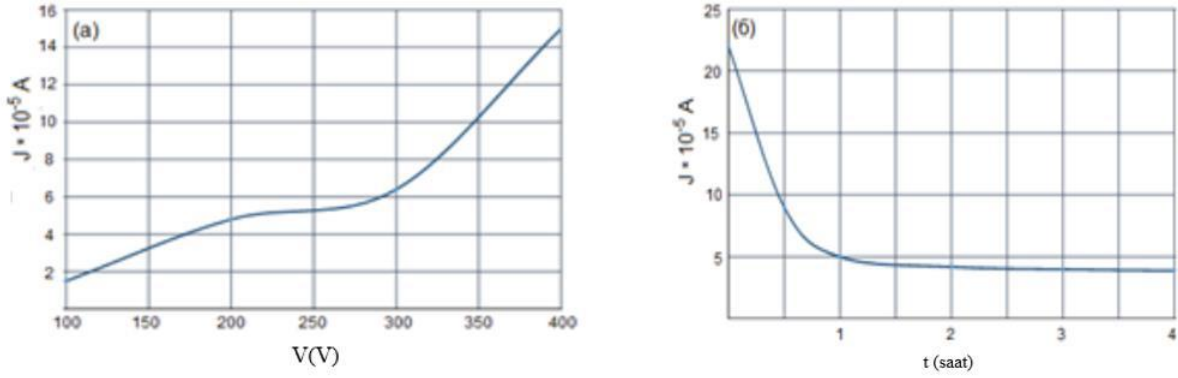
Fotohəssaslığın ölçülməsi iki növ CdS nümunələrində həyata keçirilmişdir:

1-ci nümunə - monokristallik CdS. Ölçüləri: uzunluq $l=7.7\text{mm}$, en- $d=5 \text{ mm}$, hündürlük $h=1.7 \text{ mm}$. Xüsusi müqavimət $5 \cdot 10^7 \text{ Om} \cdot \text{mm}$. Əvvəlcə qaranlıq cərəyanı ölçülmüşdür. Qurğuda nümunə yuvacığda

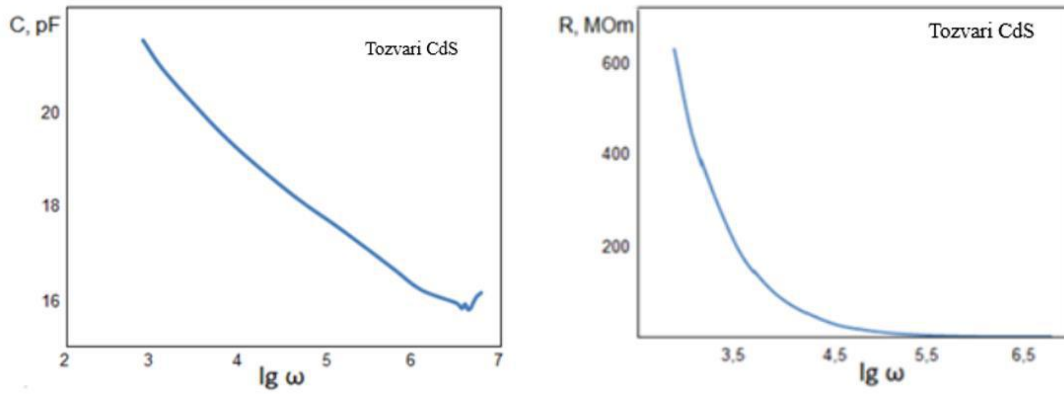
yerləşdirilmişdir, yəni pəncərə bağlı idi. Gərginlik mənbəyindən gərginlik 200V olduqda qaranlıq cərəyanının stabil qiyməti $6 \cdot 10^{-7}$ A olmuşdur. Nümunəyə lampadan işıq salındıqda filtr və fokuslayıcıdan istifadə edilməmişdir. Işıq düşdükdə cərəyan $2.3 \cdot 10^{-4}$ A qiymətini almışdır (şəkil 2b). Monokristallik CdS üçün cərəyan bu qiymətə təqribən 10 san ərzində çatır. Foto-cərəyanın qaranlıq cərəyanına nisbəti ($I_f/I_d = 400$).

2-ci nümunə - tozvari CdS, monokristallik lövhədən işləmə nəticəsində alınmışdır.

CdS tozu xüsusi hazırlanmış yuvacığın boş həcminə yerləşdirilir. Yuvacığın dibi alt elektrod rolunu oynayır (şəkil 3). Üst elektrod- CdS tozuna sıxılmış mis diskdən ibarətdir. CdS toz dənəcikləri çox da xırda deyil və qurğuda elektrodlar tərəfindən təzyiqə məruz qalır. Elektrodlara sabit gərginlik verildikdə nümunədən keçən cərəyan Endim 620.02 gücləndiricisi ilə qeydə alınır.



Şəkil 4. Tozvari CdS nümunəsi üçün VAX (a) və cərəyanın zamandan asılılığı (b).



Şəkil 5. Tozvari CdS nümunəsi üçün tutum (a) və müqavimətin (b) test siqnalının tezliyindən asılılığı.

Tozvari CdS nümunəsində stabil cərəyan uzun müddət ərzində (bir neçə saat) qərarlaşır (şəkil 4b).

Alınan nəticələrdən aşkarlanır ki,:

- Sabit gərginlik qoşulduqda monokristallik CdS nümunəsində qısamüddətli keçid cərəyanı müşahidə olunur (şəkil 4a);

- Tozvari CdS nümunəsinə elektrik gərginliyi qoşulduqda cərəyanın zamandan asılılığı fərqli olur. Cərəyan bir neçə saat ərzində azalaraq stasionar qiymətə çatır.

Tozvari CdS nümunəsi üçün VAX şəkil 4a-da göstərilir.

Cərəyan dəyişməsinin tədqiqinə əlavə olaraq hər iki CdS nümunəsi üçün tutum (C) və keçiriciliyin impedans ölçmələri МНППИ E7-20 cihazın köməyi ilə aparılmışdır. Bu ölçmələrdə test siqnalının tezliyi 120Hz-1MHz intervalında dəyişirdi. Alınan ölçmələr əsasında nümunənin müqaviməti (R) hesablanmışdır. Monokristallik CdS nümunəsində test siqnalının müxtəlif tezliklərində aparılmış ölçmələr tutum və müqavimətin tezlikdən asılılığını aşkar etməmişdir.

Bundan fərqli olaraq tozvari CdS nümunəsində (CdS hissəciklərinin məsamələr ilə qarışığı) dispersiya müşahidə olunur: tutum və müqavimət test siqnalının tezliyindən asılıdır (şəkil 5). Alınmış nəticə strukturun mürəkkəbliyi ilə əlaqədardır. Strukturu iki komponentli (yəni keçiriciliyi olan CdS hissəcikləri və onların arasında məsamələr) sistem kimi qəbul etdikdə, qeyd etmək lazımdır ki, hər bir komponent üçün ayrılıqda dispersiya müşahidə olunmur (şəkil 5b).

Şəkiləndən görüldüyü kimi, test siqnalı tezliyinin artması nəticəsində tutum və müqavimətin azalması

müşahidə olunur. Məlumdur ki, tutum özlüyündə dəyişən gərginliyin tezliyindən asılı deyil. Bu zaman alınmış nəticə əlavə tutumun qoşulmasını bildirir. Sistemin iki fazalı olması nəzərə alınsa, belə fərz etmək olar ki, sistemdə keçirici (R_0 müqaviməti və C_1 tutumlu) və nazik lay-məsamələr (C_2 tutumlu) ardıcıl olaraq qoşulmuşlar. Belə halda ikifazalı sistemə məxsus tutum və müqavimətin tezlikdən asılılığı aşağıdakı ifadələrlə təsvir ediləcək

$$C(\omega) = \frac{C_2 + \omega^2 R_0^2 C_1 C_2 (C_1 + C_2)}{1 + \omega^2 R_0^2 (C_1 + C_2)^2} \quad (1)$$

$$R(\omega) = R_0 \left(\frac{1}{(\omega R C_2)^2} + \left(1 + \frac{C_1}{C_2} \right) \right) \quad (2)$$

Bu model tozvari CdS nümunəsində cərəyanın uzunmüddətli azalmasını izah edir. Elektrik sahənin CdS-ə məxsus keçirici oblastlardan keçirici olmayan (məsamələr) oblastlara keçməsinə təmin edən dəyişən cərəyan zaman keçdikcə azalır. Bu da, tam cərəyanın azalması kimi müşahidə olunur (şəkil 4b).

Nəticə

Təqdim olunan işdə CdS nümunələri monokristallik və toz şəklində tədqiq edilmişdir. Müşahidə olunan uzunmüddətli (bir neçə saat ərzində) cərəyan azalması tozvari CdS nümunələrində aşkar edilmişdir.

Buna səbəb strukturun ikifazlı (CdS kristalları və məsamələr) olmasıdır. Tozvari CdS nümunələrin tutum və müqavimətinin test siqnalının tezliyindən asılılığının impedans ölçmələri məsamələrin əlavə tutum ro-

lunu oynamasını bildirir. Strukturun tutum və müqavimətinin tezlikdən asılılığını təsvir edən ifadələr alınmışdır. Stasionar cərəyanın azalması tərkibində kifayət qədər məsamələr olan sistemin ikifazlı olması ilə əlaqədardır.

-
- [1] *K.W. Boeer*. Cadmium Sulfideasa model for Photoelectric Researches, Wissen. Z. Humbolt-Umiv.Math.-Nat. R.Berlin, 1958/1959. Bd.V111.
- [2] *A.N. Георгобиани*. Широкозонные полупроводники $A^{(2)}B^{(6)}$ и перспективы их применения. УФН. 1974, Т.113, вып.5 . С .129-155.
- [3] *A.M. Свердлова, А.Г. Роках*. Влияние облучения электронами средних энергий на проводимость пленок полупроводников. Изв. АН СССР, сер.физ. 1964, т.28, №9, с.1514-1515.
- [4] *З.И. Кирьяшклина, В.А. Носова, А.Г. Роках*. О получении фоточувствительных пленок сернистого кадмия с помощью легирования, Укр. физ. журн. 1964, Т.9, вып.6 , С.664в.
- [5] *М.К.Шейнкман,И.В.Маркевич,В.А.Хвостов.*, ФТП, 1971, Т.5, вып.10, с. 1904.
- [6] *В.Н. Алимбиев, Л.И. Баранов, А.Г. Роках*. Об индуктивных свойствах квазимонополярных полупроводников, Радиотехника и электроника, 1973, т. 8, вып.12, с.2567.
- [7] *А.Г. Роках*. Фотоэлектрические явления в полупроводниках и диэлектриках, Саратов, 1984, с.152.
- [8] *В.Л. Грищенко, В.П. Малков, М.И. Пронин, А.Г. Роках*. Модели с фотопроводящей средой для решения уравнений эллиптического типа. ЖТФ, 1975, Т.45, вып.2 , С.45.
- [9] *А.Г. Роках, Д.И. Виленко, М.И. Шишкин, А.А.Скапцов, С.Б. Вениг, М.Д. Матасов*. Оптические спектры пленок CdS-PIС и возможность фотоэффекта в среднем инфракрасном диапазоне. ФТП, 2014, т.48, вып.12, с. 1602-1606.
- [10] *G.M. Eyvazova, I.M. Afandiyeva, V.I. Orbukh, Ch.Q. Akhundov, N.N. Lebedeva*. Electrical parameters of zeolite with different silver content, Beyn.Konfr. "Nəzəri və tətbiqi fizikanın inkişafı", H.Əliyev 100il, AJP FIZIKA 2023 section C: Conference, pp.57-60.