

FİZİKA

UOT 53.087/.088

MƏMMƏD HÜSEYNƏLİYEV

CdS BİRLƏŞMƏSİNİN METASTABİL HALININ ALINMASI VƏ TƏDQIQI

Bu işdə CdS birləşməsinin ilk dəfə müşahidə olunan metastabil halından bəhs olunur. Kimyəvi çökdürmə yolu ilə alınmış CdS nazik təbəqəsinin və narın tozunun natrium borhidrid məhlulunda qaralması (metastabil hal) və bir müddət sonra yenidən əvvəlki sarı rəngini alması kimi metastabil xüsusiyyət müşahidə olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, yüksək fotokeçiricilik xassəsinə malik CdS nazik təbəqəsi metastabil halında da bu xassəsinə qoruyub saxlayır. CdS nazik təbəqəsinin normal və metastabil hallarında optik udma spektrləri müqayisəli təhlil olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, CdS nazik təbəqəsinin normal və metastabil halları üçün qadağan olunmuş zonasının eni uyğun olaraq və -a bərabərdir ki, bu da CdS nazik təbəqəsinin normal halındakı sarı rəngdən metastabil halındakı tünd qəhvəyi rəng keçidinə uyğundur.

Açar sözlər: Kimyəvi çökdürmə, nazik təbəqə, CdS, metastabil hal, günəş elementi, müqayisəli təhlil, optik udma spektri, qadağan olunmuş zona.

Genişzonalı yarımkəçirici material olan CdS birləşməsi ən çox öyrənilən və perspektivli olduğuna görə hələ də ətraflı şəkildə öyrənilməsi davam edən birləşmələrdəndir.

Bərk halda, nazik təbəqə şəklində və toz halında CdS birləşmələri limon sarısı rəngindən qırmızımtıl narıncı rənginədək dəyişə bilən rəngləri ilə xarakterizə olunur və adətən n-tip keçiriciliyə malik olurlar. CdS birləşməsi hər şeydən öncə günəş enerji materialıdır, günəş elementlərində bu birləşmə özünü ən münasib pəncərə materialı kimi göstərə bilmişdir. Bunun əsas səbəbi odur ki, CdS-in qadağan olunmuş zonasının eni olduğundan günəş spektrinin çox böyük oblastı üçün şəffafdır və müxtəlif texnoloji üsullardan istifadə etməklə bu birləşmənin çox mükəmməl və yüksək keçiriciliyə malik nazik təbəqələrini almaq mümkündür.

Son vaxtlar ən çox tədqiq olunan heterostrukturlardan biri 10% effektivliyə malik n-CdS/p-CdTe strukturudur ki, n-CdS nazik təbəqəsi bu strukturun ayrılmaz tərkib hissəsidir.

Qeyd etmək lazımdır ki, 25 ildən çox müddət ərzində aparılan tədqiqatlar nəticəsində $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$ (CIGS) nazik təbəqələri əsasında effektivliyi 19,9%-ə çatan f.i.ə.-na malik ən yüksək göstəriciyə malik günəş elementi almaq mümkün olmuşdur ki, bu elementdə bufer təbəqə (pəncərə materialı) olaraq kimyəvi çökdürmə yolu ilə alınmış CdS nazik təbəqəsindən istifadə olunmuşdur [1].

Dayanıqlı və ucuz fotovoltayka üçün yeni perspektivli material olan və buna görə də son vaxtlar ən çox tədqiq olunan $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ (CZTS) nazik təbəqəsi əsasında günəş elementi strukturu yaradılarkən bu birləşmənin CIGS-ə analoq olması nəzərə alınmış və CIGS üçün illərin tədqiqatı nəticəsində yaradılmış optimal günəş elementi strukturu heç bir dəyişiklik edilmədən CZTS üçün də praktikada tətbiq olunmağa başlamışdır, yəni bu halda da bufer təbəqə olaraq CdS nazik təbəqəsindən istifadə olunmuşdur [2, 3].

Kimyəvi çökdürmə yolu ilə CdS nazik təbəqələrinin alınması metodikası tərəfimizdən ətraflı şəkildə öyrənilmişdir. Bu birləşmənin əksolma və udma spektrləri tədqiq olunmuş, bu birləşmədə ən yüksək fotokeçiricilik müşahidə olunmuşdur [4, 5, 6]. Belə ki, heç bir aşqar vurulmadan alınmış bu nümunələrdə işıq/qaranlıq keçiriciliklərinin nisbəti 4×10^{10} olmuşdur və stasionar hal çox uzun müddətə alınmışdır.

Kimyəvi çökdürmə yolu ilə alınmış CdS nazik təbəqəsinin ikivalentli tellur ionlarından ibarət olan elektrolit məhlulundan ion mübadiləsi yolu ilə CdTe-a transformasiya prosesi araşdırılmışdır. Bu üsulla CdTe qatının çökdürülməsi prosesi aradan götürülmüş və CdS üzərində CdTe qatının alınması CdS nazik təbəqəsinin açıq səthində müəyyən qalınlıqlı bir təbəqənin CdTe-a transformasiyası vasitəsilə həyata keçirilmişdir [7].

Kimyəvi çökdürmə yolu ilə alınmış CdS nazik təbəqəsinin və narin tozunun natrium borhidrid məhlulunda qaralması (metastabil hal) və bir müddət sonra yenidən əvvəlki sarı rəngini alması məsələsi ilk dəfə bizim tərəfimizdən müşahidə olunmuş bu prosesin mahiyyətini aydınlaşdırmaqdan ötrü bir sıra araşdırmaların aparılmasına stimül yaratmışdır.

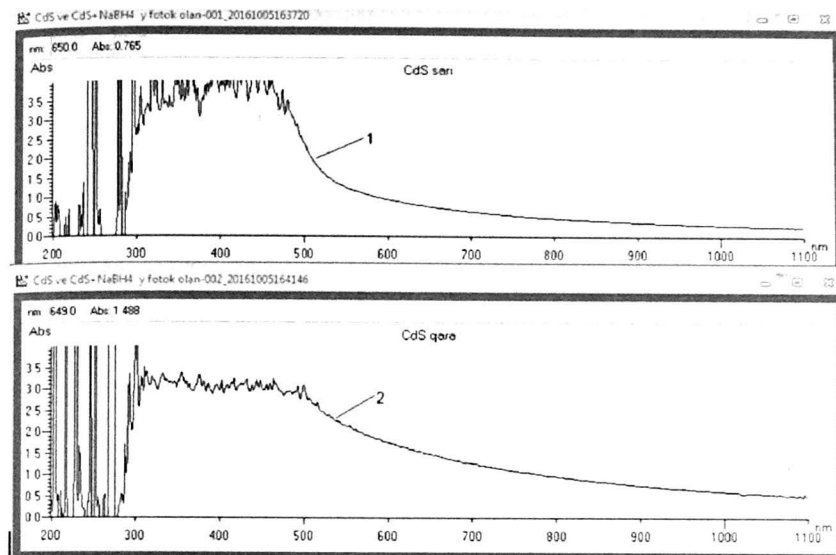
Açıq sarı rəngli (normal) CdS nazik təbəqəsi və narin tozu natrium borhidrid məhluluna salındıqda tez bir zamanda tünd qəhvəyi (metastabil) rəngini almışdır. Metastabil halın normal CdS-in xassələrində nə kimi dəyişikliklər etdiyini aydınlaşdırmaqdan ötrü xüsusi olaraq bu məqsəd üçün aldığımız yüksək fotokeçiricilik xassəsinə malik olan CdS nazik təbəqələrindən istifadə edilmişdir. Araşdırmaların nəticəsi olaraq hələlik aşağıdakı müşahidələrimizi qeyd etmək olar:

- yüksək fotokeçiricilik xassəsinə malik CdS nazik təbəqəsi metastabil halında da bu xüsusiyyətini qoruyub saxlayır;
- eyni bir nümunədə (nazik təbəqə və yaxud narin toz) dəfələrlə metastabil halın alınması mümkündür;
- metastabil halın yaşama müddəti (ən azı iki saatdır) bir çox amillərdən, o cümlədən bu halı yaradan natrium borhidrid məhlulunun qatılığından asılıdır;
- distillə suyuna salınması metastabil CdS nümunəsinin əvvəlki normal halına qayıtmasını tezləşdirir;
- duru xrompik məhluluna salındıqdan sonra yuyulub qurudulan sarı rəngli (normal) CdS nazik təbəqəsinin metastabil halının alınması mümkün olmur;
- CdS nazik təbəqəsi və ya narin tozu metastabil halından əvvəlki normal halına qayıda bilmir və ya ola bilsin ki, bu çox uzunmüddətli prosesdir;
- 350°C -də üç saatlıq tablamadan sonra istər normal (sarı) istərsə də metastabil (tünd qəhvəyi) CdS birləşmələri (nazik təbəqə və yaxud narin toz) hər ikisi eyni açıq qəhvəyi rəngini alırlar;

tablamadan sonra CdS nazik təbəqəsi və narin tozu natrium borhidrid məhlulu vasitəsilə yenə də metastabil hala keçə bilər və bir müddət sonra tablamadan sonrakı açıq qəhvəyi rəngini alırlar;

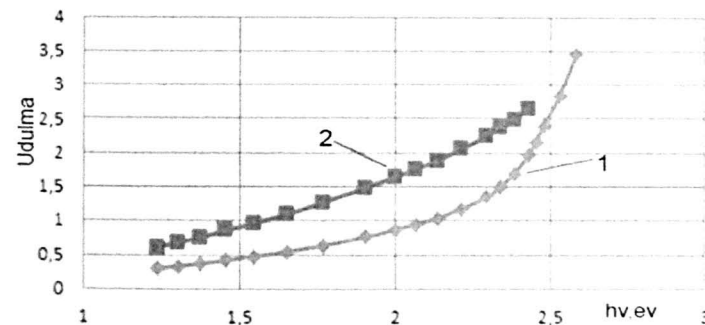
Normal və metastabil CdS nazik təbəqələrinin optik xassələri müqayisəli təhlil olunmuşdur.

Şəkil 1-də normal və metastabil CdS nazik təbəqələrinin U-5100 ultrabənövşəyi spektrofotometrində çəkilmiş optik udma əyriləri göstərilmişdir.



Şəkil 1. Normal (1) və metastabil (2) CdS nazik təbəqələrinin udma spektrləri.

Bu asılılıqlardan CdS nazik təbəqəsinin normal və metastabil halları üçün asılılıqları qurulmuşdur (şəkil 2).



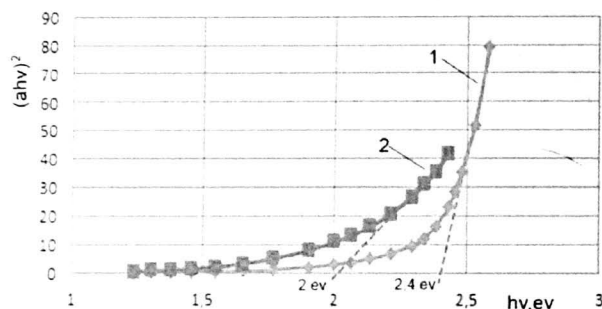
Şəkil 2. CdS nazik təbəqəsinin normal (1) və metastabil (2) halları üçün asılılıqları.

Bildiyimiz kimi yarımkəçiricinin qadağan olunmuş zonasının enini hesablamaq üçün Tauç düsturundan istifadə edilir [8]:

$$(\alpha h\nu)^{\frac{1}{n}} = A(h\nu - E_g)$$

Burada A – sabit ədəddir, E_g – yarımkeçiricinin qadağan olunmuş zonasının eni, $h\nu$ – fotonun enerjisidir. n -isə keçidin tipindən asılı olaraq dörd müxtəlif qiymət ala bilər. Belə ki, icazə verilmiş düz keçid üçün $n = 1/2$, icazə verilmiş çəp keçid üçün $n = 2$, qadağan olunmuş düz keçid üçün $n = 3/2$, qadağan olunmuş çəp keçid üçün $n = 3$ qiymətləri alır [9].

CdS düzzonalı yarımkeçirici olduğundan [10] bu birləşmə üçün $n = 1/2$ münasibəti doğrudur. Bu birləşmənin qadağan olunmuş zonasının enini tapmaq üçün $(\alpha h\nu)^2$ -nin $h\nu$ -dən asılılıq ayrılması qurulmuşdur (şəkil 3).



Şəkil 3. CdS nazik təbəqəsinin normal (1) və metastabil (2) halları üçün asılılıqları.

Bu ayrılardan düz xətt oblastının absis ($h\nu$) oxu ilə kəsişməsinə əsasən CdS nazik təbəqəsinin normal və metastabil halları üçün qadağan olunmuş zonalarının eni müəyyən edilmişdir. Bu qiymətlər uyğun olaraq $E_g = 2.4\text{ eV}$ və $E_g = 2\text{ eV}$ olmuşdur ki, bu da CdS nazik təbəqəsinin normal halındakı sarı rəngdən metastabil halındakı tünd qəhvəyi rəng keçidinə uyğundur.

ƏDƏBİYYAT

1. Repins I., Contreras M.A., Egaas B. et al. 19,9%-efficient ZnO/CdS/CuInGaSe₂ solar cell with 81,2% fill factor // Progress in Photovoltaics, 2008, vol. 16, no. 3, pp. 235-239.
2. Katagiri H., Jimbo K., Yamada S. et al. Enhanced conversion efficiencies of Cu₂ZnSnS₄-based thin film solar cells by using preferential etching technique // Appl. Phys. Express, 2008, vol 1, № 4, pp. 041201-041202.
3. Nagoya A., Asahi R., Kresse G. First-principles study of Cu₂ZnSnS₄ and the related band offsets for photovoltaic applications // J. Phys.: Condens. Matter 23 (2011) 404203 pp. 1-6.
4. Vəliyev Z. Ə., Hüseynəliyev M.H. Kimyəvi çökdürmə yolu ilə alınmış yüksək fotokeçiriciliyə malik CdS nazik təbəqələrinin tədqiqi // "Fizika", 2003, c. IX, № 2, s. 58-59.
5. Hüseynəliyev M.H. CdS birləşməsinin əksolma spektri // Fizika-riyaziyyat və texnika elmləri üzrə Beynəlxalq konfransın tezisləri. Naxçıvan, 2008, s. 88.
6. Hüseynəliyev M.H., Bektaş M.H. CdS nazik təbəqəsinin udma spektri // AMEA Naxçıvan Bölməsinin Xəbərləri, 2009, № 2, s. 252-257.

7. Hüseynəliyev M.H. CdS/CdTe əsasında günəş elementləri hazırlanmasında yeni üsulun tətbiqi // AMEA Naxçıvan Bölməsinin Xəbərləri, 2013, № 2, s. 215-219.
8. Tauc J. (Ed.), Amorphous and Liquid Semiconductors, Plenum Press, New York, 159 (1974).
9. Pankove J.I. Optical Process in Semiconductors, New Jersey, USA 34 (1971).
10. Srinivasa Rao B., Rajesh Kumar B., Rajagopal Reddy V.. Preparation and characterization of CdS nanoparticles by chemical co-precipitation technique // Chalcogenide Letters, 2011, vol. 8, № 3, p. 177-185.

AMEA Naxçıvan Bölməsi
E-mail: mamedhuss@mail.ru

Mammad Huseynaliyev

PREPARATION AND INVESTIGATION OF METASTABLE STATE OF CdS COMPOUND

At present work was learned metastable state was first observed in CdS compound. Metastable property of a thin film and a powder of CdS produced by chemical vapor deposition was found, consisting of blackening of the compound in sodium borohydride solution (metastable state) and returning some time later to their starting yellow color.

It was found that CdS thin film having high photoconductivity preserves this property also in metastable state. There was a comparative analysis of the optical absorption spectrum of thin films of CdS in natural and metastable states.

It was found that the band gap of the CdS thin film for the normal and metastable states is and respectively, which corresponds to the transition from the normal yellow state to the dark brown metastable state.

Keywords: chemical deposition, thin films, CbS, metastable state, solar cell, comparative analysis, optical absorption spectrum, band gap.

Мамед Гусейналиев

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАСТАБИЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СОЕДИНЕНИЯ CdS

В данной работе сообщается о метастабильном состоянии, впервые наблюдаемом в соединении CdS. Было обнаружено метастабильное свойство тонкой пленки и мелкого порошка CdS, полученных методом химического осаждения, заключающееся в почернении в растворе боргидрида натрия (метастабильное состояние) а затем через некоторое время возвращающееся к прежнему желтому цвету.

Было выяснено, что тонкая пленка CdS, обладающая высокой фотопроводимостью и

при метастабильном состоянии сохраняет это свойство. Был проведен сравнительный анализ спектров оптического поглощения тонкой пленки CdS в нормальном и метастабильном состояниях.

Было установлено, что ширина запрещенной зоны тонкой пленки CdS для нормального и метастабильного состояний соответственно равна и, что соответствует переходу из нормального желтого состояния в темно-коричневое метастабильное состояние.

Ключевые слова: химическое осаждение, тонкая пленка, CdS, метастабильное состояние, солнечный элемент, сравнительный анализ, спектр оптического поглощения, запрещенная зона.

(Fizika-riyaziyyat üzrə elmlər doktoru Səfər Həsənov tərəfindən təqdim edilmişdir)

Daxilolma tarixi:

İlkin variant 18.10.2019

Son variant 12.12.2019