

SU MÜHİTİNDƏ ÇÖKDÜRÜLMÜŞ CuInS_2 NAZİK TƏBƏQƏSİNİN ALINMASI VƏ OPTİK XASSƏLƏRİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

M.İ. AĞAYEV

AMEA Fizika İnstitutu,
Az-1143, H. Cavid pr., 33

H.S. SEYİDLİ

Azərbaycan Müəllimlər İnstitutu

B.Z. RZAYEV, M.H. HÜSEYNƏLİYEV, A.B. RZAYEVA

AMEA Naxçıvan Bölməsinin Təbii Ehtiyatlar İnstitutu

Tozvari CuInS_2 indium(III) sulfidlə mis(I) xloridin su mühitində qarşılıqlı təsirdən alınmışdır. Çökdürmə 20-50°C temperaturda və pH-ın 0,5-4,0 həddində aparılmışdır. Çöküntü distillə suyu ilə yuyulub, 120°C-də qurudulduqdan sonra 7,4 Mol trietanolamində həll edilmişdir. Həllədicinin buxarlandırılması üsulu ilə CuInS_2 nazik təbəqəsi alınmışdır. Optik udma spektrindən udulmada iştirak edən üç keçidin enerjisi təyin edilmişdir: $E_{g0}=1,52$ eV; $E_{g1}=1,56$ eV və $E_{g2}=2,95$ eV.

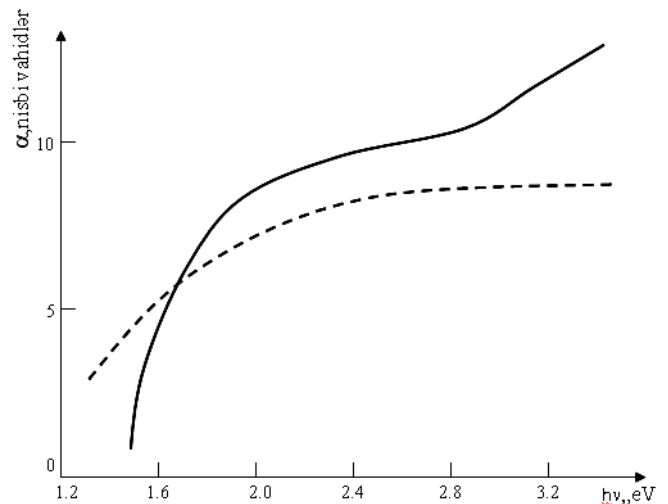
Məlumdur ki, yarımkeçirici birləşmələrin nazik təbəqələrinin alınmasında istifadə olunan üsulların əksərində ilkin material olaraq əsas maddənin narın əzilmiş tozundan istifadə olunur. Bu üsullardan vakuumda buxarlandırma [1], elektroforetik çökdürmə [2], həllədicini buxarlandırmaqla maddənin səthə oturdulması [3] və s. geniş istifadə olunur. Bu baxımdan hidrokimyəvi metodlarla toz şəklində alınan birləşmələrdən ilkin material kimi istifadə etməklə onların nazik təbəqələrinin alınması üsullarının seçilməsi və hər bir üsulun optimal şəraitinin işlənilib hazırlanmasını perspektiv hesab etmək olar.

Bu işdə məqsəd CuInS_2 birləşməsinin nazik təbəqəsini almaq və onun optik xassələrini tədqiq etmək olmuşdur. CuInS_2 birləşməsi aşağıdakı metodika üzrə alınmışdır. İndium(III)sulfid götürülmüş, ona mis(I)xloridin 10%-li natrium-xloriddə 2%-li məhlulu ilə təsir edilmişdir. Çökdürmə 20-50°C temperaturda, pH=0,5-4,0 həddində aparılmışdır. Alınan mis(I)tioindat tozvari kristallik formada olur. Çöküntü şüşə süzgecdən süzülüb, distillə suyu ilə xlorid ionları qurtaranadək yuyulmuş və 120°C temperaturda qurudulmuşdur. Sonra CuInS_2 -nin müxtəlif üzvi həllədicilərdə parçalanmadan həll olması istiqamətində axtarışlar aparılmışdır. Müəyyən olmuşdur ki, CuInS_2 -nin narın tozu 7,4 M trietanolamin məhlulunda yaxşı həll olur. Bu zaman şəffaf trietanolamin məhlulu qəhvəyi rəngli məhlula çevrilir. Nazik təbəqənin alınmasında da CuInS_2 -nin 7,4 M trietanolamindəki doymuş məhlulundan istifadə edilmişdir.

Altıq olaraq götürülmüş müstəvi şüşə lövhə əvvəlcə xrom qarışığı (2,5q $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7+4\text{ml H}_2\text{SO}_4+20\text{ml H}_2\text{O}$) ilə təmizlənir, sonra isə distillə suyunda yuyularaq qurudulur. CuInS_2 -nin məhlulu nazik təbəqə şəklində şüşə altlığın səthlərindən birinin üzərinə çəkilib və o 220°C temperaturadək qızdırılmış mufel peçinin içərisinə yerləşdirilir (trietanolaminin qaynama temperaturu 277°C-dir). 3-5 dəqiqədən sonra şüşə altlıq peçdən çıxarılır. Bu proseslərdən sonra şüşə üzərində qəhvəyi rəngli, şəffaf və bircins CuInS_2 nazik təbəqəsi alınmışdır.

Alınan təbəqənin optik xassələri öyrənilmişdir. Şəkil 1-də CuInS_2 nazik təbəqəsinin və CuInS_2 -nin trietanolamində doymuş məhlulunun udma spektrləri

göstərilmişdir. Ölçmələr SPECORD-M40 spektrofotometrində aparılmışdır. Şəkiləndə görüldüyü kimi CuInS_2 -nin trietanolamin məhlulunun udma spektri onun nazik təbəqəsinə nisbətən daha kiçik enerjilərdən başlayır.



Şəkl. 1. Su mühitində alınmış CuInS_2 birləşməsinin trietanolamin məhlulunun (qırıq xətt) və CuInS_2 nazik təbəqəsinin (bütöv xətt) udma spektri

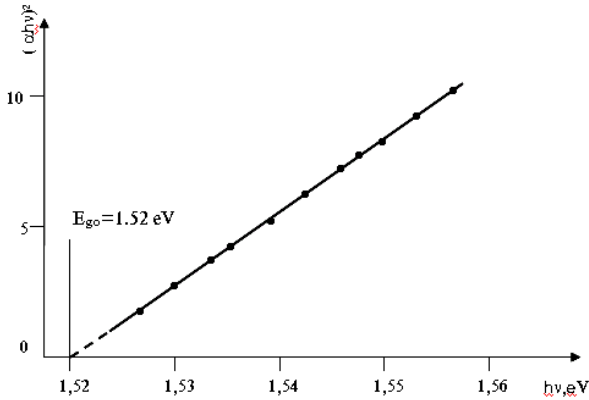
CuInS_2 nazik təbəqəsinin udma spektrindən birləşmənin optik keçidlərini müəyyən etmək üçün [4] işində təklif olunan üsuldən istifadə edilmişdir. Bu üsulu tətbiq etməklə su mühitində alınmış CuInS_2 nazik təbəqəsinin qadağan olunmuş zonası (E_{g0}) və optik udmaya öz payını verən növbəti iki keçid (E_{g1} və E_{g2}) təyin olunmuşdur.

Qeyd etmək lazımdır ki, α -nın nisbi vahidlərdə ifadə olunması yalnız A_T -lərin qiymətlərinə təsir, E_{gr} -lərin qiymətlərinə isə heç bir xələl gətirmir.

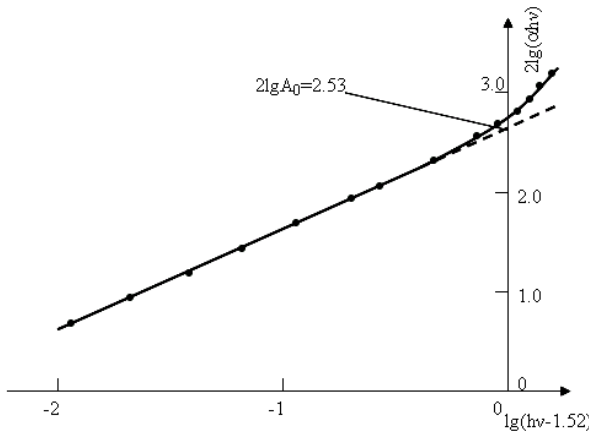
Yarımkeçiricinin qadağan olunmuş zonasının enini tapmaq üçün nisbi vahidlərdə $(\alpha h\nu)^2 \sim f(h\nu)$ asılılığı qurulmuşdur. Çünki spektrin fundamental udma oblastında udma əmsalı fotonun enerjisi ilə aşağıdakı münasibətdədir [3, 5].

$$\alpha_0 = \frac{A_0}{h\nu} (h\nu - E_{g0})^{1/2}$$

1,53÷1,56 eV intervalındakı xətti asılılıqdan $E_{g0}=1,52$ eV (düz xətt oblastının absis oxu ilə kəsişməsinə əsasən) olduğu müəyyən edilmişdir (şəkil 2). Bu keçidin bütün spektr boyu udma spektrinə verdiyi payı ($\tilde{\alpha}_0$) hesablamaq məqsədi ilə A_0 sabitini təyin etmək üçün α -nın təcürbi qiymətlərindən istifadə edilməklə $2\lg(\alpha h\nu) \sim \lg(h\nu - 1,52)$ asılılığı qurulmuşdur (şəkil 3).



Şək.2. CuInS_2 nazik təbəqəsi üçün $(\alpha h\nu)^2$ -nin $(h\nu)$ -dən asılılığı.



Şək.3. A_0 sabitini təyin etmək üçün $2\lg(\alpha h\nu) \sim \lg(h\nu - 1,52)$ asılılığı.

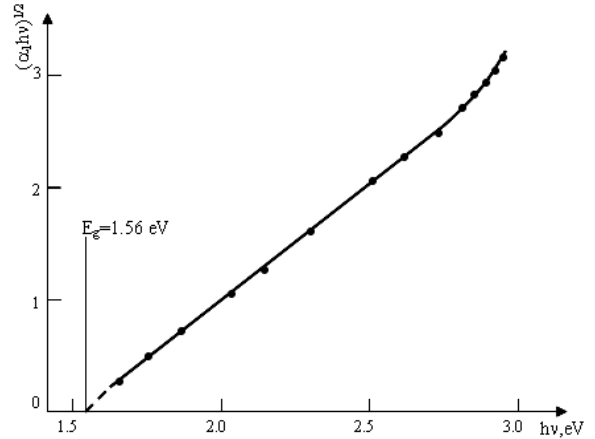
Bu asılılığın düz xətt oblastının ordinat oxu ilə kəsişməsinə əsasən $2\lg A_0=2,53$ olduğu müəyyən edilmişdir. A_0 -ın bu qiyməti $\tilde{\alpha}_0 h\nu = A_0(h\nu - E_{g0})^{1/2}$ ifadəsində yerinə yazılmaqla E_{g0} keçidinin bütün spektr boyu qiymətləri hesablanmışdır. α -nın təcürbi qiymətlərindən $\tilde{\alpha}_0$ -in hesablanmış qiymətlərini çıxmaqla E_{g0} keçidinə aid udulma tamamilə aradan çıxarılmış olacaqdır.

$$\alpha_1 h\nu = \alpha h\nu - \tilde{\alpha}_0 h\nu$$

Növbəti mərhələdə $n = \frac{1}{2}; 2; \frac{3}{2}; 3$ qiymətləri üçün

$(\alpha_1 h\nu)^{1/n} \sim f(h\nu)$ asılılığı qurulmaqla n -in hansı qiymətində

bu asılılığın xətti asılılıq olduğu aydınlaşdırılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, $h\nu=1,6\div 2,8$ eV intervalında $n=2$ qiymətində xətti asılılıq alınır (şəkil 4).

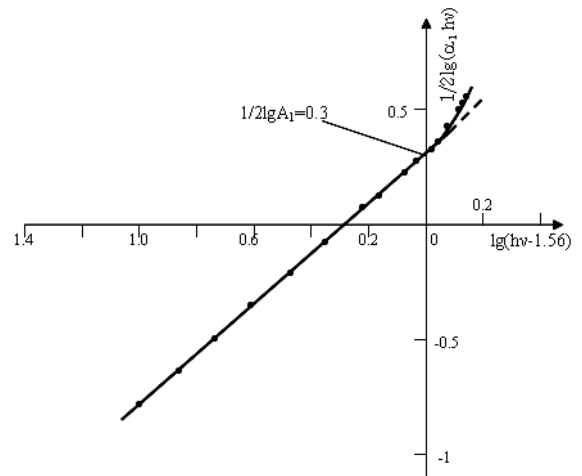


Şək.4. CuInS_2 nazik təbəqəsinin udulmada iştirak edən E_{g1} keçidinin təyin edilməsi üçün qurulmuş $(\alpha_1 h\nu)^{1/2} \sim f(h\nu)$ asılılığı.

Bu asılılığın düz xətt oblastının absis oxu ilə kəsişməsindən növbəti keçid müəyyən edilmişdir: $E_{g1}=1,56$ eV.

E_{g0} -düz və E_{g1} -çəp keçidləri üçün tapılmış bu qiymətlər horizontal Bricmen üsulu ilə göyərdilmiş CuInS_2 monokristalı üçün alınan qiymətlərlə demək olar ki, üst-üstə düşür. Orada E_{g0} keçidi gadağan olunmuş zonanın eni, E_{g1} keçidi isə valent zonanın Brillüen zonasının mərkəzinə yaxın yerləşən (çox güman ki, T və ya N nöqtələrində) maksimumundan keçirici zonanın mərkəzdə yerləşən minimumuna olan keçid kimi xarakterizə olunmuşdur. Udma spektrindən növbəti E_{g2} keçidini təyin

etmək üçün $\frac{1}{2} \lg(\alpha_1 h\nu) \sim \lg(h\nu - 1,56)$ asılılığı qurulmuş (şəkil 5), bu asılılığın düz xətt oblastının ordinat oxu ilə kəsişməsindən $\frac{1}{2} \lg A_1 = 0,304$ olduğu müəyyən edilmişdir.



Şək.5. $\frac{1}{2} \lg(\alpha_1 h\nu) \sim \lg(h\nu - 1,56)$ asılılığı (bu asılılıqdan A_1 sabiti təyin olunmuşdur).

E_{g1} -in və A_1 -in tapılmış bu qiymətlərindən istifadə olunmaqla E_{g1} keçidinin bütün spektr boyu udmaya verdiyi pay ($\tilde{\alpha}_1$) hesablanmışdır:

$$\tilde{\alpha}_1 h\nu = A_1 (h\nu - E_{g1})^2$$

α_1 -in təcrübi qiymətlərindən $\tilde{\alpha}_1$ -in hesablanmış qiymətlərini çıxmaqla

$$(\alpha_2 h\nu) = \alpha_1 h\nu - \tilde{\alpha}_1 h\nu$$

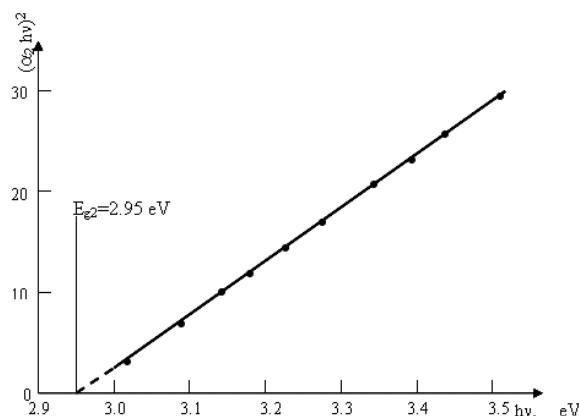
ifadəsi tapılmışdır.

$$n = \frac{1}{2} \text{ qiyməti üçün } (\alpha_2 h\nu)^{1/n} \sim f(h\nu) \text{ asılılığı xətti}$$

asılılıq verdiyindən (3,0÷3,5 eV intervalında) düz xətt oblastının absis oxu ilə kəsişməsinə əsasən $E_{g2}=2,95$ eV olduğu müəyyən edilmişdir (şəkil 6). Bu keçid də E_{g0} keçidi kimi icarə verilmiş düz keçiddir.

CuInS₂ birləşməsi üçün $E_{g2}=2,95$ eV keçidinə yaxın qiymətlər udma spektrinin analizinə həsr olunmuş [6] işində (3,04 eV) və əksolma spektrinin öyrənilməsinə həsr olunmuş [7] işində (3,0 eV) qeydə alınmışdır. Bu keçidin

mexanizmi müəlliflər tərəfindən müxtəlif şəkildə izah olunmuşdur.



Şəkil 6. Udulmada iştirak edən E_{g2} keçidinin təyin edilməsi üçün qurulmuş $(\alpha_2 h\nu)^2 \sim f(h\nu)$ asılılığı.

Biz hesab edirik ki, bu keçid bir çox digər I-III-VI₂ birləşmələrində olduğu kimi misin 3d səviyyəsindən keçirici zonanın minimumuna olan keçid kimi xarakterizə olunmalıdır [6].

[1] H. Neumann., G. Kuhn., B. Shumann. Adamantine ternary epitaxial layers. Progress in Crystal Growth and Characterization. 1980. vol 3. № 2/3, p. 157-178.
 [2] C.X. Qui and I. Shih. Canadian Journal of Physics. 1987. vol. 65, p. 1011-1014.
 [3] K. Singh. Turkish Journal of Physics. 1977. vol. 21. №12, p. 1247-1254.
 [4] H.S. Seyidli, M.H. Hüseyinliyev. Udma spektrindən yarımkeçiricinin optik keçidlərinin müəyyən edilməsi mərhələləri və onların CuInS₂ monokristallarına tətbiqi. «Fizika-2005» Beynəlxalq konfrans. Bakı.

2005. səh. 695-697.
 [5] D.S. Sutrave, G.S. Shahane, V.B. Patil, L.P. Deshmukh. Turkish Journal of Physics. 2000. vol. 24. №1. p. 63-76.
 [6] H. Neumann, W. Horig. Thin Solid Films. 1981. vol 79. p. 167-171.
 [7] M. Turowski, A. Kisiel, R.D. Tomlinson. Optical properties of some I-III-VI₂ ternary chalcopyrite compounds. Il nuovo cimento. 1983. vol. 2D. №6. p. 2064-2068.

M.A. Agayev, H.S. Seyidli, B.Z. Rzaev, M.H. Huseynaliyev, A.B. Rzaeva

THE OPTICAL PROPERTIES OF SOLUTION DEPOSITED CuInS₂ THIN FILMS FROM POWDER OBTAINED IN AQUA MEDIUM

CuInS₂ solutions were prepared by dissolving CuInS₂ powder obtained from CuCl-In₂S₃-H₂O system in 7,4 M triethanolamine. The optical absorption in solution deposited CuInS₂ thin films was studied in the photon energy range from 0,5 to about 3,6 eV. CuInS₂ was found to be a direct gap semiconductor with a gap energy of $E_{g0}=1,52$ eV. Two further transitions were observed at $E_{g1}=1,56$ eV and $E_{g2}=2,95$ eV.

М.И. Агаев, Г.С. Сеидли, Б.З. Рзаев, М.Г. Гусейналиев, А.Б. Рзаева

ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКОЙ ПЛЕНКИ ИЗ ПОРОШКА CuInS₂ ОСАЖДЕННОГО ИЗ ВОДНОЙ СРЕДЫ И ИЗУЧЕНИЕ ЁЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Порошкообразное соединение CuInS₂ получено взаимодействием трисульфида индия хлоридом меди(I) в водной среде. Осаждение проведено при температуре 20-50⁰ С и при интервале рН=0,5-4,0. Осадок фильтруется через стеклянный фильтр, промывается дистиллированной водой и высушивается при температуре 120⁰ С.

Исследована растворимость CuInS₂ в различных органических растворителях. Выявлено, что CuInS₂ без разложения растворяется в 7,4 М триэтаноламина. Испарением растворителя получена тонкая пленка CuInS₂ и исследованы ёе оптические свойства. Из спектра поглощения определены энергии трех переходов, участвующих при поглощении – $E_{g0}=1,52$ eV; $E_{g1}=1,56$ eV и $E_{g2}=2,95$ eV.

Received: 10.11.06