

## MƏSAMƏLİ $\text{Al}_2\text{O}_3$ MATRİSİNDƏ YETİŞDİRİLƏN NANOQURULUŞLU CdS-in RAMAN SPEKTRİ

C.A. QULİYEV

Azərbaycan MEA-nın H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutu,

Bakı şəh. AZ-1143, H. Cavid, 131

[c.quliyev@physics.science.az](mailto:c.quliyev@physics.science.az)

Təqdim olunan işdə məsaməli  $\text{In}_2\text{O}_3$ :Sn/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  matrisində yetişdirilən və müxtəlif temperaturlarda termiki işlənmiş nanoquruluşlu CdS-in Raman spektrləri çəkilmiş və təhlili verilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, 150°S-dən yuxarı temperaturlarda termiki işlənmiş quruluşların spektrlərində iki pik daha aydın nəzərə çarpır. Onlardan 476.8  $\text{sm}^{-1}$ -dəki pik  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ə aiddir. Digər 299  $\text{sm}^{-1}$  piki isə CdS-ə xas olan ILO pikinə uyğun gəlir.

**Açar sözlər:** Raman spektri, nanoquruluşlar, CdS,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

**PACS:** 81.05.Rm, 81.16.Pr, 81.07-b, 82.45.Cc.

### GİRİŞ.

Nazik təbəqəli polikristal yarımkeçiricilərin müxtəlif elektronik və optoelektronik cihazlarında tətbiqi böyük marağa səbəb olmuşdur. Hal-hazırda nazik təbəqələr elmi tədqiqat və bərk cisim texnologiyasında əsas yer tutur. Polikristal əsaslı qurğulardakı texnoloji marağ əsasən çox aşağı istehsal xərcləri ilə bağlıdır. II-VI qruplarda yerləşən yarımkeçiricilər arasında CdS polikristallik nazik təbəqəsi tipik materialdır. Kadmiyum sulfid (CdS)- çox faydalı optoelektronik, piezoelektronik və yarımkeçirici materialdır. CdTe,  $\text{Cu}_2\text{S}$  və  $\text{CuInSe}_2$  kimi bir neçə yarımkeçirici ilə birgə pəncərə materialı kimi istifadə edilən geniş qadağan olunmuş zonaya malikdir (2.42eV).

Bu işdə biz elektrokimyəvi üsulla çökdürülmüş nazik təbəqəli və nanoquruluşlu CdS-in optik xüsusiyyətlərinə baxacağıq. Tədqiq etdiyimiz nazik təbəqələrin qalınlıqları 1.6, 1.8, 2.0 və 2.2  $\mu\text{m}$ -dir. Nümunələrin xarakteristikaları "Nanofinder 30 Tokyo Instruments" konfokal lazer spektroskopiyaya qurğusunda ölçülərək təhlil edilmişdir.

CdS vürsit kristal quruluşu və  $C_{6v}$  simmetriyasına malikdir. Hər bir hücrə 4 ədəd atomdan təşkil olunub. Molekulların rəqslərinə tətbiq olunan qruplar nəzəriyyəsinə əsasən CdS-in Brillüen zonasının mərkəzində 9 ədəd optik budaqları mövcuddur. Bunlardan biri Raman və infraqırmızı aktiv olan bir ədəd  $A_1$  və bir ədəd ikiqat cırlaşmış  $E_1$  budağı, yalnız Raman aktiv olan iki ədəd ikiqat cırlaşmış  $E_2$  budaqları və 2 qeyri-aktiv  $B_1$  budaqlarıdır.  $E_2$  modundan fərqli olaraq,  $A_1$  və  $E_1$  budaqlarının hər ikisi polyar modalardır və müxtəlif tezlikli eninə optik (transverse - TO) və uzununa optik (longitudinal - LO) fononlara parçalanmışdırlar [2]. Bu parçalanmanın səbəbi makroskopik elektrik sahələrinin LO fononlarına təsiridir [1].

Zərrəciklərin ölçülərinin nanoölçülərə qədər azalması fonon momentinin seçim qaydasının pozulmasıyla nəticələnir və maqnit momentləri  $l \neq 0$  fononlarında Raman səpilməsinə öz payının verilməsinə imkan yaradır [3]. Beləliklə, bəzi yeni qadağan olunmuş rəqs modaları (akustik modalar – aşağı tezlik oblastında və səthi optik modalar – yüksək tezlikli oblastlarda) nanoquruluşların struktur quruluşlardan, aşqarlardan,

valent zonaların qarışığı və/ və ya qeyri sferik həndəsəyə malik olmasından aşkarlanacaqdır.

### KRİSTALLARIN ALINMASI VƏ EKSPERİMENTİN METODİKASI.

Şüşə altlıq üzərinə radio tezlikli maqnetron tozlandırma üsulu ilə  $\text{In}_2\text{O}_3$ :Sn çökdürülmüş və sonra isə kameranı açmadan həmin çökdürülmüş  $\text{In}_2\text{O}_3$ :Sn üzərinə alüminium tozlandırılmışdır. Daha sonra isə elektrokimyəvi üsulla Al təbəqəsi anodda oksidləşdirilərək məsaməli  $\text{Al}_2\text{O}_3$  qatı yaradılmışdır. Elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə anodda oksidləşdirilmiş alüminium oksid məsamələrində və eləcə də şüşə/ $\text{In}_2\text{O}_3$ :Sn üzərində CdS çökdürmək üçün Etilen-glikolda  $T=130^\circ\text{S}$  temperaturunda həll olunmuş 0.2M  $\text{CdCl}_2$ , 0.02M  $\text{S}_8$ , və 0.1M  $\text{NH}_4\text{Cl}$  tərkibli susuz məhluldan istifadə olunmuşdur. Elektrokimyəvi çökdürmə  $T=90-100^\circ\text{S}$ -də potensiostatik rejimdə aparılmışdır.  $J=15\text{mA}/\text{sm}^2$  cərəyan sıxlığında,  $t=10-100$  san çökdürmə müddətində elektrolit müntəzəm olaraq qarışdırılmışdır. Çökdürülmə prosesindən sonra, CdS-in amorf fazasının ləğv olunması üçün təbəqənin səthi  $t=20$ san müddətində 10%-li HCl məhlulunda həll olunur. Daha sonra təbəqə  $t=20-30$  san müddətində  $T=450^\circ\text{S}$  dərəcəsində hava mühitində termiki qızdırılır.

### NƏTİCƏLƏR VƏ MÜZAKİRƏLƏR.

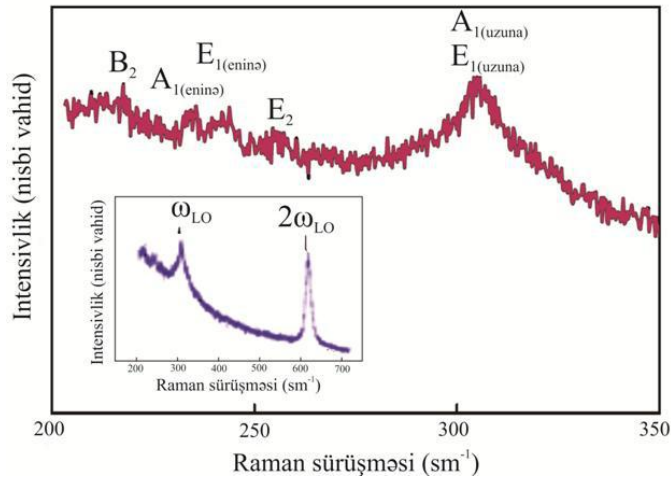
Həcmi CdS kristallarının tipik Raman spektri şəkil 1-də göstərilmişdir. Şəkil 2-də isə aldığımız CdS nazik təbəqələrinin otaq temperaturunda ölçülmüş Raman spektri təqdim edilmişdir.

Şəkil 1-də görünən modalar vürsit quruluşlu CdS-ə xasdır. Bunlar:  $B_2$  simmetriyalı 212  $\text{sm}^{-1}$ -də,  $A_1$  simmetriyalı eninə optik modasında 234  $\text{sm}^{-1}$ ,  $E_1$  simmetriyalı 245  $\text{sm}^{-1}$  və  $E_2$  simmetriyalı 252  $\text{sm}^{-1}$  modlardır. Bu spektrdə apıcı (dominant) modlar eninə optik modunda olan 305  $\text{sm}^{-1}$  və 611  $\text{sm}^{-1}$ -də olan bunun overtonudur. Sonuncunun mövcud olması (611  $\text{sm}^{-1}$ ), CdS Raman spektrinə xas olan uzununa optik fononların yetərinə yüksək intensivliyə malik olan overtonlar sırasındadır. Şəkil 2-dəki spektrdə CdS-ə xas olan bütün modaların mövcud olmasıyla yanaşı LO tezliyinin

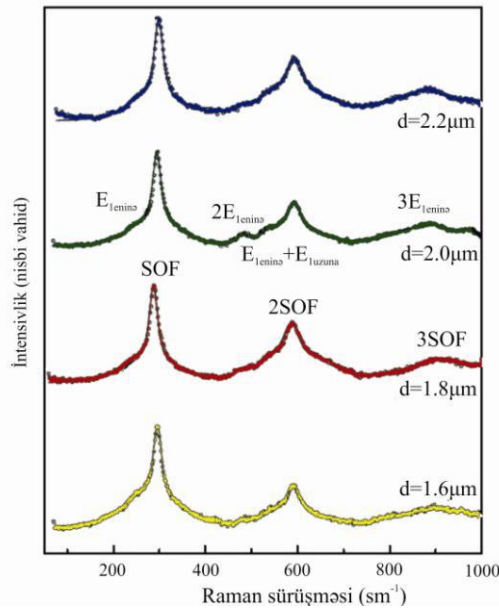
$305\text{sm}^{-1}$ -dən  $297\text{sm}^{-1}$ -ə və  $611\text{sm}^{-1}$ -dən  $594\text{sm}^{-1}$ -ə sürüşməsi müşahidə olunur. CdS kristalında LO fononun sürüşməsi səthi optik fononların moda təsiri ilə əlaqədardır. Səthi fonon modaları, zərrəciklərin ölçülərinin həyəcandırıcı lazer işığın dalğa uzunluğundan kiçik olduqda müşahidə olunur. Adətən, kiçik zərrəciklərə xas olan modalar polyar kristallarda meydana gəlir.

Şəkil 3-də  $100\text{-}300^\circ\text{S}$  temperaturlarında termiki işlənmiş  $Al_2O_3/CdS$  quruluşların Raman spektrləri göstərilmişdir. Spektrlərdən görüldüyü kimi, orada iki aydın görünən piklər ( $299\text{ sm}^{-1}$  və  $476.8\text{ sm}^{-1}$ ) mövcuddur. Görüldüyü kimi,  $150^\circ\text{S}$ -dən yuxarı temperaturlarda termiki işlənmiş quruluşların spektrində iki pik daha aydın şəkildə nəzərə çarpır. Onlardan  $476.8\text{sm}^{-1}$ -dəki pik  $Al_2O_3$ -ə aiddir. Digər  $299\text{ sm}^{-1}$  piki isə yuxarıda göstərdiyimiz CdS-ə xas olan 1LO pikinə uyğun gəlir [2].

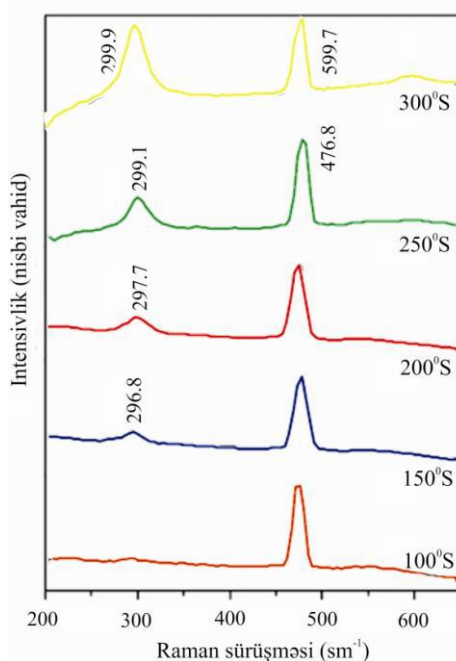
$100^\circ\text{S}$  temperaturunda termiki işlənmiş quruluşun spektrində isə yalnız  $Al_2O_3$ -ə xas olan pik mövcuddur. CdS-ə xas olan pik isə görsənmir. Bu cür strukturda CdS pikinin mövcud olmaması, bizim daha əvvəl Rentgen analizimizdə qeyd etdiyimiz [4-6] kimi CdS-in amorf vəziyyətdə olmasıdır. Raman spektrindən görüldüyü kimi termiki işlənmiş temperaturunun artmasıyla CdS-in 1LO pikinin intensivliyi artır. Temperaturun artmasıyla pik bir qədər daha böyük dalğa ədədinə (qısa dalğalara) tərəf sürüşür. 1 LO Raman spektrinə aşağı tezlikli sürüşməsi CdS nanozərrəciklərinin ölçü effekti ilə (yəni, kiçik kristallitlərdə və kiçik ölçülü strukturlarda ölçünün onların vibrasiya xassələrinə təsirindən) və Al matrisinin CdS qəfəsinə təzyiqindən əmələ gələn effektlərin birgə təsiri nəticəsidir.



Şəkil 1. Həcmi CdS kristalının Raman spektri [3]



Şəkil 2. Otaq temperaturunda  $d = 1.6, 1.8, 2.0$  və  $2.2\mu\text{m}$  qalınlıqlarında CdS nazik təbəqələrinin Raman spektri.



Şəkil 3. 100, 200 və 300°C temperaturlarında termiki işlənmiş nümunələrin Raman spektri

Raman sürüşməsinin (Raman shift)  $\sim 300\text{cm}^{-1}$  qiymətində heksaqonal modifikasiya CdS -ə xas olan birinci tərtib optik uzununa fonon (1LO) modasına cavab verən,  $\sim 605\text{cm}^{-1}$  qiymətində isə kubik (sfalerit) modifikasiyasız CdS-ə xas olan ikinci tərtib optik uzununa optik fonon (2LO) modasına cavab verən

piklər müşahidə olunur. Bu spektr, bir tərəfdən, rentgen difraktoqrammaların təhlili əsasında CdS-n kristallik quruluşu barəsində alınan nəticələri bir daha təsdiq edir, digər tərəfdən isə, piklərin intensivliklərinin müqayisəsi əsasında heksaqonal və kubik fazaların miqdarı nisbəti haqda məlumat verir.

- |  |   |
|--|---|
| [1] Piao Liu, Vijay P. Singh, Carlos Jarro et al., Nanotechnology, 2011, v.22, № 14, pp.1-9  | [5] A.Ş Əliyev, Ş.Q. Eminov, N.Ş. Sultanova və b., Azərb. MEA Kimya Problemləri, 2016, №2, s.139-145  |
| [2] S.K. Panda, S. Chakrabarti, A. Ganguly, et al., Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 2005, v. 5, № 3, March, pp. 459-465 | [6] Ш.О. Эминов., Э.К. Гусейнов, Х.Д. Джалилова и др., АМЕА xəbərləri Fizika-texnika və riyaziyyat elmləri seriyası, fizika və astronomiya 2015 №2, s.72-76 |
| [3] J. Trajić, M. Gilić, N. Romčević et al., Science of Sintering, 2015, v. 47, N 2, pp. 145-152                                   |   |
| [4] Sh.O. Eminov, E.K. Huseynov, Kh.D. Jalilova et al., AJP, "Fizika", 2014, №4, p.9-14  |   |

J.A. Guliyev

#### RAMAN SPECTRUM OF NANOSTRUCTURED CdS GROWN IN POROUS $\text{Al}_2\text{O}_3$ MATRIX

In this work, were analyzed the Raman spectra of nanostructured CdS produced in porous  $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}/\text{Al}_2\text{O}_3$  matrix at different temperatures. It has been established that at temperatures above  $150^\circ\text{C}$  two peaks are more clearly seen in the spectra of thermally modified structures. One of them  $476.8\text{ cm}^{-1}$  belongs to peak  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Another  $299\text{ cm}^{-1}$  peak is compatible with the 1LO peak at CdS.

Дж.А. Гулиев

#### РАМАНОВСКИЙ СПЕКТР НАНОСТРУКТУРНЫХ CdS, ВЫРАЩЕННЫХ В ПОРИСТОЙ МАТРИЦЕ $\text{Al}_2\text{O}_3$

В настоящей работе были проанализированы Раман спектры рассеяния наноконцентрации CdS, выращенного в пористой матрице  $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}/\text{Al}_2\text{O}_3$  при различных температурах. Установлено, что при температурах выше  $150^\circ\text{C}$  два пика более четко видны в спектрах термически модифицированных структур. Из них  $476,8\text{ см}^{-1}$  относится к пику  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Еще один пик  $299\text{ см}^{-1}$  совместим с пиком 1LO при CdS.

Qəbul olunma tarixi: 17.07.2019