Министра здравоохранения Республики Казахстан от 2 августа 2022 года № КР ДСМ-70. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 3 августа 2022 года № 29011–15-20 с.

4. Рыбкин ВС, Богданов АН, Чуйков ЮС, Теплая ГА. Тяжелые металлыкак фактор возможных экологически обусловленных заболеваний в Астраханском регионе. Гигиена и санитария 2014;2:27–31.

5. Ardusso LRF, Fernández-Caldas E. Curr. The association between air pollution and the occurrence and control of allergic rhinitis. Current treatment options for allergies (Allergy to treatment options) 2018;5:22–235. doi: 10.1007/s40521-018-0162-8.

6. Бухарин ОВ, Зверев АФ, Картошова ОЛ, Киргизова СБ. Прогнозирование развития болезней органов дыхания у детей, проживающих на техногенно загрязненных территориях. Гигиена и санитария. 2010;6:76–78.

7. Kalender SS, Alkan GB. Air pollution. Handbook of Environmental Materials Management. 2018;1–18. doi:10.1007/978-3-319- 58538-3.

УДК 567.941

# ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ БИНАРНЫХ СУЛЬФИДОВ МЕДИ

# Кубенова М.М., Булатова Д., Тілеукенова А., Шаймурат А., Ильдос Р.

kubenova.m@yandex.kz

ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

Сульфид меди показал себя более эффективным материалом в солнечных элементах [1]. СЭ с гетеропереходом Cu2S - CdS привлекают внимание благодаря реальной возможности их широкого применения в качестве наземных фотоэлектрических преобразователей энергии; кроме того, изучение свойств гетероперехода представляет значительный научный интерес.

Один из первых методов получения тонкой пленки Cu<sub>2</sub>S в солнечном элементе Cu<sub>2</sub>S — CdS состоит в окунании подложки с напыленным слоем CdS нагретый до 90 °C раствор, содержащий ионы меди, в котором на 1 л H<sub>2</sub>O приходятся 2 г NaCl и 6 г CuCl (pH~3. ..4). В результате реакции замещения на поверхности CdS образуется пленка Cu<sub>2</sub>S толщиной 30 нм. КПД такого солнечного элемента достигает 10 % [2].

Селенид меди также проявил себя хорошо в составе солнечных элементов. На монокристаллических подложках из n-Si посредством термического напыления Cu<sub>2-x</sub>Se были изготовлены элементы на гетеро- переходах Cu<sub>2-x</sub>Se - n-Si с КПД 8,8 % [2, 3]. При напылении используется предварительно синтезированный материал, который испаряют либо из жидкой фазы либо из раскаленного стержня. При подобной технологии изготовления солнечных элементов может быть использован нестехиометрический селенид меди, полученный по разработанным в данном проекте методикам.

Современные кремниевые солнечные элементы достигли очень высокой эффективности - порядка 25%. Одним из интересных направлений является использование квантовых точек, что позволяет получать слои с разной шириной запрещенной зоны из одного и того же материала, например, из *сульфида серебра*. Именно в оптических устройствах находят применение продукты нанотехнологий, в том числе и в СЭ.

Экспериментальная часть

Методика синтеза нанодисков  $Cu_{2-x}S$ . Для синтеза нанодисков используются следующие химикаты : хлорид меди (I) (CuCl, 99,995%), олеиламин (OAm, 70%), порошок серы (S) (99,98%) и оксид триоктилфосфина (TOPO, технический сорт 90%).

Синтез нанопластин Cu2-хS производится в одну стадию. За основу методики

синтеза принята технология, описанная в работе [3]. Диаметр получаемых дисков около 20-30 нм, толщина 3-5 нм.

Необходимое количество CuCl (0.25- 0.5 ммоль – в зависимости от желаемой нестехиометрии x) смешивается с 1 ммоль порошка серы, 4 г триоктилфосфиноксида (TOPO) и 10 мл олеиламина (OAm). Раствор дегазируется при комнатной температуре в атмосфере азота, затем нагревается до 85 ° С и выдерживается при этой температуру в течение 1 часа. После этого нагревательная рубашка снимается и вводится 20-30 мл этанола, температура снижается до ~ 40 ° С. Образовавшийся порошок Cu2-xS собирают центрифугированием при 9000 об/мин в течение 1 мин. Собранные образцы Cu2-xS повторно диспергируются в хлороформе. Эта процедура повторяется дважды для очистки приготовленного Cu2-xS. Затем полученные образцы сушат при температуре 40-50 °C.

Проведен рентгенофазовый анализ полученных компактированных нанокристаллических и порошковых образцов при комнатной температуре (таблица 1-3). Проведена идентификация рефлексов рентгенограмм.

Рентгенофазовый анализ проводился на дифрактометре Bruker, (Германия) при использовании излучения с использованием излучения рентгеновской трубки CuK<sub> $\alpha$ </sub> и графитового монохроматора на дифрагированном пучке. Дифрактограммы записывалисьв диапазоне углов 20 от 20 до 110°, с шагом 20 = 0.02°. Для идентификации фаз использовалось программное обеспечение BrukerAXSDIFFRAC.EVAv.4.2 и международная база данных ICDD PDF-2.

Образцы Cu1.75S при комнатной температуре содержат ромбическую фазу анилита с параметрами а = 7.8902 и 7.8938 Å, b = 7.8408 7.8433 Å, c = 11.011 и 11.012 Å

соответственно и гексагональную фазу дигенита с пространственной группой R-3m (166) и параметрами a=3.94310 Å и 3.94437 Å, c = 48.43262 Å и 48.43325 Å соответственно.

Отличие параметров кристаллической решетки, обусловленное изменением межплоскостных расстояний образцов с разным содержанием натрия, а также уширение дифракционных линий на дифрактограммах, могут быть обусловлены микронапряжениями в структуре, которые связаны с накоплением дислокаций, а также дроблением кристаллитов, связанным с процессами кристаллизации. Анализ угловой зависимости физического уширения позволяет оценить влияние обоих факторов. Для оценки влияния был применен метод Williamson-Hall.

По ширине рентгеновских линий проведена оценка размеров кристаллитов. Размеры кристаллитов во всех образцах находятся в пределах от 30 до 90 нм, что обусловлено применяемой методикой синтеза в расплаве гидрооксидов натрия и калия.

							Chemical
No.	2θ,	d,	Height	FWHM	Size	Phase name	formula
	(deg)	(ang.)	(cps)	(deg)	(ang.)		
1	24.705(7)	3.6008(11)	163(26)	0.10(2)	830(172)	Unknown	
						Roxbyite(2,-	
2	26.533(11)	3.3567(14)	479(45)	0.121(16)	706(95)	3,2),chalcocite,	Cu29S16,
						high, copper(I)	Cu2S
						sulfide(1,0,0)	
						Roxbyite(2,-	
3	29.783(11)	2.9974(11)	460(44)	0.15(2)	566(93)	4,0),chalcocite, high,	Cu29S16,
						copper(I) sulfide(1,0,1)	Cu2S
4	31.209(8)	2.8636(8)	763(57)	0.121(10)	714(59)	Roxbyite(1,3,-4)	Cu29S16,
5	34.059(4)	2.6302(3)	866(60)	0.096(8)	904(76)	Roxbyite(5,1,0)	Cu29S16,
6	35.392(3)	2.5341(2)	1627(83)	0.071(6)	1233(97)	Roxbyite(0,4,-4)	Cu29S16,
7	36.377(3)	2.4678(2)	2243(97)	0.122(5)	717(32)	Unknown	

Таблица 1 Результаты РФА Cu1.85S

8	37.920(10)	2.3708(6)	940(63)	0.232(10)	378(17)	Roxbyite(3,- 2,5),chalcocite, high, copper(I) sulfide(1,0,2)	Cu29S16, Cu2S	
9	38.55(5)	2.333(3)	225(31)	0.71(6)	123(11)	Roxbyite(1,-5,-3)	Cu29S16,	
10	42.244(12)	2.1376(6)	460(44)	0.19(3)	478(72)	Unknown		
11	43.296(3)	2.08806(13)	389(40)	0.066(10)	1352(198)	sulfur-III(1,0,-1)	S	
12	46.309(13)	1.9590(5)	294(35)	0.30(7)	304(73)	Roxbyite(6,2,3)	Cu29 S16	
13	46.909(9)	1.9353(4)	1098(68)	0.257(14)	352(19)	Roxbyite(0,6,- 4),chalcocite, high, copper(I) sulfide(1,1,0)	Cu29S16, Cu2S	
14	47.99(3)	1.8942(13)	147(25)	0.17(7)	522(216)	Roxbyite(5,-5,0)	Cu29 S16	
15	48.942(6)	1.8596(2)	1424(77)	0.196(12)	464(28)	Roxbyite(6,4,0),chalcocit e, high, copper(I) sulfide(1,0,3)	Cu29S16, Cu2S	
16	54.71(3)	1.6763(8)	340(38)	0.24(3)	391(50)	chalcocite, high, copper(I) sulfide(1,1,2)	Cu2S	
17	56.437(9)	1.6291(2)	190(28)	0.17(2)	570(83)	chalcocite, high, copper(I) sulfide(2,0,1)	Cu2S	
18	61.32(3)	1.5107(6)	346(38)	0.37(5)	262(32)	Unknown		
19	73.45(2)	1.2882(3)	192(28)	0.13(4)	793(252)	Unknown		
20	74.92(9)	1.2665(13)	78(18)	0.34(17)	312(157)	chalcocite, high, copper(I) sulfide(2,1,0)	Cu2S	
Name	e: Roxbyite				Name: <b>chalcocite</b> , high, copper(I) sulfide			
Chen	nical Formula	a: Cu29 S16			Chemical Formula: Cu2 S			
Z val	ue: 4				Z value: 2			
Space	e Group: P-1	(2)			Space Group: P63/mmc(194)			
Cell: 90.02	13.4090 13.4 20	4051 15.4852	2 90.022	90.021	Cell: 3.9590 3.9590 6.7840 90.000 90.000 120.000			
Volume: 2783.448					Volume: 92.085			
Cryst	al System: T	riclinic			Crystal System: Hexagonal			
Refei Petric	rence: Mumr cek, V.Can. I	ne, W.G., Ga Mineral. 50 (	able, R.W 2012) 423	3.	Reference: Cava, R.J., Reidinger, F., Wuensch, B.J. Solid State Ionics 5 (1981) 501.			

Таблица 2 Результаты РФА Cu1.80S

						Chemical
2-theta	d	Height	FWHM	Size	Phase name	formula
(deg)	(ang.)	(cps)	(deg)	(ang.)		
12.261(11)	7.213(7)	199(12)	0.115(17)	727(109)	Unknown	Unknown
20.929(5)	4.2411(10)	144(10)	0.06(9)	1445(2251)	Roxbyite(3,1,0)	Cu29 S16
					Roxbyite(2,3,-1),Copper	Cu29 S16,Cu
24.741(9)	3.5956(13)	141(10)	0.15(3)	563(123)	Sulfide(1,1,0)	S2
						Cu29
26.55(3)	3.355(4)	374(16)	0.15(2)	559(79)	Roxbyite(2,-3,2),?-Cu2 S(1,0,0)	S16,Cu2S
27.79(3)	3.207(4)	80(7)	0.47(10)	182(40)	Roxbyite(2,-1,4)	Cu29 S16
						Cu29
29.798(8)	2.9959(8)	274(14)	0.30(3)	289(25)	Roxbyite(2,-3,3),?-Cu2 S(1,0,1)	S16,Cu2S

31.217(14)	2.8629(13)	482(18)	0.152(16)	566(60)	Roxbyite(1,3,-4)	Cu29 S16	
34.09(2)	2.6279(15)	568(20)	0.16(5)	552(187)	Roxbyite(5,1,0)	Cu29 S16	
					Roxbyite(0,4,-4),Copper	Cu29 S16,Cu	
35.435(7)	2.5312(5)	4395(54)	0.10(3)	859(220)	Sulfide(1,1,1)	S2	
36.366(4)	2.4685(3)	2765(43)	0.094(16)	932(160)	Unknown	Unknown	
					Roxbyite(2,-5,-1),Copper	Cu29 S16,Cu	
36.54(5)	2.457(3)	388(16)	0.26(4)	330(46)	Sulfide(1,2,0)	S2	
	0.0701/0			200/11		Cu29	
$\frac{37.882(13)}{20.704(14)}$	2.3731(8)	844(24)	0.22(4)	399(64)	Roxbyite(3,-2,5),?-Cu2 $S(1,0,2)$	S16,Cu2S	
38.704(14)	2.3246(8)	4/1(18)	0.27(2)	320(24)	Unknown	Unknown	
42.219(16)	2.1388(8)	26/(13)	0.30(5)	300(49)	Copper Sulfide(2,1,0)	Cu S2	
46.38(2)	1.9562(10)	275(14)	0.34(5)	267(43)	Roxbyite(6,2,3)	Cu29 S16	
16.010(5)	1.02525(10)	0.40(0.4)		245(27)		Cu29	
46.910(5)	1.9352/(18)	848(24)	0.26(2)	345(27)	Roxbyite $(0,6,-4)$ ,?-Cu2 S $(1,1,0)$	S16,Cu2S	
47.981(7)	1.8940(3)	155(10)	0.14(3)	02/(110)	Roxbylle(5,-5,0)	Cu29 S16	
48.670(6)	1.8693(2)	604(20)	0.115(12)	/94(86)	Unknown	Unknown	
19 025(9)	1 9602(2)	1110(27)	0.212(12)	128(27)	$P_{0}$ = $P_{0$	Cu29 S16 Cu2S	
(40.923(0)) 54 738(12)	1.6002(3) 1.6756(3)	1110(27) 274(14)	0.213(13) 0.23(4)	420(27)	$\frac{1}{2} C_{\mu 2} S(1, 1, 2)$	S10,Cu2S	
54.756(12) 56.406(17)	1.0750(3) 1.6275(4)	$\frac{274(14)}{110(0)}$	0.23(4)	$\frac{103(03)}{367(73)}$	2 Cu 2 S(2,0,1)	Cu2 S	
50.470(17)	1.0273(+) 1.5100(5)	304(16)	0.20(3) 0.28(4)	340(40)	Copper Sulfide(0.2.2)	Cu <sub>2</sub> S	
65.72(7)	1.3109(3) 1.4104(14)	05(8)	0.20(4)	349(49) 102(17)	Copper Sulfide(0,2,2)	Cu S2	
68.00(4)	1.4194(14) 1.2750(8)	93(0)	0.80(11)	123(17) 225(01)	Linknown	Cu 52 Unknown	
00.09(4)	1.3739(0) 1.2890(0)	119(9) 127(10)	0.30(8)	250(91)	Compon Sulfido(1.4.1)	Cu S2	
73.40(0)	1.2009(9) 1.26541(12)	15/(10)	0.29(7)	300(80)	Copper Sunde $(1,4,1)$	Cu S2	
74.996(9)	1.26541(13)	956(25)	0.083(8)	1264(123)	Copper Sumde(3,2,1)	Cu 52	
Name: <b>Rox</b>	byite				Name: Copper disulfide		
Chemical F	Formula: Cu2	29S16			Chemical Formula: CuS2		
Z value: 4					Z value: 2		
Space Grou	ıp: P-1(2)			Space Group: Pnnm(58)			
Cell: 13.40	90 13.4051	15.4852 90	0.022 90.0	Cell: 4.6510 5.7930 3.5320 90.000 90.000			
				90.000			
Volume: 27	783.448			Volume: 95.164			
Crystal Sys	tem: Triclin	ic		Crystal System: Orthorhombic			
Reference:	Mumme, W	.G., Gable	e, R.W., Pe	tricek, V.	Reference: Kjekshus, A., Rakke, T. Acta		
Can.					Chem.		
Mineral. 50	) (2012) 423			Scand., Ser. A33 (1979) 617.			

Таблица 3 Результаты	PΦA Cu	.75S
----------------------	--------	------

						Chemical
2-theta	d	Height	FWHM	Size	Phase name	formula
(deg)	(ang.)	(cps)	(deg)	(ang.)		
20.931(11)	4.241(2)	117(9)	0.11(5)	772(368)	Roxbyite(3,-1,0)	Cu58 S32
					Roxbyite(1,-1,-	Cu58 S32,Cu31
24.70(2)	3.601(3)	135(10)	0.15(4)	575(150)	4),Djurleite,syn(7,1,1)	S16
					Roxbyite(2,-	Cu58 S32,Cu31
26.55(3)	3.355(3)	313(15)	0.18(3)	486(93)	3,2),Djurleite,syn $(8,0,0)$	S16
					Roxbyite(2,-2,-	Cu58 S32,Cu31
29.802(8)	2.9955(8)	272(14)	0.34(3)	253(20)	4), Djurleite, $syn(4, 0, -4)$	S16

						Roxbyite(1,-3,-	Cu58 S32,Cu31	
31.181(7)	2.8661(6)	621(20)	0.104(13)	829(	107)	4),Djurleite,syn(9,1,-1)	S16	
						Roxbyite(5,-	Cu58 S32,Cu31	
34.09(2)	2.6278(19)	461(18)	0.18(2)	474(	55)	1,0),Djurleite,syn(4,5,-	S16	
						2)		
						Roxbyite(5,0,2),Djurleit	Cu58 S32,Cu31	
35.39(2)	2.5342(17)	415(17)	0.20(5)	432(116)		e,syn(2,6,-1)	S16	
36.399(6)	2.4663(4)	2192(38)	0.160(7)	545(	24)	Djurleite, syn(3,5,3)	Cu31 S16	
37.571(11)	2.3920(7)	374(16)	0.58(5)	152(	14)	Djurleite, syn(11,1,0)	Cu31 S16	
37.928(3)	2.37030(17)	653(21)	0.135(18)	648(	88)	Roxbyite(1,-2,-6)	Cu58 S32	
						Roxbyite(2,-3,-	Cu58 S32,Cu31	
42.24(4)	2.1380(19)	380(16)	0.34(5)	263(	37)	6),Djurleite,syn(9,2,4)	S16	
43.296(3)	2.08809(13)	550(19)	0.064(11)	1399	(248)	Copper, $syn(1,1,1)$	Cu	
46.403(10)	1.9552(4)	515(19)	0.26(2)	343(	27)	Djurleite, syn(3,7,-3)	Cu31 S16	
						Roxbyite(0,0,8),Djurleit	Cu58 S32,Cu31	
46.90(2)	1.9356(8)	795(23)	0.26(2)	344(28)		e,syn(5,6,-4)	S16	
48.630(11)	1.8708(4)	704(22)	0.129(15)	705(80)		Djurleite, syn(2,8,-2)	Cu31 S16	
48.925(15)	1.8602(5)	1015(26)	0.24(3)	383(4	42)	Roxbyite(4,-3,-6)	Cu58 S32	
54.75(4)	1.6753(13)	256(13)	0.32(7)	292(	65)	Roxbyite(8,0,0)	Cu58 S32	
56.46(7)	1.6284(18)	141(10)	0.24(8)	400(	129)	Roxbyite(2,-4,-8)	Cu58 S32	
61.30(4)	1.5110(9)	280(14)	0.36(7)	265(4	48)	Unknown	Unknown	
73.39(12)	1.2891(17)	111(9)	0.72(15)	144(	31)	Copper, syn(2,2,0)	Cu	
Name: <b>Rox</b>	byite				Name: <b>Djurleite</b> , syn			
Chemical F	ormula: Cu2	9S16			Chemical Formula: Cu31S16			
Z value: 4					Z value: 8			
Space Grou	p: P-1(2)				Space Group: P21/n(14)			
Cell: 13.409	90 13.4051 1	5.4852 90	.022 90.02	1	Cell: 26.8970 15.7450 13.4650 90.000 90.130			
90.020					90.000			
Volume: 27	83.448			Volume: 5702.322				
Crystal Syst	tem: Triclinio	с		Crystal System: Monoclinic				
Reference:	Mumme, W.	G., Gable,	R.W., Petr	icek,	Reference: Potter, II, R., Evans, Jr. J. Research U.			
V.Can. Min	ieral. 50 (201	2) 423.		S				
				Geol. Surv.4 (1976) 205.				

Исследование фазовых переходов и тепловых эффектов в образце Cu2S производились на приборе DSC 404 F1 Pegasus (NETZSCH, Германия) в атмосфере аргона в интервале температур (300-600) К. Скорость нагрева составляла 10 К/мин.

Для расчета теплоемкости проводили три различных измерения: базовая линия, стандарт (сапфир) и исследуемый образец. Во всех измерениях сохранялись идентичными следующие параметры: поток аргона, скорость потока аргона, начальная температура, скорость нагрева, масса тигля и крышки, тигли на сенсоре ориентировали, сохраняя их положение на сенсоре. При измерении использовали программу, которая включает выдержку образца при постоянной температуре (не менее получаса) в токе аргона, после чего проводили нагрев с постоянной скоростью 5 К/мин. Измерения базовой линии и стандарта проводили в том же режиме. DSC 404 F1 Pegasus позволяет проводить калориметрический эксперимент с малым количеством образца, нами использовался вес образцов от 40 до 150 мг.

На рис. 1 представлены кривые ДСК Cu2S. Наблюдается острый эндотермический пик ДСК, температура которого лежит в пределах 381.5 К в зависимости от состава. Пики теплоемкости наблюдаются при тех же температурах.



Рисунок 1 – Кривые ДСК образца Cu2S

Структура близкого к стехиометрическому сульфида меди Cu2S (халькозин), по данным Абрикосова Н.Х. [4]) имеет три модификации: орторомбическую (□) ниже 105° С, гексагональную (□) ниже (420 – 450)° С и высокотемпературную кубическую (□ - фаза). На рисунке 2 приведен снимок, сделанный на растровом электронном микроскопе с

поверхности порошка Cu2S, полученного методом электрогидродинамического удара. Видно, что частицы имеют форму лент и проволок размерами от долей микрона до десятков микрон.



Рисунок 2 – Снимок порошка Cu2S на растровом электронном микроскопе Измерения теплопроводности проводились методом вспышки на приборе LFA 467 НТ HyperFlash (NETZSCH, Германия). Теплопроводность (*k*) находили из трех измерений:

$$\mathbf{k}(T) = \mathbf{a}(T) * \Box(T) * \mathbf{c}_{\mathbf{p}}(T) \tag{1}$$

где, Т – температура, k - теплопроводность, а – температуропроводность,  $\Box$  - объемная плотность, сР - удельная теплоемкость.

Температуропроводность *а* определяли с помощью установки LFA 467 HT по формуле Паркера из анализа временной зависимости температуры противоположной стороны образца после кратковременного нагрева одной стороны образца мощным световым импульсом. Значения теплоемкости ср измеряли на ДСК – калориметре DSC 404 F1 Pegasus (NETZSCH, Германия) в атмосфере аргона. Плотность образца □ находили из измерений веса и объема. На рис. 2 представлены температурные зависимости теплопроводности, теплоемкости и теплопроводности Cu2S.



Рисунок 3 – Температурная зависимость теплопроводности Cu2S.

Теплопроводность образца Cu2S является достаточно низкая, она поднимается до 0,3 Вт/м\*К при фазовом переходе около 380 К и не опускается ниже 0,2 Вт/м\*К.

В рассматривамом полупроводнике, обычно концентрация примесных носителей *nt* электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне намного превышает концентрацию неконтролируемых примесей дефектов. И равновесных точечных собственных носителей определяется температурой и шириной Концентрация ni запрещенной зоны. В большинстве случаев nj также существенно меньше nt. В таком случае температурная зависимость электронной проводимости определяется температурной зависимостью подвижности и имеет металлический характер [6]. На рисунке 4 приведена температурная зависимость коэффициента электронной термо-эдс образца Cu2S.



Рисунок 4– Температурная зависимость коэффициента электронной термо-эдс крупнозернистого образца Cu2S

Коэффициент термо-эдс сильно зависит от нестехиометрии образца и максимален для состава, близкого к насыщению медью. Температурная зависимость коэффициента электронной термо-эдс образца Cu2S – имеет здесь довольно низкие значения от 0,05 мВ/Кдо 0,25 мВ/К, характерные более для металлов, чем для полупроводников.

На рисунке 5 приведена температурная зависимость электронной проводимости крупнозернистого Cu<sub>2</sub>S. Из рисунка видно, что полупроводниковая температурная зависимость около 185° С меняется на металлический тип зависимости.



Рисунок 5 – Температурная зависимость проводимости крупнокристаллического Cu2S

При отжиге обычно проводимость поликристаллических образцов растет вместе с ростом зерен, здесь наблюдается аналогичная зависимость. Причины такого поведения кинетических коэффициентов – в изменении удельного веса в общем объеме зернограничных прослоек, увеличивающих концентрацию дефектов – центров рассеяния для носителей тока.

Для образца Cu2S на температурной зависимости проводимости отчетливо заметен фазовый переход около 400 К (по литературным данным – 403 К), соответствующие пики имеются и на температурной зависимости ДСК.

### Заключение

Халькогениды меди обладают сложной электронной структурой из-завзаимодействия гибридизованных s- и p- состояний халькогена, образующих валентную зону, с 3d- состояниями меди [7, 8], что сильно затрудняет интерпретацию температурных зависимостей кинетических параметров, имеющих немонотонный характер.

Сульфид меди Cu2S является эффективным термоэлектрическим материалом, поэтому интересно исследовать его кинетические параметры твердых растворов, которые он образует с щелочными металлами. Нестехиометрией халькогенидов можно легко управлять электрохимически, поэтому задача подбора оптимального состава по катионной подрешетке является вполне осуществимой. Кроме того, для улучшения термоэлектрических свойств можно достичь, при легировании лития в матрицу бинарного сульфида меди, нами был получен высокий ZT с локальными максимумами которыйдостигает до 2 [9,10].

При легировании натрием этот показатель достиг до 1. Таким образом, работы по синтезу сульфидов меди разного состава и морфологии находятся в современном тренде поиска новых термоэлектрических материалов и позволяют надеяться на практическое

применение полученных материалов в ближайшем будущем.

### Список использованных источников

1 Chopra K., Das S. Thin-film solar cells. - M.: Mir, 1986. - 435 p.

2 Scheer R. and Schock H.-W. Chalcogenide Photovoltaics: Physics, Technologies, and Thin Film Devices. Ed. 2011 WILEY-VCH Verlag & Co. KGaA, Germany. – P.386

3 Okimura H., Matsumae T. and Makabe R. Thin Solid Films. – 1980. – Vol. 71. – P. 53 4 Abrikosov N.H., Bankina V.F., Poretskaya L.V., Skudnova E.V., Chizhevskaya S.N.

Semiconductor chalcogenides and alloys based on them. – M.: Nauka, 1975. – 220 p.

5 Berezin V.M., Vyatkin G.P. Superionic semiconductor chalcogenides. – Chelyabinsk: Publishing house of Yu.-UrGU, 2001. – 135 p.

6 Domashevskaya E.P., Terekhov V.A., Kashkarov V.M., Panfilova E.P., Gorbachev V.V., Shchukarev A.V. d-p resonance in some copper chalcogenides according to X-ray ultra- soft emission and X-ray photoelectron spectroscopy data // Condensed media and interphase boundaries. - 2000. – Vol.2, No.4. – pp.353-357.

7 Lavrentiev A.A., Nikiforov I.Ya., Dubeyko V.A., Gabrelyan B.V., Domashevskaya E.P., Rehr J.J., Ankudinov A.L. d-p-resonance effect in copper compounds with various crystalline structures // Condensed media and interphase boundaries. – 2001. – Vol. 3, No. 4. – pp.107-121.

8 Balapanov M.H., Kuterbekov K.A., Ishembetov R.H., Kurbanova M.M., Kabyshev A.M., Bekmyrza K., Yakshibaev R.A. New thermoelectric material Li0.15Cu1.85S Eurasian patent No.030605, 08/31/2018.

9 Balapanov M.Kh., Ishembetov R.Kh., Kuterbekov K.A., Almukhametov R.F., Yakshibaev R.A. Transport phenomena in superionic Na<sub>x</sub>Cu<sub>2-x</sub>S (x = 0.05; 0.1; 0.15; 0.2) compounds // Ionics.- 2018.- Vol.24(5).- P. 1349–1356. DOI:10.1007/s11581-017-2299-z

10 Kuterbekov K.A., Balapanov M.K., Kubenova M.M., Ishembetov R.Kh., Zeleev M.Kh., Yakshibaev R.A., Kabyshev A.M., AlinaR.A., Bekmyrza K.Zh., BaikhozhaevaB.U., Abseitov E.T., Taimuratova L.U. Chemical diffusion and ionic conductivity in nonstoichiometric nanocrystalline superionic NaxCu1.75S (x = 0.1, 0.15, 0.2, 0.25) materials // Ionics. – 2022.– Vol. 28.– P. 4311–4319. https://doi.org/10.1007/s11581-022-04651-y

УДК 659.113.26

# ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАНДАРТА В БЕЗОПАСНОСТИ НОВОРОЖДЕННЫХ ПАЦИЕНТОВ

Абсеитов Ерболат Тлеусеитович

*erbolat\_1962@mail.ru* к.т.н., ассоциированный профессор (доцент) кафедры «Стандартизация, сертификация и метрология»

### Шаймерден Лана Серікқызы, Виль Виктория Сергеевна

*shaimerden0402@gmail.com, vil8368466@gmail.com* студенты 2 курса Метр -22, кафедры «Стандартизация, сертификация и метрология»

ЕНУ Л.Н. Гумилева, Астана.

Тревожные факты использования непроверенных медицинских устройств были обнаружены в медицинских учреждениях Казахстана, включая поликлиники, больницы и перинатальные центры. Эти сообщения вызывают серьезную обеспокоенность по поводу качества медицинской помощи и безопасности пациентов. Недавние проверки, проведенные Комитетом по техническому регулированию и метрологии Министерства торговли и