DOI: https://doi.org/10.69722/1694-8211-2024-57-17-21
УДК: 544

Акбеков Т. М., *физ.-мат. илимд. канд., доцент*
akbekov57@list.ru
И. Арабаев ат. КМУ,
Оскомбаева З. А., *ага окутуучу*
zarina-8181@mail.ru
У. Асаналиев ат. КМТУ,
Мырзабекова Ж., *окутуучу,*
jarkynmyrzabekova@gmail.com
И. Арабаев ат. КМУ,
Бишкек ш., Кыргызстан

$CUGAS_2$ КРИСТАЛЛДАРЫ, АЛАРДЫН МҮНӨЗДӨМӨЛӨРҮ ЖАНА ИШТЕТИЛИШИ

*Бул эмгекте газ ташуу ыкмасы жана эки температуралык синтез ыкмасы менен өстүрүлгөн **$CuGaS_2$** кристаллдарынын мүнөздөмөлөрү изилденген. Баяндалган материалдар, биринчи кезекте, оригиналдуу, ошондой эле келтирилген материалдар, кошулмалардын кеңири чөйрөсү, өзгөчө, алардын физикалык-химиялык касиеттерин эксперименталдык аныктоонун, кристаллдарды өстүрүү методдорунун жана материалдардын мүнөздөмөлөрүн алуу процесстеринин технологиялык параметрлери менен байланыштыруунун багыттарында заттардын изилденбеген классын билдирет деген тыянакка мүмкүндүк берет. Жарым өткөргүчтөрдүн барган сайын практикалык көп колдонулушу жаңы материалдарды изилдөөгө түрткү берет. Акыркы бир нече жылдан бери көп компоненттүү системалардын физикалык касиеттерин, айрыкча, көптөгөн техникалык колдонмолор үчүн келечектүү болгон I-II-VI_2 тобунун кристаллдарын изилдөөгө көп көңүл бурулду. I-II-VI_2, тобунун бир катар кристаллдары үчүн p жана n тибинин үлгүлөрүн алуу ыкмалары иштелип чыккан, алардын негизинде гетеропереходдор түзүлгөн.*

Түйүндүү сөздөр: *кристаллдар, газ ташуу ыкмасы, эки температураны синтездөө ыкмасы, күн батареялары, кристаллографиялык тегиздик, экситондор, бет, тыюу салынган кеңдик, кристаллографиялык тегиздиктер жана багыттар, алмаз порошогу, жылмалоо, p- жана n- тибиндеги жарым өткөргүчтөр.*

Акбеков Т. М., *канд. физ.-матем. наук., доцент*
akbekov57@lust.ru
КГУ им. И. Арабаева
Оскомбаева З. А., *ст.преподаватель*
a.zarina-8181@mail.ru
КГТУ им. У. Асаналиева
Мырзабекова Ж., *преподаватель*
jarkynmyrzabekova@gmail.com.
КГУ им. И. Арабаева,
г. Бишкек, Кыргызстан

КРИСТАЛЛЫ $CUGAS_2$, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОБРАБОТКА

В данной работе исследованы характеристики кристаллов $CuGaS_2$,, выращенных газотранспортным методом и методом двухтемпературных синтезов. Представленные материалы позволяют сделать вывод о том, что широкий спектр соединений представляет собой неисследованный класс веществ, особенно в области экспериментального определения их

*физико-химических свойств, методов выращивания кристаллов и характеристик материалов с технологическими параметрами процессов получения. Растущее практическое применение полупроводников стимулирует исследования новых материалов. В последние несколько лет большое внимание уделяется изучению физических свойств многокомпонентных систем, особенно кристаллов I-II-VI2 групп, перспективных для многих технических приложений. Для ряда кристаллов группы I-II-VI2 были разработаны методы отбора проб **p** и **n** типа, на основе которых созданы гетеропереходы. Это исследование актуально в наше время.*

Ключевые слова: *кристаллы, газотранспортный метод, двухтемпературный синтез, солнечные батареи, кристаллографической плоскости, экситоны, грань, запрещенная зона, кристаллографические плоскости и направления, алмазный порошок, шлифовка, полупроводники p-и n – типа.*

Akbekov T. M., *cand. phyz. mathem. science., associate professor*
akbekov57@list.ru, I. Arabaev KSU, Bishkek
Oskombaeva Z. A.*, senior teacher of U. Asanaliev*
Kazan State University, Kazan
a.zarina-8181@mail.ru
Myrzabekova Zh. M.*, lecturer,*
jarkynmyrzabekova@gmail.com
I. Arabaev KSU, Bishkek,
Kyrgyzstan

CUGAS 2 CRYSTALS, THEIR CHARACTERISTICS AND PROCESSING

In this article, the characteristics of CuGaS2 crystals grown are studied by the gas transport method and the two-temperature synthesis method. The described materials, primarily original ones, as well as the presented materials, allow us to conclude that a wide range of compounds represents an unexplored class of substances, especially in the field of experimental determination of their physic-chemical properties, methods of crystal growth and correlation of material characteristics with technological parameters of the production processes. The growing practical application of semiconductors stimulates research into new materials. In recent years, much attention has been paid to studying the physical properties of multicomponent systems, especially crystals of groups I-II-VI2, which are promising for many technical applications. For a number of crystals of group I-II-VI2, methods for selecting p- and n-type samples have been developed, on the basis of which heterojunctions have been created.

Keywords: *crystals, gas transport method, two-temperature synthesis method, solar cells, crystallographic plane, excitons, face, band gap, crystallographic planes and directions, diamond powder, grinding, p- and n–type semiconductors.*

Cu Jn Se_2 кошулмаларынын негизинде 11% пайдалуу коэффициент менен күн батареялары түзүлгөн.

I-II-VI_2 тобунун бирикмелеринин физикалык касиеттери азырынча жетиштүү изилдене элек. Буга негизги тоскоолдук – илимий изилдөө үчүн жакшы кристаллдарды алуу ыкмасынын жоктугу.

Илимий макалада И. В. Боднар тарабынан өстүргөн кристаллдарды изилдедик. Кристаллдар газ берүү жана эки температура синтез ыкмасы менен өстүрүп алынган [1]

Газ берүү ыкмасы менен өстүрүп алынган көп кристаллдар өсүү огу багытында ийне сымал формага ээ болгон (111).

Эң өнүккөн кырлары (012) жана (101) болгон. Карама-каршы тарап өзүнчө кичинекей монокристаллдардын өсүшү менен түзүлөт.

Газ ташуучу кристаллдардын арасында кристаллографиялык тегиздикке (112) (максималдуу өлчөмү 3х3мм) туура келген күзгү бети сымал үлгүлөр кез-кезде кездешкен. Карама-каршы тарабы туурасы 0,1-0,3 мм болгон күзгү беттүү, кырдуу кристаллдар болгон.

E II C поляризацияда өткөрүү спектри 500нмге чейин, ал эми $E \perp C$ поляризацияда 4,2 К экситондун жутулуу сызыгы жакшы катталган.

Өзгөчө кристаллдар эксперимент жүргүзүүгө жана сандык өлчөө үчүн жакшы натыйжасын берген эмес. Калыңдыгы жана механикалык тегиздиги аз болгондуктан, аларды иштетүү мүмкүн болгон жок. Спектрдик касиеттери боюнча орточо кыйшаюу (T=100ºC) ылдамдыгында алынган кристаллдар тез жана жай өстүрүлгөн кристаллдардын ортосунда аралык болуп саналат. Жутулуу спектри сапаттык жактан жай өскөн кристаллдарга окшош.

Кристаллдарды газ берүү ыкмасы менен өстүрүүдө йод ташуучу катары колдонулат жана ушул ыкма менен алынган үлгүлөр ар дайым йод менен легирленет.

Чагылган жарыкта көпчүлүк газ берүү ыкмасы менен өстүрүлгөн кристаллдар жашыл түскө ээ болгон (1-сүрөт).

1-сүрөт. Жашыл түстөгү кристаллдар

Изилдөө учурунда ар кандай шарттарда өскөн кристаллдардын көпчүлүгүнөн өткөрүүчүлүк спектрлери алынган. Жутулуу коэффициентин өлчөө жай өскөн кристаллдар үчүн гана жүргүзүлгөн. Эки температуралуу синтез аркылуу алынган үлгүлөр монокристаллдардын процесстери болуп саналат, алардын түсү бир синтезде кочкул жашылдан сары же кызгылт сарыга чейин өзгөгөрүп турган. Алардын ичинен айрым монокристаллдар, адатта, сары же кызгылт сары түстө, $15 \times 8 \times 2$ мм өлчөмдөрү менен жакшы өнүккөн (112) болгон (2-сүрөт).

2-сүрөт. Сары же кызгылт сары кристаллдар

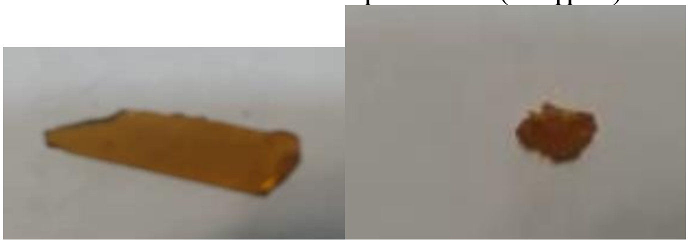
Жашыл участоктордун люминесценция спектри йод менен байланышкан 517,48 нм ЭПК сызыгын алып салганда, газ берүү ыкмасы менен өстүрүлгөн кристаллдардын спектрине окшош болгон. Сары жана кызгылт сары кристаллдардын жутулуу жана люминесценция спектрлеринде сызыктар болгон эмес. Кристаллдар жогорку тазалыктагы баштапкы элементтерден жана бир синтезде алынгандыктан, кристаллдын түсүнүн өзгөрүшү стехиометриялык курамдын бузулушуна байланыштуу [2]

Өлчөө көрсөткөндөй, аралаш аймакта сары кристаллдардын жутулуу коэффициенти дээрлик эки эсе өзгөрөт жана кемчиликтердин концентрациясы ошого жараша өзгөрөт [3].

Бриджмен-Стокбаргер методу менен $CuGa\ S_2$ монокристаллдары алынган, рентгендик-дифракциялык жана рамандык изилдөөлөр жүргүзүлгөн [4]. Айрым компоненттердин удаалаш жана бир убакта тунушу менен, ошондой эле синтезделген заттын буулануусу менен алынган аморфтук пленкалар Аврам-Колмогоров [5] менен белгиленген $V_t=V_0\ [(1\text{-}exp9\text{-}kt^m)]$ аналитикалык туюнтмасы менен туюнтулган.

Изилденген айрым кристаллдарда химиялык формулага кирген атомдордун ядролорунун таза зарядынын өсүшү менен тыюу салынган аймактын кеңдиги төмөндөйт. Мындан тышкары, версиялардын кысылышы бар валенттик зонанын жогорку аймактарынын кысылуусу пайда болот, мисалы, зоналары тио-алюминийде 7 Эв, сымап, кадмий жана цинк теллуроиндаттарында 4,5 – 4,0 Эвге чейин [6].

Жутулуу коэффициентин сапаттуу өлчөө үчүн зарыл болгон жалпак параллелдүү плиталар кристаллдарды керектүү калыңдыктагы майда кум менен тегизделип даярдалган жана алмаз пастасы менен жылтыратылган (3-сүрөт).



3-сүрөт. Жалпак параллелдүү тегиздиктеги кристаллдар

Газ берүү ыкмасы менен өстүрүлгөн кристаллдардын бир гана бети тазаланган, жакшы өнүккөн (112) тегиздиктин жана (101) тегиздиктин карама-каршы тарабы гана иштетилген. Эки температура синтезинин кристаллдары эки тараптан иштетилиши керек болчу, анткени эң өнүккөн тегиздик (112) көбүнчө кырдуу түзүлүшкө ээ болгон.

Ар кандай синтездерден алынган жай өскөн жашыл кристаллдардан калыңдыгы – 0,165 см: 0,104 см: 0,041 см. Эки синтезден алынган сары кристаллдардан калыңдыгы 0,62: 0,053 см жана 0,025 см болгон үлгүлөр даярдалган.

Ар кандай синтездерден өстүрүлүп алынган жашыл кристаллдар:

Калыңдыгы, см	Шарттуу белгилениши
0,165	№1
0,104	№2
0,508	№3
0,041	№4

Эки синтезден алынган сары кристаллдар:

Калыңдыгы, см	Шарттуу белгилениши
0,162	№5
0,126	№6
0,053	№7
0,052	№8
0,025	№9

Белгилей кетсек, кристаллдардын мүнөздөмөсү жана алардын түсү, биринчи кезекте, өстүрүп алуу ыкмасын көрсөтөт: (жашыл – газ берүү ыкмасы, сары жана кызгылт сары – эки температуралык синтез ыкмасы).

Газ ташуу кристаллдары жакшы өнүккөн тегиздиктин (112) же тегиздиктин (101) карама-каршы тарабында гана иштетилген.

Эки температура синтезинин кристаллдары эки тараптан иштетилиши керек болчу, анткени эң өнүккөн тегиздик (112) көбүнчө кырдуу түзүлүшкө ээ болгон.

Ар кандай синтездерден алынган жай өскөн жашыл кристаллдардан калыңдыгы – 0,165 см: 0,104 см: 0,041 см. Эки синтезден алынган сары кристаллдардан калыңдыгы 0,62: 0,053 см жана 0,025 см болгон үлгүлөр даярдалган.

Корутунду. Баяндалган материалдар, биринчи кезекте, оригиналдуу. Ошондой эле келтирилген материалдар, кошулмалардын кеңири чөйрөсү, өзгөчө, алардын физикалык-химиялык касиеттерин эксперименталдык аныктоонун, кристаллдарды өстүрүү методдорунун жана материалдардын мүнөздөмөлөрүн алуу процесстеринин технологиялык параметрлери менен байланыштыруунун багыттарында заттардын изилденбеген классын билдирет деген тыянакка мүмкүндүк берет.

Адабияттар:

1. Боднар, И. В. Выращивание кристаллов тройных соединений типа AIB111C_2 VI и их свойства [Текст] / И. В. Боднар, Н. П. Лукомский // Изв. АН СССР. Неорганический материалы. - 1979. - Т.15. - №10. - С.1718-1720.

2. Беккер, Т. Б. Фазообразование и рост кристаллов в четверной взаимной системе Na, Ba, B\\O, F : Дисс. … доктора геол.-минер. наук [Текст] / Т. Б. Беккер. - Новосибирск, 2015. - С. 227.

3. Колесников, Н. Н. Физико-химические и технологические основы получения кристаллов халькогенидов металлов, содержащих летучие компоненты: Автореферат дисс. … доктора физ.-мат. наук [Текст] / Н. Н. Колесников. – М.: 2017. - С. 45.

4. Абдуллаев, Н. А. Низкотемпературная проводимость в монокристаллах CuGa S_2 [Текст] / Н. А. Абдуллаев, Х. В. Алигулиева, Л. Н. Алиева и др. // Физика и техника полупроводников. - 2015. - Том 49. – С. 440- 443.

5. Нуриев, М. А. Фазовые равновесия в тонких слоях системы Cu – Ga - S, кинетика кристаллизации аморфных пленок CuGa S_2 [Текст] / М. А. Нуриев // Fizika. - 2007. - CILD XIII. - №4. - С.68-70.

6. Чижиков, В. И Структурные, электронные и оптические свойства дефектных халькопиритов, хантитов и флюороборатов : дисс. … докт. физ.-мат. Наук 01.04.07 – физика конденсированного состояния [Текст] / В. И. Чижиков. – Краснодар, 2001. – 337 с.