Для заказа доставки данной работы воспользуйтесь поиском на сайте по ссылке: <http://www.mydisser.com/search.html>

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ

“УКРАИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ”

На правах рукописи

#### Амелина Александра АНДРЕевна

##### УДК 666.112.9:666.01

**СТЕКЛА и стеклокристаллические МАТЕРИАЛЫ электротехнического назначения на основе системы Li2O-P2O5**

05.17.11 – технология тугоплавких неметаллических и

 силикатных материалов

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель:

Носенко Александр Васильевич,

доцент, кандидат технических наук

# ДНЕПРОПЕТРОВСК – 2009

### **Содержание**

 Стр

|  |  |
| --- | --- |
| Перечень условных сокращений………………………………………. | 4 |
| Введение…………………………………………………………………. | 5 |
| Раздел 1. Аналитический обзор литературы…………………………... | 11 |
|  1.1 Строение литиевого аккумулятора и требования к твердым электролитам…………………………………………………………….. | 11 |
|  1.2 Классификация твердых электролитов………………………...... | 13 |
|  1.2.1 Кислородсодержащие стекла…………………………...…. | 14 |
|  1.2.2 Сульфидные стекла………...……………………………..... | 16 |
|  1.2.3 Сульфатные стекла………...……………………………..... | 17 |
|  1.2.4 Другие стекла…………………..………….……………….. | 18 |
|  1.2.5 Оксидные стекла……..….………………………………..... | 18 |
|  1.3 Стеклообразование, строение и свойства стекол в системе Lі2O-Р2О5……...………………………………………………….…….... | 21 |
|  1.4 Кристаллические твердые электролиты……………………….... | 29 |
|  1.5 Принцип реакционного формирования структуры…………...… | 30 |
|  1.6 Выводы по аналитическому обзору литературы и выбор направления исследований …………………………………………….. | 37 |
| Раздел 2. Методы экспериментальных исследований………………… | 39 |
|  2.1 Сырьевые материалы, составление шихты, варка стекол…...…. | 39 |
|  2.2 Изготовление образцов для определения физико-химических свойств…………………………………………………………………… | 40 |
|  2.3 Физико-химические методы исследования……………………... | 41 |
|  2.4 Расчет термодинамических величин…………………………….. | 42 |
|  2.5 Методика обработки экспериментальных данных | 44 |
| Раздел 3. Исследование стеклообразования и свойств стекол систем Li2O-LiХ-Р2O5, (Х – BO2-, SO42-, F-)……………………………………. | 48 |
|  3.1. Влияние состава фосфорсодержащих сырьевых материалов на стеклообразование………………………………………………………. | 48 |
|  3.2 Стеклообразование и свойства стекол в системе Li2O-B2O3-P2O5 | 57 |
|  3.3 Стеклообразование и свойства стекол в системе Li2O-Li2SO4-P2O5 | 69 |
|  3.4 Стеклообразование и свойства стекол в системе Li2O-LiF-P2O5  | 77 |
|  3.4.1 Оценка химической и электрохимической устойчивости стекла состава 0,5Li2O·0,1LiF·0,4P2O5 по отношению к металлическому литию | 88 |
|  3.5 Исследование стекол в системе Lі2O-LіF-P2O5-PON…………… | 93 |
|  3.6 Исследование стекол в системе Lі2O-LіF-P2O5-MoO3………….. | 97 |
|  3.7 Выводы по разделу 3……………………………………………... | 102 |
| Раздел 4. Композиционные твердые электролиты……………………. | 104 |
|  4.1 Композиционные материалы на основе стекла состава 0,5Li2O·0,1LiF·0,4P2O5……………...…………………………………… | 104 |
|  4.1.1 Устойчивость пентаалюмината лития по отношению к электродным материалам……………………………………………….. | 105 |
|  4.2 Твердые электролиты на основе композиции “стекло 0,5Li2O·0,1LiF·0,4P2O5 – пентаалюминат лития”…………..… | 110 |
|  4.3 Композиционные материалы на основе стекла состава 0,5Li2O·0,1 Lі2SO4·0,4P2O5 с использованием метода РФС………… | 115 |
|  4.3.1 Термодинамическая вероятность получения β-эвкриптита на основе стекловидных литиевых фосфатов……..…. | 116 |
|  4.3.2 Стеклокерамические материалы на основе композиций “стекло – каолин – Al2O3”………………………………………………. | 120 |
|  4.3.3 Влияние температуры обжига композиционных смесей “стекло – каолин – глинозем” на свойства стеклокерамики…………. | 123 |
|  4.3.4 Влияние времени обжига композиционной смеси “стекло – каолин – глинозем” на свойства стеклокерамики…………. | 126 |
|  4.4 Выводы по разделу 4……………………………………………… | 129 |
| Раздел 5. Апробация разработанных материалов в производственных условиях…….……………………..………………. | 130 |
|  5.1 Испытания твердого электролита………...……………………... | 130 |
|  5.2 Испытания термостойкой стеклокерамики полифункционального назначения…………………………………….. | 130 |
|  5.3 Испытания плоских электронагревателей на подложках из термостойкой стеклокерамики…………………………………………. | 133 |
| Выводы…………………………………………………………………... | 135 |
| Список использованных источников……………………………..……. | 137 |
| ***Приложения………………………………………………………………*** | 152 |

Перечень условных сокращений

ХИТ – химический источник тока;

ТЭЛ – твердый электролит;

РФС – реакционно-формируемая структура;

ДТА – дифференциально-термический анализ;

РФА – рентгенофазовый анализ;

ИКС – инфракрасная спектроскопия;

ИС – импедансная спектроскопия;

ТКЛР – термический коэффициент линейного расширения;

ПАВ – поверхностно – активные вещества;

lgχ – логарифм электропроводности;

См/см – Сименс / сантиметр – единица измерения электропроводности,

1 См = 1 Ом-1.

Введение

**Актуальность темы.** Интенсивное развитие в последнее время микроэлектроники, электротехники и других наукоемких производств требует исследования, разработки и применения новых материалов. К обширному классу таких материалов относятся оксидные стекла, которые в настоящее время широко используются в производстве диэлектрических и функциональных паст для толстопленочных технологий гибких интегральных схем, при пайке различных материалов, при изготовлении стеклокерамики со специальными тепло- и электрофизическими свойствами, а также для других целей.

В связи с этим исследования условий стеклообразования и свойств стекол на основе малоизученных оксидных систем, а также разработка новых материалов, перспективных для использования в электротехнике и других наукоемких производствах, являются актуальной и важной научно-прикладной задачей.

Отмеченное, в частности, обусловлено также быстрым развитием производства электроники и широким применением малогабаритной техники, которые требуют все большего использования автономных источников питания. Особое внимание потребителей привлекают вторичные источники тока, имеющие значительно больший срок службы, среди которых наиболее перспективными являются литиевые химические источники тока (ХИТ).

Литиевые ХИТ обладают рядом достоинств и выгодно отличаются от традиционных источников тока, так как характеризуются повышенными значениями удельных энергетических характеристик, срока службы, периода сохранности и широким температурным интервалом работы. В настоящее время производство перезаряжаемых литиевых ХИТ с жидким электролитом затруднено имеющимися нерешенными проблемами, такими как рост дендритов лития и потеря емкости литиевого электрода при эксплуатации.

Одним из направлений преодоления существующей проблемы может быть использование в качестве твердых электролитов (ТЭЛ) литиевых ХИТ стекол с высокой проводимостью по ионам лития. Их применение обеспечит возможность безопасной эксплуатации и расширит температурный интервал работы ХИТ.

В настоящее время для использования в литиевых ХИТ в качестве ТЭЛ предложены различные стекла. Большинство составов таких стекол базируется на бинарных стеклообразующих системах Lі2O-B2O3 и Lі2O-P2O5. Для повышения проводимости по ионам лития в их составы вводят солевые добавки (Lі2SO4, Lі2WO4 и др.). Однако многолитиевая область оксидно-солевых литиево-фосфатных систем (содержание Lі2O>40 мол.%) в отличие от соответствующих боратных мало изучена.

Учитывая аномально высокую электропроводность некоторых кристаллических соединений, например, пентаалюмината лития LіAl5O8, весьма перспективным направлением является разработка композиционных твердых электролитов на их основе с использованием в качестве связки таких многолитиевых оксидно-солевых фосфатных стекол.

Кроме того, вышеуказанные стекла с высоким содержанием Lі2O привлекают внимание к использованию их в качестве базовых для получения стеклокерамических материалов β-эвкриптитового состава. Такие материалы благодаря очень низким значениям теплового расширения можно использовать для изготовления термостойких изделий электротехнического назначения, например, подложек для пленочных электронагревателей повышенной мощности.

**Связь работы с научными программами, планами, темами**. Диссертационная работа выполнялась согласно планам научно-исследовательских работ кафедры химической технологии керамики и стекла ГВУЗ “Украинский государственный химико-технологический университет” Министерства образования и науки Украины, а также в соответствии с государственными бюджетными темами № Г.Р.0105U000413 “Физико-химические основы технологии новых оксидных стекол, стеклоэмалей, стеклокерамики и других стеклосодержащих материалов” и № Г.Р.0108U001155 “Научные основы получения новых оксидных стекол, стеклоэмалей и стеклокерамики с использованием золь-гель технологии и других нетрадиционных способов приготовления сырьевых материалов”.

**Цель и задачи диссертационной работы**

Цель работы – разработка научных основ технологии получения литиево-фосфатных стекол для литиевых химических источников тока и стеклокерамических подложек пленочных электронагревателей.

Для достижения поставленной цели предусматривалось решение следующих задач:

– установить условия стеклообразования и свойства стекол в оксидно-солевых системах Lі2O-LіX-P2O5 (где X – BO2-, SO42-, F-);

– обосновать выбор химического состава и разработать основы технологии получения стекловидных и стеклокристаллических материалов для использования их в качестве твердых электролитов литиевых ХИТ;

– обосновать выбор химического состава стекол и разработать основы технологии получения с их использованием термостойкой стеклокерамики;

– провести производственные испытания и установить области возможного применения разработанных стекол и стеклокристаллических материалов.

*Объект исследования* – технологические процессы получения оксидно-солевых фосфатных стекол и стеклокристаллических материалов на их основе.

*Предмет исследования* – условия стеклообразования и закономерности изменения свойств оксидно-солевых фосфатных стекол в зависимости от их химического состава как основа разработки ТЭЛ для литиевых ХИТ и термостойкой стеклокерамики.

*Методы исследования* – основные расчетные методы: расчет температур ликвидуса по методу Эпстейна-Хоуленда; оценка термодинамической вероятности протекания химических реакций в шихтах стекол и композиционных смесей при их термообработке; разработка математических моделей, описывающих закономерности изменений свойств литиево-фосфатных стекол от их химических составов, выполнена статистическими методами; основные методы экспериментальных исследований: дилатометрический; дифференциально-термический, рентгенофазовый и спектральный анализы, тонкослойная хроматография, импедансная спектроскопия.

**Научная новизна работы** **заключается в следующем:**

– впервые установлены условия стеклообразование и закономерности изменения свойств многолитиевых стекол (содержание Li2O 40-60 мол.%) в малоизученных оксидно-солевых системах Li2O-(LiBO2)2-P2O5, Li2O-Li2SO4-P2O5 и Li2O-LiF-P2O5 в зависимости от их химических составов;

– установлена способность некоторых стекол системы Li2O-LiF-P2O5 при их мокром помоле образовывать устойчивые гели с рН ~7. Проведенными исследованиями показано, что гели таких стекол при нанесении на поверхности различных материалов и последующей сушке полимеризуются с образованием стекловидных пленок;

– термодинамическим и экспериментальными исследованиями доказана химическая стабильность синтезированного стекловидного твердого электролита в системе Lі2O-LіF-P2O5 с высокой проводимостью по отношению к металлическому литию;

– разработаны составы и технологические параметры получения стекловидных твердых электролитов в системе Lі2O-LіF-P2O5-МоО3 с проводимостью по ионам лития до 9,1∙10-6См/см;

– разработаны химические составы и технологические параметры изготовления тонких пленок стеклокристаллических твердых электролитов литиевых ХИТ на основе композиционных материалов “стекло – пентаалюминат лития” с повышенной проводимостью по ионам лития;

– разработаны химические составы и установлены технологические параметры получения на основе легкоплавких стекол системы Lі2O-Lі2SO4-P2O5 плотных стеклокристаллических материалов β-эвкриптитового состава с низким тепловым расширением, содержание оксида лития в которых не превышает 4 мас.%.

**Практическое значение полученных результатов**. На основе стекол системы Lі2O-LіF-P2O5 с содержанием Lі2O свыше 50 мол.%, модифицированных оксидом молибдена, получены стекловидные твердые электролиты с высокой проводимостью по ионам лития (lgχ25ос до -5,5 См/см). Указанные стекла прошли успешную лабораторную апробацию в условиях ООО “Интер-Интел” и рекомендованы для использования в качестве твердых электролитов литиевых ХИТ.

Разработаны стеклокерамические материалы с низким тепловым расширением (до -9 10-7 град-1) и открытой пористостью до 4%, которые прошли успешное испытание в качестве подложек пленочных электронагревателей повышенной мощности в условиях НПП ООО “Стелит” и рекомендованы для внедрения в производство.

**Личный вклад соискателя заключается** в постановке ряда задач, планировании и проведении исследований, обработке экспериментальных данных, анализе полученных результатов. Все основные выводы, представленные в диссертации, принадлежат автору.

Автор выражает благодарность н.с. Баскевичу О.С. за проведение рентгеновских исследований, инж. Поляковой Е.Е. за проведение дифференциально-термического анализа материалов и м.н.с. Тронь А.В. за проведение импедансных исследований.

Вклад соавторов общих публикаций заключается в общем научном

руководстве, обсуждении и подготовке результатов исследований к опубликованию.

**Апробация результатов диссертации**. Материалы работы докладывались на Всеукраинской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Киев, 2006, 2007); научно-технической конференции “Физико-химические проблемы в технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов” (Днепропетровск, 2006); ІІІ-ей Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых “Химия и современные технологии” (Днепропетровск, 2007), ІІ-ой научно-практической конференции “Современные тенденции развития и производства силикатных материалов” (Львов, 2008).

**Публикации.** По результатам исследований опубликовано 10 работ, в том числе 4 статьи в специализированных журналах и тезисы 6 докладов.

**Структура диссертации**. Диссертация состоит из введения, 5 разделов, выводов и библиографии. Общий объем работы 147 страниц, в том числе 21 таблица, 52 рисунка. Список использованной литературы составляет 129 наименований.

Выводы

1. Термодинамическими расчетами, подтвержденными рентгенофазовыми исследованиями, обоснован выбор метафосфата лития как сырьевого материала для составления шихт многолитиевых оксидно-солевых стекол в системах Lі2O-LіХ-P2O5, где X – BO2-, SO42-, F-, (содержание Lі2O ≥ 40 мол.%). Показано, что эффективность применения этого компонента возрастает с повышением содержания оксида лития в составах стекол.

2. Установлены условия и области стеклообразования в системах Lі2O-LіХ-P2O5, где X – BO2-, SO42-, F-, с высоким содержанием оксида лития. Экспериментально подтверждено, что применение метафосфата лития не только значительно улучшает температурно-временные условия варки стекол, но и значительно снижает их кристаллизационную способность в процессе выработки.

Определены зависимости свойств стекол опытных систем от их химического состава. Показано, что независимо от химического состава солевой добавки ионная проводимость стекол возрастает с повышением содержания оксида лития в их составах.

Расчетным термодинамическим и экспериментальными методами установлена химическая устойчивость стекла в системе Lі2O-LіF-P2O5 с содержанием Lі2O ~52,4 мол.% по отношению к металлическому литию.

3. На основе стекол системы Lі2O-LіF-P2O5 с содержанием Lі2O > 50 мол.%, модифицированных оксидом молибдена, получены стекловидные твердые электролиты, которые по величине ионной проводимости (lgχ25оС до -5,5 См/см) значительно превышают мировые аналоги. Тепловое расширение таких электролитов близко к меди или нержавеющей стали, из которых могут быть изготовлены подложки-токоотводы твердотельных литиевых ХИТ.

4. Разработаны составы и технологические параметры изготовления тонких пленок стеклокристаллических твердых электролитов литиевых ХИТ на основе композиций “стекло в системе Lі2O-LіF-P2O5 – кристаллический LіAl5O8”. Ионная проводимость полученных материалов при комнатной температуре достигает 5,1·10-6 См/см, что на порядок превышает ионную проводимость самих стекол.

5. На основе многолитиевых стекол системы Lі2O-Lі2SO4-P2O5 получены плотные стеклокерамические материалы β-эвкриптитового состава с низким тепловым расширением, пригодные для использования в качестве подложек плоских электронагревателей повышенной мощности. Содержание оксида лития в составах разработанных материалов не превышает 4 мас. %.

6. Разработанные стекла на базе системы Lі2O-LіF-P2O5, модифицированные МоО3, с высокой проводимостью по ионам лития прошли испытание в лабораторных условиях ООО “Интер-Интел” и рекомендованы для использования в качестве твердых электролитов литиевых ХИТ.

Пленочные электронагреватели повышенной мощности, на подложках из разработанной стеклокерамики с низким тепловым расширением прошли апробацию в условиях предприятия НВП ООО “Стелит” (г. Львов).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Демахин, А.Г. Электролитные системы литиевых ХИТ [Текст] / А.Г. Демахин, В.М. Овсянников, С.М. Пономаренко – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1993. – 220 с.
2. Jasinski, R. Electrochemical power sources in nonaqueous solvents [Text] / R. Jasinski // J. Electrochem. Technol. – 1988. – Vol.6, № 1-2. – P.28-35.
3. Duklot, M. Glassy materials for lithium batteries: electrochemical properties and devices performances [Text] / M. Duklot, J.L. Souquet // J. Power Sources. – 2000. – Vol. 97-98. – Р. 610-615.
4. Сербиновский, М.Ю. Литиевые источники тока: конструкции, электроды, материалы, способы изготовления и устройства для изготовления электродов [Текст] / М.Ю. Сербиновский. – Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 2001. – 155 с.
5. Кедринский, И.А. Химические источники тока с литиевым электродом [Текст] / И.А. Кедринский, В.Е. Дмитриенко, Ю.М. Поваров [и др.]. – Красноярск: Изд. Краснояр. ун-та, 1983. – 243 с.
6. Jak, M.J.G. Composite cell components for elevated temperature all-solid-state Li-ion batteries [Text] / M.J.G. Jak, M.S. Pontfoort, N. Van Landschoot [et al.] // Solid State Ionics. – 2001. – V.143. – P. 57-66.
7. Tatsumisago, T. Mechanochemical preparation of glassy material based on Li2S and their application to all-solid-state lithium secondary batteries [Text] / T. Tatsumisago // 14-th Int. Conf. On Solid State Ionics, Monterey, USA. – 2003. – P.7.
8. Brissot, С. In situ study of dendritic growth in lithium/PEO-salt/lithium cell [Text] / С. Brissot, M. Roso, J.-N. Chazalviel [et al.] // J.Electrochem. Acta. – 1998. – Vol.43, № 10-11. – P.1569-1574.
9. Чеботин, В.Н. О терминологии в классификации твердых электролитов [Текст] / В.Н. Чеботин, Л.М. Соловьева // VI Всесоюзная. конференция по физической химии ионных расплавов и твердых электролитов:тезисы докл. – 1976. – Ч.2. – C. 108-109.
10. Levasseur, A. Conductive ionique du litium dans Verres du Systeme B203-Li20-LiCl [Text] / A. Levasseur, B. Cales, JM. Reau [and all.] // Mater. Res. Bull. – 1978. – Vol.13. – P. 205-209.
11. Despand, V.K. Electrical conductivity of B203-Li20-LiX (X = F, Cl, Br) [Text] / V.K. Despand, K. Sing // Materials for solid state batteries. – Singapore: World sci. Publ. – 1986. – P. 313-316.
12. Tanaka, K. Propertіes of oxybromіde teііurіte glasses іn the system LіBr-Lі2O-TeО3 [Text] / K. Tanaka, T. Yoko, K. Kamіya [and all] // J. Non. Cryst. Solіds. – 1991, №213. – P. 211-218.
13. Jagla, M. Transport number for lithium ions in LiF-Li2O-A12О3 glasses [Text] / M. Jagla, J.O. Isard // Mater. Res. Bull. – 1980. **–** Vol.15, №9. – P.1327-1331.
14. Халилев, В.Д. Электропроводность и структура стекол системы Ba(PO3)2-AlF3-LiF [Текст] / В.Д. Халилев, Ю.П. Тарлаков, Б.В. Петросян // Физ. и хим. стекла. – 1983. – Т.9, №2. – С.190 – 194.
15. Tatsumitsago, M. Preparation and structure of lithium-ion-conducting mixed anion glasses in the system LiBO2-LiBS2 [Text] / M. Tatsumitsago, K. Yoneda, T. Minami // J. Amer. Ceram. Soc. – 1988. – Vol.71, N9. – P. 766-769.
16. Pat. 4331750 США, МКИ4 H OI M. Alkaliue cation conductive vitreous composition [Text] / J.-P. Malugani, G. Robert Appl (США). – 4331750; Заявл.19.01.81; Опубл. 25.05.82.
17. Kennedy J.H. A highly conductive Li' -glass system: (I, x) (0,4 SiS2-0,6 Li2S)-xLiI [Text] / J.H. Kennedy, Y. Yang // J. Electrochem. Soc. – 1986. – Vol. 133, №11. – P. 2437-2438.
18. Hayashi, Akitoshi. Characterization of Li2S–SiS2–Li3MO3 (M=B, Al, Ga and In) oxysulfide glasses and their application to solid state lithium secondary batteries [Text] / Akitoshi Hayashi, Ryoichi Komiya, Masahiro Tatsumisago, Tsutomu Minami // Solid State Ionics. – 2002. – Vol. 152-153. – P. 285-290.
19. Balkanskі, M. Free lіthіum іon lіthіum borate glasses doped wіth Lі2SO4 [Text] / M. Balkanskі, R.F. Wallіs, І. Darіanіn // Scі. and Technol. Fast Іon Conduct.: Proc. NATO Adv. Study Іnst., Іnt. Sch. Mater. Scі. and Technol. 12th Course, Erіce, July 1-15, 1987. – VII., 1989. – Р. 317-319.
20. Kawamoto, Y. Ionic conductivity in xMeF (95-x)ZrF4 LaF3 glasses [Text] / Y. Kawamoto, J. Fujiwara, C. Ichimura // J. Non-Сryst. Solids. – 1989. – Vol.111, №2. – P.245-251.
21. Oi, T. Amorphous thin film ionic conductors of mLiF nA1Fq [Text] / T. Oi, K. Miyaychi // Mater. Ress. Bull. – 1981. – Vol.10. – P. 1281-1289.
22. Ohtsuka, H. Electrical characteristics of Li2O-V2O5-SiO2 thin films [Text] / H. Ohtsuka, J.-i. Yamaki // Solid State Ionics. – 1989. – Vol. 35. – P. 201-206.
23. Miyauchi, Katsuki New amorphous thin films of lithium ion conductive solid electrolyte [Text] / Katsuki Miyauchi, Kazunobu Matsumoto, Keiichi Kanehori, Tetsuichi Kudo.// Solid State Ionics. – December 1983. – Vol. 9-10. – Part 2. – P. 1469-1472.
24. Kurek, P. Electrical conductivity of some lithium ion conducting borate glasses [Text] / P. Kurek, J.L. Nowinski, W. Jakubowski // Intern. Soc. Electrochem. 37th Meet.: Ext. abstr. Vilnjus. – 1986. – Vol.3. – P. 125-127.
25. Huang, P.-N. The influens of MO2, M2O5 and MO3 oxides on the conductivity of lihtium borate glasses [Text] / P.-N. Huang, P.-H. Huang // Solid State Ionics. – 1989. – Vol 36, №36. – Р. 59-63.
26. Structural investigation of doped lithium borate glasses [Text] / M. Massot, E. Haro, M. Oueslati and all. // Mater. Sci. Eng. B. – 1989. – Vol. B3, №l. – P.57-63.
27. Ganguli, Munia. Studies on the Effect of Li2SO4 on the Structure of Lithium Borate Glasses [Text] / Munia Ganguli and K.J. Rao // J. Phys. Chem. – 1999. – Vol 103. – P.920-930.
28. Handhi. Conductivity enhancement Li2SO4 glass system Li2O:B2O3 incorporated [Text] / Handhi // Solids State Ionics. – 1989. – Vol. 36. – P. 92-97.
29. Кваша А.М. Твердый стекловидный электролит с проводимостью по ионам лития в системе Li2O-Li2SO4-B2O3. Сообщение I. Ионная электропроводность и энергия активации [Текст] / А.М. Кваша, Е.М. Шембель, А.В. Носенко // Вопросы химии и химической технологии. – 2003. – № 6 – С. 161-165.
30. Голеус, В.И. Физико-химические свойства стекловидных твердых электролитов в системе Li2O­Li2SO4­B2O3, определяющие возможность создания на их основе твердотельных ХИТ. Сообщение 1: Ионная проводимость и температурный коэффициент линейного расширения [Текст] / В.И. Голеус, Е.М. Шембель, А.В. Носенко [и др.] // Вопросы химии и химической технологии. – 2004. – №1. – С.60-64.
31. Кваша, А.М. Твердий склоподібний неорганічний електроліт для літієвих хімічних джерел струму, що перезаряджаються [Текст]: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.17.03 / Андрій Михайлович Кваша. – Дн-вськ., 2004. – 19с.
32. Solid Inorganic Glassy Electrolyte and Method of Production Thereof [Text] / E. Shembel, A. Nosenko, A. Kvasha, P. Novak. PCT Patent Application WO 2005/011032, U.S. Patent Application 10/897, 134.
33. Pat. 1014936 ЕР, МКИ4 H 01 M 9/00. Lithium oxide-based amorphous ionic conductor [Text] // K. Miyaychi, K. Kanehori, T. Kudo (ЕР). – №1014936; Appl: 27.09.83; Publ.21.09 1984.
34. Бурмакин, Е.И. Твердые электролиты в системе Li2SiO4-Li2WO4 [Текст] / Е.И. Бурмакин, Г.К. Степанов, И.Г. Дубровина // Тр. Ин-та электрохимии УНЦ АН СССР. – 1978. – Вып.26. – С.55-58.
35. Pat. 4130694 US, МКИ4, H 01 M 9/00. Amorphous metal oxide material between electrodes of a cell [Text] / A.M. Glass, M.E. Lines, K. Nassau. – 4130694;Appl. 15.08.77; Publ.19.12.78.
36. Хузина, Р.З. Твердые стеклообразные электролиты с проводимостью по ионам лития [Текст] / Р.З. Хузина, А.Г. Морачевский, А.И. Демидов. – М., 1988. – 88 с. – Деп. в ВИНИТИ 24.04.88, №3019В.
37. Malugani, J.-P. Nouveau verre au lithium a haute conductivite ionique [Text] / J.-P. Malugani, G. Robert // C. r. Acad. Sci. C. – 1980. – V.290, №14. – P.251-253.
38. Chakravorty, D. Conducting glasses [Text] / D. Chakravorty, G.S. Das // Indian J. Technol. – 1991. – V.28, №8. – Р. 332-342.
39. Аппен, А.А. Химия стекла [Текст] / А.А. Аппен. – Л.:Химия, 1974. – 351 с.
40. Павлушкин, Н.М. Основы технологии ситаллов [Текст]: учебн. пособ. [для студ. вузов] / Н.М. Павлушкин. – М.:Стройиздат, 1979. – 360 с.
41. Роусон, Г. Неорганические стеклообразующие системы [Текст] / Г. Роусон. – М.:Мир – 1970 – 312 с.
42. Osterheld, R.K. System Li3PO4-LiPO3 [Text] / R.K. Osterheld // J. Inorg. Nucl. Chem. – 1968. – Vol.30, №12. – Р. 3173-3175.
43. Nakano, J. System Li3PO4-P2O5 [Text] / J. Nakano, T. Yamada, S. Miyazawa // J. Amer. Ceram. Soc. – 1979. – Vol.62, №9-10. – Р. 465-467.
44. Мазурин, О.В. Cвойства стекол и стеклообразующих расплавов [Текст]: В 4 т. / О.В. Мазурин, М.В. Стрельцина, Т.П. Швайко-Швайковская. – Л.: Наука, 1975. – Т.2: Однокомпонентные и двухкомпонентные окисные несиликатные системы. – 462 с.
45. Пахомов, Г.С. Переохлажденные расплавы и стекла системы Lі2O-P2O5 [Текст] / Г.С. Пахомов, С.Л. Неверов // Физ. и хим. стекла. – 1997. – Т.23, №2. – С.199 – 211.
46. Пронкин, А.А. Физико-химические свойства стекол системы Li2O–P2O5 [Текст] / А.А. Пронкин, И.В. Мурин, И.А. Соколов [и др.] // Физ. и хим. стекла. – 1997. – Т.23, №5. – С.547 – 554.
47. Соколов, И.А. Подвижность щелочных ионов в стеклах систем Me2O-P2O5, где Ме=Li, Na, K. [Текст] / И.А. Соколов, Н.Ю. Устинов, А.А. Пронкин. – СПб, 2005. – 9 с. – Деп. в ВИНИТИ 08.07.2005, № 977-В2005.
48. Соколов, И.А. Особенности структуры и электрические свойства оксидных щелочных фосфатных стекол. [Текст] / И.А. Соколов, Н.Ю. Устинов, А.А. Пронкин. – СПб, 2005. – 10с. – Деп. в ВИНИТИ 08.07.2005, № 976-В2005.
49. Соколов, И.А. О механизме миграции носителей тока в щелочных фосфатных стеклах [Текст] / И.А. Соколов, Н.Ю. Устинов, А.А. Пронкин. – СПб, 2005. – 13 с. – Деп. в ВИНИТИ 08.07.2005, № 980-В2005.
50. Julien, С. Solid-state batteries: materials design and optimization [Text] / С. Julien, G.А. Nazri. – Kluwer Academic publishers, 1994. – 625 p.
51. Chowdari, S. Ionic condactiviti of the vitreous Li2O:P2O5:Ta2O5 system [Text] / S. Chowdari, K. Radhakrishna // Non – Cryst. Solids. – 1989. – Vol. 108, №3. – Р.323-332.
52. Соколов, И.А. Структура и физико-химические свойства стекол системы Lі2S-LiPO3 [Текст] / И.А. Соколов, А.А. Ильин, Ю.П. Тарлаков [и др.] // Физ. и хим. стекла. – 2003. – Т.29, №3. – С 399-410.
53. Hamon, A. Influence of sputtering conditions on ionic conductivity of LiPON thin films [Text] / A. Hamon, F.Douard, Sabary [and all] // Solid State Ionics. – 2006. – Vol. 177 – Is. 3-4 – P. 257 – 268.
54. Vereda, F. Rapidly grown IBAD LiPON films with high Li-ion conductivity and electrochemical stability [Text] / F. Vereda, R.B. Goldner, T.E. Haas and P. Zerigian // Electrochemical and Solid State Letters. – 2002. – №5 (11). – Р. 239-241.
55. Roh, N.-S. Effects of deposition condition on the ionic conductivity and structure of amorphous lithium phosphorus oxynitrate thin films [Text] / N.-S. Roh // Scripta materialia. – 2000. – №42. – Р.43-49.
56. Tien, T.Y. System Li2O-B2O3-P2O5 [Text] / T.Y. Tien, F.A. Hummel // J. Amer. Ceram. Soc. – 1961 – Vol 44, №8. – Р. 390-394.
57. Мазурин, О.В. Cвойства стекол и стеклообразующих расплавов [Текст]: В 4 т. / О.В. Мазурин, М.В. Стрельцина, Т.П. Швайко-Швайковская. – Л.: Наука, 1975. – Т.3, ч.2: Трехкомпонентные несиликатные окисные системы. – 487 с.
58. Байкова, Л.Г. Влияние оксида бора на физико-механические свойства стекол системы Lі2O-B2O3-P2O5 [Текст] / Л.Г. Байкова, Ю.К. Федоров, В.П. Пух [и др.] // Физика и химия стекла. – 2003. – Т.29, №3. – C.391-398.
59. Sunhwa, Lee. Modification of network structure induced by glass former composition and its correlation to the conductivity in lithium borophosphate glass for solid state electrolyte [Text] / Lee Sunhwa, Kim Jisook and Shin Dongwook // [Solid State Ionics](http://www.sciencedirect.com/science/journal/01672738). – 2007. – [Vol. 178. – Is. 5-6](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=PublicationURL&_tockey=%23TOC%235608%232007%23998219994%23646823%23FLA%23&_cdi=5608&_pubType=J&_auth=y&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=b68f118c5eb119a31dbecf8267856c03). – P. 375-379.
60. Соколов, И.А. Электрические свойства и строение стекол системы Lі2SO4-LіPO3 [Текст] / И.А. Соколов, Н.А. Валова, Ю.П. Тарлаков и др. // Физ. и хим. стекла. – 2003. – Т.29, №6. – С 760 – 768.
61. Bergman, G. System (LiPO3)2-Li2SO4 [Text] / G. Bergman, M.L. Sholokhovich // Zh. Obshch. Khim. – 1953. – Vol.23, №7. – P. 1075-1085.
62. Ganguli, Munia. Studies of tenary Li2SO4-Li2O-P2O5 glasses [Text] / Munia Ganguli, K.J. Rao // J. Non-Сryst. Solids. – 1999. – 243. – P. 251-267.
63. Бухалова, Г.A. Система LiF-Li3PO4 [Текст] / Г.A Бухалова, И.В. Мардиросова // Ж. неорг. хим. – 1967. – Т.12, №10 – С. 2825-2828.
64. Соколов, И.А. Влияние MeF на физико-химические свойства и структуру стекол систем Me2O-P2O5, Me=Li, Na [Текст] / И.А. Соколов, Н.Ю. Устинов, А.А. Пронкин. – СПб, 2005. – 9с. – Деп. в ВИНИТИ 08.07.2005, № 978-В2005.
65. Соколов, И.А. Влияние галоген-ионов на структуру и электрические свойства стекол систем Li(Ha1)-LiPО3, Li(Ha1)-P2O5, где Ha1=C1, Br и I [Текст] / И.А. Соколов, Н.Ю. Устинов, А.А. Пронкин. – СПб, 2005. – 16 с. – Деп. в ВИНИТИ 08.07.2005, № 981-В2005.
66. Соколов, И.А. Структурно-химические преобразования в стеклах системы МеF-МеPO3, Ме-Li,Na [Текст] / И.А. Соколов, Н.Ю Устинов, А.А. Пронкин – СПб, 2005. – 16 с. – Деп. в ВИНИТИ 08.07.2005, № 979-В2005.
67. Соколов, И.А. Исследование механизма миграции носителей тока в стеклах систем Lі2O-P2O5 и LіF-LiPO3 [Текст] / И.А. Соколов, А.А. Ильин, Н.А. Валова [и др.] // Физика и химия стекла. – 2003. – Т.29, №3. – C.421-427.
68. Пат. 2034784 Россия, МКИ C 01 F 7/04, C 01 D 15/00. Способ получения пентаалюмината лития LiAl5O8 [Текст] / В.П. Исупов, Р.П. Митрофанова, Л.Э. Чупахина. – № 5064635/26; Заявл. 13.7.92; Опубл. 10.05.95, Бюл. № 13.
69. High Enerdgy Acceleration Research Organization Institute Of Meterials Structyre Science. [Электронный ресурс] / Preparation of Porous LiAl5O8 by Li2O and Al2O3 reaction. Chumphol BUSABOK, Tatsuo Shikama, Shinji Nagata Bun Tsuchiya, Kentaro Toh. Режим доступу: <http://pfwww.kek.jp/AsCA06/srfile/sr006H00434E.html>.
70. Ходаковская, Р.Я. Стеклокристаллические материалы и покрытия с реакционноформируемой структурой [Текст] / Р.Я. Ходаковская // Стекло и керамика. – 1989. – № 6. – С. 36-39.
71. Гузман, И.Я. Реакционное спекание и его практическое использование [Текст] / И.Я. Гузман // Стекло и керамика. – 1993. – № 9-10. – С. 33-36.
72. Третьяков, Ю.Д. Твердофазные реакции [Текст] / Ю.Д. Третьяков. – М.: Химия, 1978. – 359 с.
73. Бобкова, Н.М. Бесщелочные ситаллы и стеклокристаллические материалы [Текст] / Н.М. Бобкова, Л.М. Силич. – Минск: Навука i тэхнiка, 1992. – 278 с.
74. Искаков, Т.У. Синтез стеклокристаллических материалов с реакционно-формируемой структурой [Текст] / Т.У. Искаков, В.М. Гарифулин // Энерго- и ресурсосберегающие технологии в производстве стекла: междунар. науч.-техн. конф., 1995г.:тез. докл. – 1995. – С. 60-61.
75. Ходаковская, Р.Я. Кристаллизация и спекание порошков стекол в системе Li2О-Al2О3-SiО2 [Текст] / Р.Я. Ходаковская, Г.А. Эллерн, Л.К. Бондарева // Изв. АН СССР. Сер. Неорганич. материалы. – 1986. – Т. 22, № 9. – С. 1487-1492.
76. Ільченко, Н.Ю. Термостійка склокераміка з реакційно зформованою структурою.: автореф. дис. … канд. техн. наук: спец. 05.17.11 / Наталія Юр’ївна Ільченко. – Дніпропетровськ, 1999. – 16с.
77. Торопов, Н.А. Диаграммы состояния силикатных систем: справочник [Текст] / Н.А. Торопов, В.П. Барзаковский, В.В. Лапин [и др.]. – Л.: Наука, 1972. – 427с.
78. Носенко, А.В. Стеклообразование и некоторые свойства стекол в системе BaO-ZnO-SiO2 [Текст] / А.В. Носенко, В.И. Голеус, Е.В. Пономарчук [и др.] // Вопросы химии и химической технологии. – 2001. – №6. – С. 47-50.
79. Носенко, А.В. Стеклокерамика на основе стекол системы BaO-ZnO-SiO2 [Текст] / А.В. Носенко, В.И. Голеус, Н.Ю. Ильченко [и др.] // Вестник национального технического университета (ХПИ). – 2002. – том 2, № 2. – С.126-131.
80. Носенко, А.В. Влияние температурно-временных условий обжига на свойства жаростойкой стеклокерамики цельзианового состава [Текст] / А.В. Носенко, В.И. Голеус, Е.В. Пономарчук [и др.] // Сб. науч. трудов ОАО “УкрНИИогнеупоров им. А.С.Бережного”. – 2002. – №102. – С. 65-69.
81. Голеус, В.И. Стеклокерамика цельзианового состава с реакционно формируемой структурой [Текст] / В.И. Голеус, А.В. Носенко, Н.Ю. Ильченко [и др.] // Вестник национального технического университета (ХПИ). – 2001. – Вып. №18. – С. 71-75.
82. Пономарчук, О.В. Безлужні склокристалічні матеріали з реакційно зформованою структурою [Текст]: автореф. дис. … канд. техн. наук: спец.05.17.11 / Олена Віталіївна Пономарчук. – Дніпропетровськ, 2003. – 16с.
83. Бобкова, Н.М. Сборник задач по физической химии силикатов и тугоплавких соединений [Текст] / Н.М. Бобкова, Л.М. Силич, И.М. Терещенко. – Минск: Университетское,1990. – 174 с.
84. Ахназарова, С.Л. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии [Текст] / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. – М: Высшая школа, 1978. – 319с.
85. Термические константы веществ [Текст]: справочник в 10-ти томах / [под. ред. Глушко В.П.]. – М., 1981. – Вып. Х: Соединения (Li, Na, K, Rb, Cs, Fr). – Часть 1: Табл. принятых значений Li и Na. – 300 с.
86. Витиня, Н.А. Физико-химические свойства и строение калиевофосфатных стекол [Текст] / Н.А. Витиня, С.Е. Лагздиня, О.А.Крамская [и др.] // Неорганические стекла, покрытия и материалы. – Рига: Изд. РПИ, 1989. – С. 108-115.
87. Лагздиня, С.Е. Термодинамические и экспериментальное исследование образование соединений в системе BaCO3-H3PO4 [Текст] / С.Е. Лагздиня, Я.А. Вайвад, А.Р. Линдинь [и др.] // Неорганические стекла, покрытия и материалы. – Рига: Изд. РПИ, 1975. – С. 42-53
88. Краткий справочник физико-химических величин [Текст] / [ред. Пономарева А.М.] – Л: Химия, 1983. – 232с.
89. Index of the X-ray Powder. Complete under the auspices of the joint committee on chemical analysis by powder difraction methods [Тext]: date file / American Society for testing and materials (ASTM). – Philadelphia, 1967.–25 sets.
90. Артамонова, Г.И. Использование метафосфатов при синтезе фосфатных стекол [Текст] / Г.И. Артамонова, Т.С. Жукова // Физико-химические исследования фосфатов: IV Всесоюз. конф., 1976: тезисы докл. – 1976. – С.17.
91. Носенко, А.В. Влияние состава фосфорсодержащих сырьевых материалов на стеклобразование в системе Li2O-Li2SO4-P2O5 [Текст] / А.В. Носенко, В.И. Голеус, А.А. Амелина, О.В. Даценко // Стекло и керамика. – 2008. – №3. – С. 10-13.
92. Вайвад, Я.А. Мольный объем, рефракция и структура натриево-силикофосфатных стекол [Текст] / Я.А. Вайвад, У.Я. Седмалис // Физ. и хим. стекла. – 1983. – Т.9, №5. – С.544-548.
93. Носенко, А.В. Многобариевые стеклоприпои с высоким значением диэлектрических свойств [Текст]: дис. … канд. техн. наук: спец. 05.17.11 / Александр Васильевич Носенко. – Днепропетровск, 1987. – 168с.
94. Мазурин, О.В. Электрические свойства стекол / О.В. Мазурин. – Тр. ЛТИ им. Ленсовета. Вып. 62. – Л.: Госхимиздат, 1962. – 162 с.
95. Мюллер, Р.Л. Электропроводность стеклообразных веществ [Текст] / Р.Л. Мюллер. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1968. – 251 с.
96. Атлас инфракрасных спектров фосфатов: Двойные моно- и дифосфаты [Граф. спектры] / АН СССР, ин-т общ. и неорг. химии им.И.Н. Курнакова. – М.:Наука, 1990. – 242с.
97. Атлас инфракрасных спектров фосфатов: Конденсированные фосфаты [Граф. спектры] / АН СССР, ин-т общ. и неорг. химии им. И.Н. Курнакова. – М.: Наука, 1985. – 242с.
98. Орешенкова, Е.Г. Спектральный анализ [Текст] / Е.Г. Орешенкова. – М.: Высш.шк., 1982. – 375с.
99. Инфракрасные спектры неорганических стекол и кристаллов [Текст] / [ред. А.Г. Власов, В.А. Флоринская] – Л.:Химия, 1972. – 304с.
100. Колесова, В.А. Борофосфатные стекла [Текст] / В.А. Колесова // Физ. и хим. стекла. – 1981. – т.7, №6. – С.641-646.
101. Полешаев, Э.В. Колебательные спектры и строение анионов кристаллических метафосфатов [Текст] / Э.В. Полешаев // Из. АН Каз. ССР. Сер. хим. – 1968. – №1. – С. 42-49.
102. Вахула, Я.І. ІЧ-дослідження скла системи Na2O-SiO2-P2O5-MoO3 [Текст] / Я.І. Вахула, Х.С. Бесага, О.І. Козій // Сучасні тенденції розвитку і виробництва силікатних матеріалів: IІ наук-практ. конфер. студ., аспір. та молод. вчених, 25-26 вересня 2008 р.:тези допов. – ІХ., 2008. – С.80-82.
103. Голеус, В.И. Стеклообразование и свойства стекол в системе Li2O-B2O3-P2O5 [Текст] / В.И. Голеус, Е.М. Шембель, А.В. Носенко [и др.] // Вопросы химии и химической технологии. – 2008. – №2. – С.142-144.
104. Носенко, А.В. Твердые электролиты на базе стекол системы Li2O-P2O5 [Текст] / А.В. Носенко, В.И. Голеус, А.А. Лотоцкая [и др.] // Фізико-хімічні проблеми в технології тугоплавких неметалевих та силікатних матеріалів: наук.-техн. конф. 27-29 верес., 2006р.:тези допов. – IX., 2006. – С.72-73.
105. Амелина, А.А. Свойства стекол в системе Li2O-Li2SO4-P2O5 [Текст] / А.А. Амелина, А.В. Носенко, В.И.Голеус и др. // II всеукр. наук-практ. конфер. студ., аспір. та молод. вчених НТУУ “КПІ”, ХТФ, 26-28 квітня.2007 р.: тези допов. – ІV., 2007. – С.149.
106. Даценко, О.В. Особенности стеклообразования в системе Li2O-Li2SO4-P2O5 [Текст] / О.В. Даценко, А.А. Амелина, А.В. Носенко // Хімія і сучасні технології: III міжнар. наук-техн. конфер. студ., аспір. та молод. вчених, 22-24 трав. 2007р.:тези допов. – V., 2007. – С.148.
107. Нараев, В.Н. Влияние “воды” на физико-химические свойства стекол [Текст] / В.Н. Нараев // Физ. и хим. стекла. – 2004. – Т.30, №5. – С. 499-529.
108. Халилев, В.Д. Об электропроводности и структуре сложных бесщелочных фторидных стекол [Текст] / В.Д. Халилев, А.А. Пронкин, В.И. Вахрамеев [и др.] // Физ. и хим. стекла. – 1979. – Т.5, №2. – С. 188-192.
109. Урусовская, Л.Н. Оптические и термооптические свойства хлор и бром содержащих фторофосфатных стекол [Текст] / Л.Н. Урусовская, А.Н. Звенигородская, И.А. Макаренко [и др.] // Физ. и хим. стекла. – 1980. – Т.6, №5. – С. 582-588.
110. Халилев, В.Д. Закономерности стеклообразования в фосфатных стеклах, содержащих фтор [Текст] / В.Д. Халилев, М.Л. Петровская, Г.П. Николина // Физ. и хим. стекла. – 1975. – т.1, №6. – С.508-511.
111. Голубцов, Л.А. Исследования структуры фтор-фосфатных стекол методом ИК-спектроскопии [Текст] / Л.А. Голубцов, В.Д. Халилев, К.С. Евстропьев. – В кн. Стеклообразное состояние. – Л.:Наука, 1971. – С.262-264.
112. Урусовская, Л.Н. Исследование структурных особенностей щелочных фосфатных стекол с фторидами элементов II-VI групп [Текст] / Л.Н. Урусовская, Е.В. Смирнова // Физ. и хим. стекла. – 1997. – т.33, №1. – С.61-67.
113. Урусовская, Л.Н. Влияние фторидов рубидия на структуру и свойства фосфатных стекол [Текст] / Л.Н. Урусовская, Е.В. Смирнова, С.А. Степанова // Физ. и хим. стекла. – 1991. – т.17, №1. – С.282-288.
114. Рогальская, Г.П. К изучению состава продуктов гидролиза методом бумажной хроматографии на примере калиевой соли Куроля [Текст] / Г.П. Рогальская, Д.З. Серазнтдинов // Изв. АН Каз. ССР.Сер. хим. – 1968. – №4. – С. 5-9.
115. Межинский, Г.Х. Структурные особенности силикофосфатных стекол, синтезированных методом золь-гель [Текст] / Г.Х. Межинский, У.Я. Седмалис, И.Р. Бейербаха [и др.] // Неорганические стекла, покрытия и материалы. – Рига: Изд. РПИ. – 1989. – С.74-79.
116. Везер, В. Фосфор и его соединения [Текст] / В. Везер [пер. с англ., ред. Шерешевский] – М.: Иностр. лит. – 1962. – 688с.
117. Новикова, О.В. Стеклообразование и свойства стекол в системе Li2O-LiF-P2O5 [Текст] / О.В. Новикова, А.А. Амелина, А.В. Носенко // Хімія і сучасні технології: III міжнар. наук-техн. конфер. студ., аспір. та молод. вчених, 22-24 трав. 2007р.:тези допов. – V., 2007. – С.164.
118. Ландия, Н.А.Расчет высокотемпературных теплоемкостей твердых неорганических веществ по стандартной энтропии [Текст] / Н.А. Ландия. – Тбилиси: Изд. АН Груз. ССР, 1962. – 221 с.
119. Киреев, А.В. Методы практических расчетов в термодинамике химических реакций [Текст] / А.В. Киреев. – М.: Химия, 1975. – 536с.
120. Карапетьянц, М.Х. Примеры и задачи по химической термодинамике [Текст] / М.Х. Карапетьянц. – М.: Химия, 1974. – 301с.
121. Смирнова, Н.А. Методы статистической термодинамики в физической химии [Текст] / Н.А. Смирнова. – М.: Высш. шк, 1982. – 455с.
122. Викторов, М.М. Методы вычисления физико-химических величин и прикладные расчеты [Текст] / М.М. Викторов. – М.: Химия, 1977. – 360с.
123. Голеус, В.И. Исследование химической и электрохимической устойчивости стекловидного твердого электролита в системе Li2O-LiF-P2O5 по отношению к металлическому литию [Текст] / В.И. Голеус, Е.М. Шембель, А.В. Носенко [и др.] // Вопросы химии и химической технологии. – 2008. – №4. – С.143-146.
124. Миллер, Т.Н. Неорганические соединения фосфора с азотом [Текст] / Т.Н. Миллер, А.А. Витола. – Рига: АН Латв. ССР, 1986. – 386с.
125. Андреев, О.Л. Термодинамические и электрические свойства твердых электролитов на основе двойных оксидов лития и бериллия, алюминия, скандия, иттрия и циркония [Текст]: автореф. дис. … канд. хим. наук: 02.00.04. / О.Л. Андреев. – Екатеринбург, 2002. – 22 с.
126. Лагздиня, С.Е. Метод расчета термодинамических констант (ΔH0298 и ΔG0298) [Текст] / С.Е. Лагздиня, У.Я. Седмалис, Я.А*.* Вайвад // Изв. АН Латв. ССР. Сер. химическая. – 1978. – №3. – С.304-306.
127. Носенко, А.В. Исследование устойчивости литиевого β-глинозема по отношению к металлическому литию [Текст] / А.В. Носенко, В.И. Голеус, А.О. Карасик [и др.] // Огнеупоры и техническая керамика. – 2007. – №4. – С.8-11.
128. Карасик, А.О. Исследование устойчивости литиевого β-глинозема по отношению к металлическому литию [Текст] / А.О. Карасик, А.А. Лотоцкая, А.В. Носенко // I всеукр. наук-практ. конфер. студ., аспір. та молод. вчених НТУУ “КПІ”, ХТФ, 27-29 квітня 2006р.:тези допов. – ІV., 2006. – С.182.

Голеус, В.І. Склокераміка з низьким тепловим розширенням на основі легкоплавкого літієвофосфатного скла [Текст] / В.І. Голеус, О.В. Носенко, О.А. Амеліна [та інші] // Сучасні тенденції розвитку і виробництва силікатних матеріалів: IІ наук-практ. конфер. студ., аспір. та

  Для заказа доставки данной работы воспользуйтесь поиском на сайте по ссылке: <http://www.mydisser.com/search.html>