



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 130685

(13) C2

(51) МПК

C30B 11/04 (2006.01)

C30B 29/46 (2006.01)

C30B 29/12 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**(21)** Номер заявки: **а 2024 01282****(22)** Дата подання заявки: **11.03.2024****(24)** Дата, з якої є чинними
права інтелектуальної
власності: **16.04.2026****(41)** Публікація відомостей
про заяву: **30.07.2025, Бюл.№ 31****(46)** Публікація відомостей
про державну
реєстрацію: **15.04.2026, Бюл.№ 15****(72)** Винахідник(и):

**Погодін Артем Ігорович (UA),
Філеп Михайло Йосипович (UA),
Кохан Олександр Павлович (UA),
Біланіч Віталій Степанович (UA),
Малаховська Тетяна Олександрівна (UA),
Сусліков Леонід Михайлович (UA),
Марійчук Руслан Тарасович (SK)**

(73) Володілець (володільці):

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ
ЗАКЛАД "УЖГОРОДСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ",
вул. Підгірна, 46, м. Ужгород, 88000 (UA)**

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

UA 155412 U, 29.02.2024

UA 155414 U, 29.02.2024

UA 150051 U, 29.12.2021

UA 126721 C2, 11.01.2023

ПОГОДІН А. І. та ін. Особливості
вирощування монокристалів твердих
розчинів в системах Ag₆PS₅I - Ag₇GeS₅I та
Ag₇SiS₅I - Ag₇GeS₅I / А.І. Погодін, М.Й.
Філеп, О.П. Кохан та ін. // Науковий вісник
Ужгородського університету. Серія : Хімія.
2021. Вип. 1. С. 29-34

LAQIBI M. et al New silver superionic
conductors Ag₇XY₅Z (X=Si, Ge, Sn; Y=S, Se;
Z=Cl, Br, I) – synthesis and electrical
properties / Laqibi M., Cros B., Peytavin S.,
Ribes M. // Solid State Ionics. 1987. Vol. 23.
P. 21-26

BLETSKAN D. et al Electronic structure of
Ag₇GeS₅I superionic compound / D. Bletskan,
I. Studenyak, M. Bletskan, V. Vakulchak // AIP
Conference Proceedings. 2018. 1953(1).
110014

**(54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ СУПЕРІОННОЇ КЕРАМІКИ НА ОСНОВІ МІКРОКРИСТАЛІЧНОГО ПОРОШКУ
ТВЕРДОГО РОЗЧИНУ СКЛАДУ Ag_{6,75}P_{0,25}Ge_{0,75}S₅I ЯК МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ТВЕРДОЕЛЕКТРОЛІТИЧНОГО
ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ**

(57) Реферат:

Винахід належить до галузі матеріалознавства, до таких областей приладобудування як космічна техніка, інтегральна мікроелектроніка, біомедична електроніка, зокрема стосується пристроїв для виробництва електричної енергії, і може знайти застосування в різних

UA 130685 C2

промислових виробництвах, які потребують нових та ефективних джерел енергії. Спосіб одержання суперіонної кераміки на основі мікрокристалічного порошку твердого розчину складу $\text{Ag}_{6,75}\text{P}_{0,25}\text{Ge}_{0,75}\text{S}_5\text{I}$ як матеріалу для твердоелектролітичного джерела енергії, який включає ступінчасте нагрівання вакуумованих кварцових ампул, з попередньо синтезованих тетрарних галогенхалькогенідів $\text{Ag}_6\text{PS}_5\text{I}$ та $\text{Ag}_7\text{GeS}_5\text{I}_9$ взятих у стехіометричному співвідношенні, зі швидкістю від 100 K/год до температури 1273 K та витримкою при цій температурі протягом 72 год для гомогенізації розплаву одержаної шихти. Розмелюють в агатовій ступці твердий розчин складу $\text{Ag}_{6,75}\text{P}_{0,25}\text{Ge}_{0,75}\text{S}_5\text{I}$ до порошку з розміром частинок 10-20 мкм, здійснюють надалі пресування при тиску 400 МПа й одержують диски діаметром 10 мм та товщиною 2-4 мм, які поміщають у вакуумовані кварцові ампули і нагрівають зі швидкістю 20 K/год до температури 923 K і витримують при цій температурі упродовж 36 год, після чого охолоджують до кімнатної температури і наносять на торцеві поверхні дисків електричні контакти. Винахід забезпечує одержання суперіонної кераміки з високою електричною провідністю та характеризується більшою технологічністю та економічністю одержання.

Винахід належить до галузі матеріалознавства, до таких областей приладобудування як космічна техніка, інтегральна мікроелектроніка, біомедична електроніка, зокрема до пристроїв для виробництва електричної енергії і може знайти застосування в різних промислових виробництвах, які потребують нових та ефективних джерел енергії.

5 Сучасні твердоелектролітичні батареї характеризуються питомою густиною енергії порядку 200-300 Вт·год/кг, яка майже у 8 разів більша, ніж у свинцевих батарей. На сьогодні їх виробляють такі відомі фірми як Wilson Greatbatch Ltd, Catalyst Research Corp., Union-Carbide і т.д. [1].

10 Найбільш близьким аналогом винаходу є спосіб вирощування твердого розчину $\text{Ag}_{6,5}\text{P}_{0,5}\text{Ge}_{0,5}\text{S}_5\text{I}$ методом спрямованої кристалізації з розплаву-розчину [2]. Недоліком одержаного, в процесі реалізації способу, кристалічного матеріалу, попри високе значення електричної провідності є недостатня технологічність та економність одержання.

Задача винаходу полягає в одержанні нового суперіонного матеріалу для твердоелектролітичного джерела енергії, який при такому як у найближчого аналога високому значенні електричної провідності, володів би більшою технологічністю та економністю одержання.

Поставлена задача вирішується таким чином, що запропоновано спосіб одержання суперіонної кераміки на основі мікрокристалічного порошку твердого розчину складу $\text{Ag}_{6,75}\text{P}_{0,25}\text{Ge}_{0,75}\text{S}_5\text{I}$ як матеріалу для твердоелектролітичного джерела енергії, який включає
20 ступінчасте нагрівання вакуумованих кварцових ампул, з попередньо синтезованих тетрарних галогенхалькогенідів $\text{Ag}_6\text{PS}_5\text{I}$ та $\text{Ag}_7\text{GeS}_5\text{I}$, взятих у стехіометричному співвідношенні, зі швидкістю від 100 К/год до 1273 К та витримкою при цій температурі протягом 72 год для гомогенізації розплаву одержаної шихти, за яким згідно з винаходом, розмелюють в агатовій ступці твердий розчин складу $\text{Ag}_{6,75}\text{P}_{0,25}\text{Ge}_{0,75}\text{S}_5\text{I}$ до порошку з розміром частинок 10-20 мкм,
25 здійснюють надалі пресування при тиску 400 МПа й одержують диски діаметром 10 мм та товщиною 2-4 мм, які поміщають у вакуумовані кварцові ампули і нагрівають зі швидкістю 20 К/год до температури 923 К і витримують при цій температурі упродовж 36 год, після чого охолоджують до кімнатної температури і наносять на торцеві поверхні дисків електричні контакти.

30 Спосіб здійснюють наступним чином:

Синтез твердого розчину $\text{Ag}_{6,75}\text{P}_{0,25}\text{Ge}_{0,75}\text{S}_5\text{I}$ для одержання мікрокристалічних порошків здійснювали з попередньо синтезованих тетрарних галогенхалькогенідів $\text{Ag}_6\text{PS}_5\text{I}$ та $\text{Ag}_7\text{GeS}_5\text{I}$ взятих у стехіометричному співвідношенні. Для одержання 10 г твердого розчину $\text{Ag}_{6,75}\text{P}_{0,25}\text{Ge}_{0,75}\text{S}_5\text{I}$ брали 2,3232 г $\text{Ag}_6\text{PS}_5\text{I}$ і 7,6768 г $\text{Ag}_7\text{GeS}_5\text{I}$ і завантажували у кварцову ампулу.
35 Ампулу відкачували до залишкового тиску 0,13 Па і проводили синтез. Режим синтезу включав у себе нагрівання зі швидкістю 100 К/год до температури 1273 К та витримку при цій температурі протягом 72 год. Охолодження здійснювали в режимі виключеної печі. Потім шляхом розмелювання в агатовій ступці отримували мікрокристалічний порошок твердого розчину складу $\text{Ag}_{6,75}\text{P}_{0,25}\text{Ge}_{0,75}\text{S}_5\text{I}$ із середнім розміром частинок 10-20 мкм. На його основі шляхом
40 пресування при 400 МПа були одержані диски діаметром 10 мм та товщиною 2-4 мм, які поміщалися у вакуумовані ампули з кварцового скла. Ампули нагрівалися зі швидкістю 20 К/год до температури 923 К і витримувалися при цій температурі протягом 36 год. Потім ампули охолоджувалися до кімнатної температури, а на торцеві поверхні дисків наносили електричні контакти. Таким чином отримана суперіонна кераміка на основі мікрокристалічного порошку
45 твердого розчину складу $\text{Ag}_{6,75}\text{P}_{0,25}\text{Ge}_{0,75}\text{S}_5\text{I}$ з нанесеними електричними контактами, яка є матеріалом з якого виготовляють основні елементи, для твердоелектролітичного джерела енергії.

Застосування суперіонної кераміки на основі мікрокристалічного порошку твердого розчину $\text{Ag}_{6,75}\text{P}_{0,25}\text{Ge}_{0,75}\text{S}_5\text{I}$ у пристроях для виробництва електричної енергії дозволяє покращити характеристики твердоелектролітичного джерела енергії, оскільки забезпечується їх висока технологічність та економність одержання.

На кресленні наведено частотну залежність електричної провідності суперіонної кераміки на основі мікрокристалічного порошку твердого розчину складу $\text{Ag}_{6,75}\text{P}_{0,25}\text{Ge}_{0,75}\text{S}_5\text{I}$. Вимірювання електричної провідності проводилися в інтервалі частот від 10 Гц до 2 МГц за допомогою
55 прецизійних вимірювачів імпедансу LCR-метра AT 2818 та Keysight E4980A. При температурі $T=298$ К та на частоті $1,0 \times 10^5$ Гц (креслення) величина електричної провідності суперіонної кераміки на основі мікрокристалічного порошку твердого розчину складу $\text{Ag}_{6,75}\text{P}_{0,25}\text{Ge}_{0,75}\text{S}_5\text{I}$ складає 0.047 См/см.

Таким чином, суперіонна кераміка на основі мікрокристалічного порошку твердого розчину
60 складу $\text{Ag}_{6,75}\text{P}_{0,25}\text{Ge}_{0,75}\text{S}_5\text{I}$ має достатньо високу електричну провідність, порівнянну з

електричною провідністю кращих срібловмісних твердих електролітів. Перевага над найближчим аналогом полягає у тому, що при наявності високої електричної провідності суперіонна кераміка на основі мікрокристалічного порошку твердого розчину складу $\text{Ag}_{6,5}\text{P}_{0,5}\text{Ge}_{0,5}\text{S}_5\text{I}$ характеризується більшою технологічністю та економністю одержання.

5 Використання мікрокристалічного порошку твердого розчину складу $\text{Ag}_{6,75}\text{P}_{0,25}\text{Ge}_{0,75}\text{S}_5\text{I}$ у ролі матеріалу суперіонної кераміки для твердоелектролітичного джерела енергії дає можливість застосовувати його в різних промислових виробництвах, які потребують нових та ефективних джерел енергії.

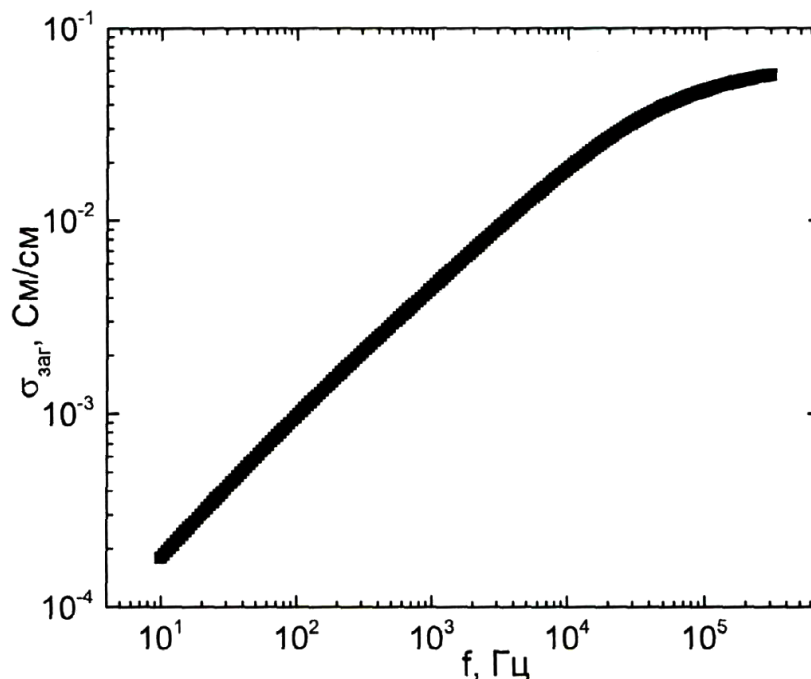
ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ:

10 1. Студеняк І.П., Краньчец М. Ефекти розупорядкування в суперіонних провідниках зі структурою аргіродита. - Ужгород: Говерла, 2007. - 200 с.

2. Спосіб вирощування твердого розчину складу $\text{Ag}_{6,5}\text{P}_{0,5}\text{Ge}_{0,5}\text{S}_5\text{I}$ методом спрямованої кристалізації з розплаву-розчину: патент України № 126185, МПК С30В 9/00, С30В 13/00 (2006.01) / А.І. Погодін, О.П. Кохан, М.Й. Філеп, І.П. Студеняк. № а202101039; Заявлено 02.03.2021; Опубл. 25.08.2022, Бюл. № 34. - 3 с. - Найближчий аналог.

ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

Спосіб одержання суперіонної кераміки на основі мікрокристалічного порошку твердого розчину складу $\text{Ag}_{6,75}\text{P}_{0,25}\text{Ge}_{0,75}\text{S}_5\text{I}$ як матеріалу для твердоелектролітичного джерела енергії, який включає ступінчасте нагрівання вакуумованих кварцових ампул, з попередньо синтезованих тетрарних галогенхалькогенідів $\text{Ag}_6\text{PS}_5\text{I}$ та $\text{Ag}_7\text{GeS}_5\text{I}$, взятих у стехіометричному співвідношенні, зі швидкістю від 100 К/год до температури 1273 К та витримкою при цій температурі протягом 72 год для гомогенізації розплаву одержаної шихти, який відрізняється тим, що розмелюють в агатовій ступці твердий розчин складу $\text{Ag}_{6,75}\text{P}_{0,25}\text{Ge}_{0,75}\text{S}_5\text{I}$ до порошку з розміром частинок 10-20 мкм, здійснюють надалі пресування при тиску 400 МПа й одержують диски діаметром 10 мм та товщиною 2-4 мм, які поміщають у вакуумовані кварцові ампули і нагрівають зі швидкістю 20 К/год до температури 923 К і витримують при цій температурі упродовж 36 год, після чого охолоджують до кімнатної температури і наносять на торцеві поверхні дисків електричні контакти.



Комп'ютерна верстка В. Юкін

ДО "Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій", вул. Дмитра Годзенка, 1, м. Київ – 42, 01601