

УДК 621.315.5:621.351

СУПЕРІОННІ ПРОВІДНИКИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В СУЧАСНИХ ХІМІЧНИХ ДЖЕРЕЛАХ СТРУМУ

Рясна А. К., Коваленко О. М.

e-mail: arina.riasna@nure.ua, e-mail: olena.kovalenko@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. Фізики
м. Харків, Україна

The work is devoted to the study of the possibility of using superionic compounds in the manufacture of energy storage systems. With the rapid progress in the field of alternative sources of energy, it becomes necessary to develop appropriate efficient devices for its storage. Solid electrolytes can become an alternative to conventional liquid electrolytes. The paper compares the main types of solid electrolytes from the point of view of their properties. The advantages of solid electrolytes for creating safe, flexible, durable energy storage devices are also considered.

Україна має високий інноваційний потенціал щодо використання альтернативної енергетики. Наявність високого рівня сонячного випромінювання, рівнинного рельєфу дозволяє активно розвивати сонячну і вітрову енергетику. Реальне широкомасштабне впровадження альтернативних енергоносіїв стримується, як і в усьому світі, поки що доступною енергією викопного палива, а також відсутністю способів зберігання енергії у великих масштабах та на довгі терміни.

Найбільш популярною технологією залишаються літій-іонні батареї, які займають більшу частину на ринку систем накопичення енергії для електромереж. Проблеми безпеки рідких батарей завжди викликали занепокоєння. Електроліт легко займистий при високих температурах або сильних ударах, може вступати в побічні реакції або розкладатися при високих температурах.

Стрімкий розвиток створення альтернативних джерел енергії призводить до пошуку і дослідження нових перспективних матеріалів зі змішаною іонно-електронною провідністю, які б могли стати альтернативою літій-іонним батареям. За певних умов деякі матеріали мають суперіонну провідність, тобто іони в твердому тілі рухаються так само швидко, як і в рідкому електроліті. Суперіонні провідники можуть бути набагато ефективнішими та екологічнішими, ніж традиційні рідкі електроліти. Під час їх використання не утворюється токсичний розчин, і вони набагато простіші в експлуатації [1].

Основною властивістю суперіонних кристалів (або твердих електролітів) є їх висока іонна провідність у твердій фазі, яка може досягати значень, характерних для розплавів іонних кристалів і навіть перевершувати їх. Такий ефект обумовлений зникненням впорядкування в однієї з підрешіток кристала (частіше катіонної) при збереженні регулярного

розташування атомів в інших підрешітках. Типовими прикладами таких сполук є AgI , PbF_2 , Ag_4RbI_5 , CuPb_3Br_7 [2].

Тверді електроліти мають цілий ряд переваг над рідкими.

Термічна стабільність рідких електролітів обмежується 100°C , тоді як тверді оксидні електроліти можуть витримувати до 800°C , а сульфідні та галогенідні до 400°C . Завдяки своїй твердій формі такі електроліти мають значно вищу ударостійкість, що робить їх безпечнішими.

У рідких батареях іони літію рухаються за допомогою провідності, тоді як у твердотільних – шляхом стрибкоподібної провідності, що прискорює процес заряджання та розряджання. Крім того, у рідких батареях при швидкому заряджанні можливе випадання літію в осад, а у твердих такої проблеми немає.

Рідкі батареї стабільно працюють у межах -10°C до 45°C , але в зимовий період їхня ефективність значно знижується. Тверді електроліти працюють у ширшому діапазоні температур – від -30°C до 100°C , що робить їх стійкими навіть у холодних умовах і зменшує потребу у складних системах терморегуляції.

У рідких батареях середній термін служби становить 500-1000 циклів. Водночас тонкоплівкові тверді батареї можуть досягати 45 000 циклів, а в лабораторних умовах – навіть 10 000 циклів при 5°C .

Тверді електроліти поділяються на чотири основні групи: оксиди, сульфідні, полімери та галогеніди. Кожен із них має унікальні фізичні та хімічні властивості, що впливають на складність їх розробки, виробництва та ринкові перспективи [3].

Попри значний прогрес у розробці твердих електролітів, ще залишаються нерозв'язані проблеми, такі як низька провідність, висока поверхнева напруга між шарами та високі виробничі витрати. Подальші дослідження допоможуть покращити стабільність і ефективність цих матеріалів, зробивши твердотільні батареї незамінними у сфері зберігання енергії.

Список використаних джерел:

1. T. Ye, L. Li, Y. Zhang, Recent Progress in Solid Electrolytes for Energy Storage Devices. // *Advanced Functional Materials*. 2020. №30, P. 2000077. <https://doi.org/10.1002/adfm.202000077>.

2. Yunakova O.N., Yunakov N.N., Kovalenko E.N. The exciton absorption spectrum of thin CuPb_3Br_7 superionic conductor films. // *Low Temperature Physics*. 2016. № 42 (9). P. 768-771.

3. 4 Types Of Solid Electrolytes. URL: <https://www.amoytob.com/news/4-types-of-solid-electrolytes-75966422.html> (дата звернення: 5.02.2025)