

3. Ю.Э. Пенионжкевич. Пучки радиоактивных ядер//Соросовский образовательный журнал 1998 , №12, С. 79-86.
4. Ю.Э. Пенионжкевич. Ядерные реакции с тяжелыми ионами и синтез новых ядер//Соросовский образовательный журнал 2001, №3, С. 67-74.

ӘОЖ 539.217

## ҚАТТЫ ОКСИДТІ ОТЫН ЭЛЕМЕНТТЕРІ ҮШІН ЖҰҚА ПЛЕНКАЛЫ ЭЛЕКТРОЛИТ МАТЕРИАЛДАРЫ

Опахай Серікжан

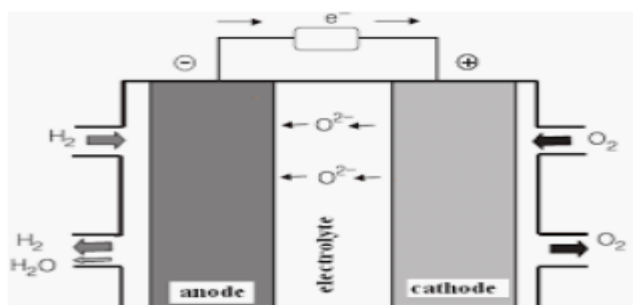
[serikjan\\_0707@mail.ru](mailto:serikjan_0707@mail.ru)

Л.Н Гумилев атындағы ЕҰУ 2-курс докторанты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан  
Ғылыми жетекшісі – Күтербеков К.А.

### 1. Кіріспе.

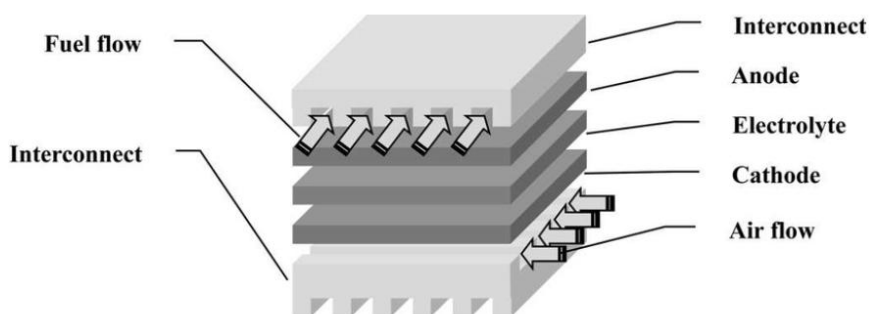
ҚООЭ технологиясының ерекшелігі қоршаған ортаға зиянын тигізетін лаस्ताушы заттардың аз мөлшерде шығарылуына негізделген. Өртүрлі отын элементтерінің ішінен ҚООЭ төмендегідей негізгі аспектілерімен ерекшеленеді, мұнда энергияны түрлендірудің жоғары тиімділігі, жылудың сапалы шығарылуы, құрылымының біртұтас қаттылығы, тығыздығының жоғарылығы және ауаға парниктік газдардың аз мөлшерде шығарылуы [1-2].

ҚООЭ электродтардан (катод, анод) және электролиттен тұрады. Анод отынды қабылдайды, катод – тотықтырғыш, ал электролит өзінен оттегі иондарын немесе протондарды өткізеді [3]. 1 суретте сутегі отыны негізінде жұмыс жасайтын ҚООЭ жалпы сипаттамалары көрсетілген.



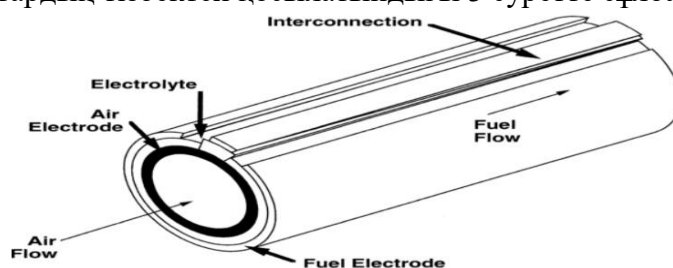
Сур.1- Қатты оксидті отын элементінің жұмыс істеу принципі

Қазіргі уақытта ҚООЭ клеткалық құрылым тұрғысынан екі негізгі түрі қарастырылады: жазық және түтік түрі [4]. Жазық ҚООЭ үшін әрбір ұяшық жалпақ диск, шаршы немесе тік бұрышты пластина түрінде жасалған. Ұяшықтардың тізбектеліп орналасатыны және байланыстырғыш пластиналармен жалғанатындығы 2 суретте сұлба түрінде келтірілген.



2-сурет. ҚООЭ жазық құрылымының сұлбасы

Түтікті ҚООЭ үшін әдетте электрод (катод немесе анод) кеуекті қабырғасы бар ұзын түтікше түрінде жасалған. Электродты түтіктің сыртында электролит, содан кейін тағы бір электрод бар. Ұяшықтардың тізбектей қосылатындығы 3 суретте сұлба түрінде көрсетілген.



3 – сурет. ҚООЭ түтікті құрылымының сұлбасы

ҚООЭ температуралық параметрлері бойынша төмендегідей жіктеуге болады: жоғары ( $T > 800^{\circ}\text{C}$ ), орташа ( $600^{\circ}\text{C} < T$ ) және төмен температуралы ( $T < 600^{\circ}\text{C}$ ).

Аталған шолу мақалада орташа ( $600^{\circ}\text{C} < T$ ) және төмен температурада ( $T < 600^{\circ}\text{C}$ ) жұмыс жасайтын ҚООЭ электролит және электродтарына арналған дүниежүзіндегі әртүрлі ғалымдардың мақалаларындағы жұқа пленкалы материалдардың негізгі ерекшеліктері, сипаттамалары, синтездеу жолдары, сонымен қатар жетістіктері мен мәселелері талқыланады.

## 2. Талқылау

Қазіргі таңда төмен температурада ( $600^{\circ}\text{C}$  және төмен) жұмыс істейтін пленкалы қатты электролит негізіндегі ТТ-ҚООЭ әзірлеу энергетикадағы белсенді дамып келе жатқан бағыттардың бірі. Зерттеу нәтижелері ҚООЭ электролит пленкасының қалыңдығын микрон бірлікке дейін азайту кезінде жұмыс температурасы  $400\text{--}650^{\circ}\text{C}$ -қа дейін төмендейтінін көрсетеді. Төмендегі кестеде ТТ-ҚООЭ үшін жұқа пленкалы электролиттердің негізгі сипаттамалары мен синтездеу әдістері келтірілген.

Кесте 1. ТТ-ҚООЭ үшін жұқа пленкалы электролиттердің негізгі сипаттамалары мен синтездеу әдістері

№	Жұқа пленкалы электролиттер және материалдар	Алу әдісі	Температура, электролит қалыңдығы	Өнімділігі	Сілтемелер
1	YSZ+6,7мол.% ScSZ	Радиожилікті бүрку	$500\text{--}550^{\circ}\text{C}$ 280нм	$227\text{мВт}/\text{см}^2$ , $334\text{мВт}/\text{см}^2$	[1]
2	YSZ+гибридті платина (Pt)	Атомдық қабатты тұндыру (ALD)	$450^{\circ}\text{C}$ 180нм	$380\text{мВт}/\text{см}^2$	[2]
3	YSZ	Атомдық қабатты тұндыру (ALD)	$450^{\circ}\text{C}$	$154,6\text{мВт}/\text{см}^2$	[3]
4	YSZ+GDC және LSC ( $\text{La}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{CoO}_{3-\delta}$ ),	импульсті лазерлі тұндыру (PLD)	$600^{\circ}\text{C}$ 500нм	$425\text{мВт}/\text{см}^2$	[4]

G.Y Cho және бірлескен авторлардың [2] жұмысында зерттеуге арналған ТТ-ҚООЭ анодталған алюминий оксиді субстратына тұрақтандырылған цирконий диоксидін (ScSZ) қондыру арқылы жасады. Бұл зерттеуде 6,7мол.% ScSZ жұқа пленкасы радиожилікті бүрку әдісімен сәтті дайындалды. Пленкалар кубтық кристалдар түрінде алынды және олардың кристалдық дәрежесі  $500^{\circ}\text{C}$  температурадағы термоөңдеуден кейін жақсарды, нәтижесінде басқа кристалдық құрылымдарға фазалық ауысулар байқалмады. Сонымен қатар авторлар

500-550°C температурада ScSZ электролитінің қалыңдығы 280нм болған кездегі ТТ-ҚООЭ электрохимиялық сипаттамаларын зерттеді. Оның өнімділігі 500°C температурада 227мВт/см<sup>2</sup> ал 550°C температурада сәйкесінше 334мВт/см<sup>2</sup> болды.

[3] жұмыста өте жұқа пленкалы төмен температуралы қатты оксидті отын элементі (ТТ-ҚООЭ) анодталған алюминий оксиді субстратына атомдық қабатты тұндыру әдісі арқылы жасады. G.Y Cho және бірлескен авторлардың жұмыстарымен салыстырғанда аталған жұмыстың ерекшелігі авторлар анодталған алюминий оксиді субстратына газдың жеткілікті мөлшерде өтуіне жағдай жасайтын тығыз әрі жұқа қабатты гибридті платина қабатын енгізуі болып табылады. Нәтижесінде қалыңдығы 180нм болатын иттриймен тұрақтандырылған цирконий диоксиді электролиті ешқандай саңылаусыз біркелкі тұнды. Аталған ТТ-ҚООЭ арналған ультракүміс пленкасы (иттриймен тұрақтандырылған цирконий диоксиді электролиті) 450°C жұмыс температурасында жоғары қуат тығыздығын яғни 380мВт/см<sup>2</sup> көрсетті.

Е.О Oh және бірлескен авторлар [1] ТТ-ҚООЭ арналған жұқа пленкалы иттриймен тұрақтандырылған цирконий диоксиді (YSZ) электролитін ерітіндіден химиялық тұндыру әдісімен зерттеді. Аталған авторлар жұмысының ерекшелігі жұқа пленкалы YSZ электролитін нанобөлшектер түрінде дайындауы. Қалыңдығы 500нм болатын жұқа пленкалы YSZ электролиті құрамындағы бөлшектердің размері 20нм болатын YSZ нанобөлшектерін 1100°C температурада химиялық ерітіндіден тұндыру әдісі арқылы анод субстратына сәтті қондырылды. Эксперимент нәтижесі YSZ нанобөлшектерінің электролиттің сапасын арттыруда өте маңызды екенін көрсетті. Мысалы YSZ нанобөлшектерінің 5% қосқан кезде тығыз әрі біртекті жұқа пленкалы электролиттің қуат тығыздығы 600°C температурада 425 мВт/см<sup>2</sup> болды.

[4] жұмыста авторлар ОТ-ҚООЭ үшін висмут/церий оксидтерінен тұратын екіқабатты жұқа пленкалы электролит қасиеттерін зерттеді. NiO-Sm<sub>0.2</sub>Ce<sub>0.8</sub>O<sub>1.90</sub> субстратында құрғақ престеу әдісімен алынған Y<sub>0.25</sub>Bi<sub>0.75</sub>O<sub>1.5</sub> жұқа пленкасы тұрақты ток көзінде магнетронды бүрку әдісімен Sm<sub>0.2</sub>Ce<sub>0.8</sub>O<sub>1.90</sub> электролит пленкасына сәтті қондырылды. Нәтижесінде қалыңдығы 26нм болатын екіқабатты Sm<sub>0.2</sub>Ce<sub>0.8</sub>O<sub>1.90</sub> және Y<sub>0.25</sub>Bi<sub>0.75</sub>O<sub>1.5</sub> пленкаларының өткізгіштік қасиеті мен қуат тығыздығы сәйкесінше арта түсті. Аталған жұмыстың нәтижесі ОТ-ҚООЭ үшін тек бір қабатты электролит емес жұқа қос қабатты электролиттердің маңызды өткізгіштік қасиетке ие екенін дәлелдеді.

### 3. Қорытынды

ҚООЭ дамуындағы ең үлкен мәселелердің бірі оның жұмыс температурасын барынша төмендету болып табылады. Сондықтан қазіргі таңда аталған мәселе бойынша әлем ғалымдарының көптеген еңбектері бар. Оның көпшілігі жоғарыдағы мәселені шешуде перспективті болып табылатын ҚООЭ электролиттері үшін жұқа пленкалы материалдарды синтездеу болып табылады. Аталған қысқаша шолу мақалада соңғы уақытта жарық көрген дүниежүзіндегі ең беделді ғалымдардың ҚООЭ электролиттеріне арналған жұқа пленкалы материалдардың қасиеттері, ерекшеліктері, синтездеу жолдары, тиімділігі жөніндегі еңбектері жан-жақты талқыланды.

### Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. A.J Jacobson, Materials for solid oxide fuel cells // Chem. Mater. – 2010. – №22. – P. 660-674.
2. S.C Singhal, K. Kendall. High temperature solide oxide fuel cells: fundamentals, design, and applications // Elsevier. – 2003. – V.80. – P. 1155-1162
3. R. Bove. Solid oxide fuel cells: principles, designs and state of the art in industries // Recent Trends in Fuel Cell Science and Technology. – 2007. – V. 267-285. – P. 267-285.
4. A.V Joshi, J.J Steppan, D.M Taylor and S. Elangovan. Solid electrolyte materials, devices, and applications // Journal of Electroceramics. – 2004. – V.13. – P. 619-625.