

**NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/30.11.2022.FM/T.66.04 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

O‘KTAMALIYEV BEKZOD IKROMJON O‘G‘LI

**YARIMO‘TKAZGICH XOSSASIGA EGA TiO₂ ASOSLI Li-POLIMER
BATAREYALARINING TAYYORLASH TEXNOLOGIYASI VA
ELEKTROFIZIK XARAKTERISTIKALARI**

01.04.10 – Yarimo‘tkazgichlar fizikasi

**FIZIKA-MATEMATIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Namangan-2024

**Fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
физика-математическим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on
physical-matematical sciences**

О'ktamaliyev Bekzod Ikromjon o'g'li

Yarimo'tkazgich xossasiga ega TiO₂ asosli Li-polimer batareyalarining
tayyorlash texnologiyasi va elektrofizik xarakteristikalarini 3

Уктамалиев Бекзод Икромжон угли

Технология производства и электрофизические характеристики литий-
полимерных аккумуляторов на основе TiO₂ с полупроводниковыми
свойствами..... 23

Uktamaliev Bekzod Ikromjon ugli

Production technology and electrophysical characteristics of TiO₂-based
Li-polymer batteries with semiconductor properties..... 43

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ
List of published works..... 47

**NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/30.11.2022.FM/T.66.04 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

O‘KTAMALIYEV BEKZOD IKROMJON O‘G‘LI

**YARIMO‘TKAZGICH XOSSASIGA EGA TiO₂ ASOSLI Li-POLIMER
BATAREYALARINING TAYYORLASH TEXNOLOGIYASI VA
ELEKTROFIZIK XARAKTERISTIKALARI**

01.04.10 – Yarimo‘tkazgichlar fizikasi

**FIZIKA-MATEMATIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Namangan-2024

Fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalari vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.2.PhD/T3832 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Namangan muhandislik-texnologiya institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasiga (www.nammti.uz) va Ziyonet Axborot-ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Mamatkarimov Odiljon Oxundedayevich
fizika-matematika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponenlar:

Onorkulov Karimberdi Egamberdievich
fizika-matematika fanlari doktori, professor,

Alijanov Doniyor Dilshodovich
texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Yetakchi tashkilot:

Urganch davlat universiteti

Dissertatsiya himoyasi Namangan muhandislik-texnologiya instituti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi PhD.03/30.11.2022.FM/T.66.04 raqamli Ilmiy kengashning 2024-yil 2-noyabr soat 12⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 160115, Namangan shahri, Kosonsoy ko'chasi, 7-uy. Tel./faks: (99869) 225-10-07; (99869) 225-76-75, e-mail: niei_info@edu.uz, Namangan muhandislik-texnologiya instituti 3-bino, 2-qavat, ilmiy kengash xonasi).

Dissertatsiya bilan Namangan muhandislik-texnologiya institutiining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin. (_____raqam bilan ro'yxatga olingan.) Manzil: 160115, Namangan shahri, Kosonsoy ko'chasi, 7-uy. Tel: (99869) 225-10-07.

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil " _____ " _____ da tarqatildi.
(2024 yil " _____ " _____ dagi № _____ raqamli reestr bayonnomasi.)

U.I. Erkaboyev

Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash raisi, f.-m.f.d., professor

A.A. Abdukarimov

Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash ilmiy kotibi, PhD, dotsent

N.Yu.Sharibayev

Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, f.-m.f.d., professor

Kirish (falasfa doktori (PhD) dissertatsiyasining annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining zarurati va dolzarbligi. Jahonda bugungi kunda elektr energiyasi muammosi bilan bir qatorda, uni saqlash ham dolzarb masala hisoblanadi. Bugungi kunda ko'plab ko'chma olib yuriladigan mobil qurilmalardan foydalanib kelinmoqda va bunday qurilmalardan foydalanish darajasi yuqori sur'atlarda o'sib bormoqda. Bu turdagi qurilmalar safi energiya saqlovchi qurilmalar, ya'ni batareyalar bilan boyitilmoqda. Shunga qaramay, elektrofizik parametrlari cheklanganligi, ekologik jihatdan toza emasligi va yong'in chiqish ehtimolligi katta bo'lganligi sababli, energiya ta'minoti masalasida ekologik jihatdan toza, havfsizligi yuqori bo'lgan qayta zaryadlanuvchi batareyalar, ayniqsa Li-polimer batareyalari alohida o'ringa ega. Bu borada Li-polimer batareyalarini, xususan tarkibida yarimo'tkazgichlar bo'lgan elektrolit asosli sodda tuzilmalardan tashkil topgan Li-polimer batareyalarini yaratish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahonda qattiq polimer elektrolit asosli Li-polimer batareyalarida yarimo'tkazgich moddalaridan foydalanib, shuningdek ularning tayyorlash texnologiyasi, batareyalarning optimal variantlarini yaratish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu yo'nalishda, jumladan, yarimo'tkazgichli Li-polimer batareyalarining elektrolit qismida TiO_2 bo'lgan batareyalarni ishlash kuchlanishi, zaryadlanish hamda zaryadsizlanish sikli bo'yicha tadqiqotlar ustuvor hisoblanmoqda. Shu bilan birga yupqa plyonkali, yarimo'tkazgichli elektrolitdan foydalanib Li-polimer batareyalarining ish rejimini yaxshilash dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasida ilmiy tadqiqot va innovatsion faoliyatni rag'batlantirish masalalari, ishlab chiqarishga energiya saqlaydigan texnologiyalarni joriy qilish, elektromobil avtomobillaridan foydalanishni kengaytirish vazifalari belgilab berilgan. Bu borada arzon, sifatli materiallar asosidagi samarali batareya elementlarini ishlab chiqish, Li-polimer batareya elementlarining elektrofizik xarakteristikalarini va ularning elektrolit tarkibiga bog'liqligini asoslash muhim ilmiy ahamiyatga ega. Yurtimizda ilm-fanni yuksaltirish va uni yanada amaliyotga tatbiq etish yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. 2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, xususan, "Iqtisodiyotni elektr energiyasi bilan uzluksiz ta'minlash hamda "Yashil iqtisodiyot" texnologiyalarini barcha sohalarga faol joriy etish, iqtisodiyotning energiya samaradorligini 20 foizga oshirish"¹ bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Ushbu vazifalarini amalga oshirishda, jumladan, ekologik toza "Yashil energiya" ishlab chiqarish va uni saqlash, energiya saqlovchi qurilmalar xossalarini tadqiq etish bugungi kunda muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 10-iyuldagi PQ-4779-son "Iqtisodiyotning energiya samaradorligini oshirish va mavjud resurslarni jalb etish orqali iqtisodiyot tarmoqlarining yoqilg'i-energetika mahsulotlariga qaramligini

¹O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son "2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi" to'g'risidagi Farmoni

kamaytirishga doir qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi hamda 2021-yil 19-martdagi PQ-5032-son “Fizika sohasidagi ta’lim sifatini oshirish va ilmiy tadqiqotlarni rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” qarorlari, 2022-yil 9-sentabrdagi PF-220-son “Energiya tejovchi texnologiyalarni joriy qilish va kichik quvvatli qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi Farmoni hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya ishi muayyan darajada mos keladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga bog‘liqligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining III va IV: «Energiya, energiya resurslarini tejash, transport, mashinasozlik va asbobsozlik; zamonaviy elektronika, mikroelektronika, fotonika, elektron asbobsozlikni rivojlantirish» va «Qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish usullarini ishlab chiqish, nanotexnologiya, fotonika va boshqa zamonaviy texnologiyalar asosida yangi texnologiyalar va qurilmalar ishlab chiqish» ustuvor yo‘nalishlari muvofiq bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Tayyorlanish texnologiyasi sodda bo‘lgan polimer elektrolitli Li-polimer batareyaning elektrofizik xususiyatlarini birinchilardan bo‘lib Central Florida universitetida 1973-yilda J.Fenton tomonidan o‘rganilgan.

Yarimo‘tkazgichli elektrolit asosidagi ko‘p qatlamli strukturalardan tashkil topgan batareya elementlarida zaryad tashuvchilarning asosiy parametrlarini elektrolit tuzining konsentrasiyasiga bog‘liqligini Malayziyaning “Malaya” Universiteti professori M.Z.Kufian va uning jamoadoshlari, Li-polimer batareyaning elementlari, elektrolitlarining ion o‘tkazuvchanligini aniqlashgan. Shuningdek, Amerika Qo‘shma Shtatlari Texas universiteti professori John B.Goodenough va yapon olimi Nagoya universiteti professori Akira Yoshino litiy batareyaning katodida kobalt oksididan foydalanib batareyaning samaradorligini deyarli ikki baravar oshirdilar hamda Nobel mukofotiga sazovor bo‘ldilar. Bundan tashqari, Yu.Mihaylovich, N.V.Kosova, O.Andrevna, D.Alexandrov(Rossiya)lar tomonidan tajriba tadqiqotlari olib borilmoqda.

O‘zbekistonlik mashhur akademiklar: S.Z. Zaynabidinov, M. Boxadixanov, a R.A.Muminov va G.Gulyamovlarning ilmiy maktablarida muqobil energiya manbaalari samaradorligini oshirish borasida ko‘plab ilmiy ishlar amalga oshirilgan. Respublikimizda hozirgi kunga qadar tarkibida yarimo‘tkazgich xususiyatiga ega TiO₂ bo‘lgan Li-polimer batareyalarining elektrofizik xususiyatlari, ishlash prinsipi va tayyorlash texnologiyasi bo‘yicha ilmiy izlanishlar olib borilmagan.

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilayotgan oliy ta’lim muassasasi ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Malayziyaning “Malaya” universiteti va Namangan muhandislik-texnologiya instituti o‘rtasidagi hamkorlik shartnomasiga asosan Malayziyaning “Malaya” universiteti Ion markazi ilmiy-tadqiqot markazi rejasining (No. FG0321-21AFR) va (FRGS 0542020A) raqamli ilmiy tadqiqot loyihalari doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi tarkibida yarimo‘tkazgich hususiyatiga ega TiO₂ bo‘lgan elektrolitli Li-polimer batareyalarini elektrofizik parametrlarini o‘rganish,

O'zbekistonda ishlab chiqarish texnologiyasini yaratish hamda polimer elektrolitdagi zaryad tashuvchilarning elektrofizik parametrlarini temperaturaga bog'liqligini tadqiq qilishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

tarkibida yarimo'tkazgich hususiyatiga ega TiO_2 bo'lgan elektrolitli Li-polimer batareya elementlarining yangi, optimal tarkibiy tuzilmalarini yaratish va tadqiq qilish;

tarkibida yarimo'tkazgich hususiyatiga ega TiO_2 bo'lgan Li-polimer batareyalarining elektrolitlaridagi zaryad tashuvchilarning elektrofizik parametrlarini, hamda ularni haroratga bog'lanishini tadqiq qilish;

Li-polimer batareyalarining elektroliti tarkibiga TiO_2 kiritilganda zaryadlanish hamda zaryadsizlanishdagi ishlash kuchlanishini tadqiq qilish;

tarkibida yarimo'tkazgich hususiyatiga ega TiO_2 bo'lgan Li-polimer batareyaning zaryadlanish, zaryadsizlanish sikllarida sig'im o'zgarishini tadqiq qilish.

Tadqiqot ob'yekti sifatida Li-polimer batareya elementlari; TiO_2 ; qattiq polimer elektrolitlar; polimetilmetakrilat, etilen korbonat, litiy trifilumetansulfonat, titan ikki oksidi, magniy trifulinmetan sulfonat, tetragidrofuran, aktiv material, Poli (viniliden ftorid) olingan.

Tadqiqotning predmeti. Litiy trifilumetansulfonat va TiO_2 kiritilgan elektrolitdan tashkil topgan Li-polimer batareya elementlarining elektrofizik xarakteristikalari, ularni tayyorlash texnologiyalari, hamda optimallashtirish usullaridan iborat.

Tadqiqotning usullari. Dissertasiyada tarkibida yarimo'tkazgich hususiyatiga ega TiO_2 bo'lgan Li-polimer batareyani elektrolitlardagi zaryad tashuvchilarini elektrofizik parametrlarini aniqlashda elektrokimyoviy impedans spektroskopiya usulidan, volt-ampere harakteristikasi, siklik voltmetriya, zaryad tashuvchilar ulushi, zaryadlash hamda zaryadsizlashini o'lchash kabi usullardan foydalanildi.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

ilk bor yarimo'tkazgich hususiyatiga ega TiO_2 asosli Li-polimer batareya uchun elektrolitni yangi turlarini tayyorlash texnologiyasi ishlab chiqilgan va Li-polimer batareyaning elektrolitini ion o'tkazuvchanligi σ , zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasi n , harakatchanligi μ , diffuziya koeffitsienti D aniqlangan;

ilk bor polimetilmetakrilat polimer asosli tarkibida litiy trifilumetansulfonat hamda yarimo'tkazgich hususiyatiga ega TiO_2 bo'lgan Li-polimer batareyani Respublikamizning iqlim sharoitida foydalanish maqsadida, haroratning $-30 \div 100^\circ C$ intervalida elektrolitlarning turg'un holatda ishlashi aniqlangan;

ilk bor tarkibida yarimo'tkazgich hususiyatiga ega TiO_2 bo'lgan Li-polimer batareyaning elektrolit tarkibidagi tuzning konsentratsiyasi o'zgarishi bilan erkin ionlar konsentratsiyasi 100 marta, diffuziya koeffitsienti 10 marta hamda samaradorligi sezilarli darajada o'zgarishi aniqlandi, batareyaning sig'imi, zaryadlanish hamda zaryadsizlanishda 70% o'zgarishi aniqlangan;

yarimo'tkazgich hususiyatiga ega TiO_2 asosli tarkibida litiy trifilumetansulfonat hamda TiO_2 tuzlari bo'lgan Li-polimer batareyaning 50 siklda

stabil ishlash rejimi aniqlandi hamda batareya elementlari: katod, anod hamda elektrolitlarni tayyorlashning texnologik sxemalari ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

li-polimer batareyaning tarkibida yarimo'tkazgich xususiyatiga ega TiO_2 bo'lgan elektrolitlarini hamda katodni tayyorlashning texnologik sxemasi yaratilgan, shuningdek elektrolit O'zbekiston iqlimiga moslashtirilgan;

tarkibida litiy trifilumetansulfonat, TiO_2 bo'lgan materialdan Li-polimer batareyalarida elektrolit sifatida foydalanib, Li-polimer batareyasini ishlash kuchlanishi va sig'imi aniqlangan;

elektrolit tarkibida litiy trifilumetansulfonat hamda turli hil konsentratsiyada TiO_2 yarimo'tkazgich bo'lgan Li-polimer batareyaning zaryadlanish hamda zaryadsizlanish sikli o'rganilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchligi: tajriba qismlari hozirda dunyoning top 100 taligiga kiruvchi Malaya universitetda olib borilgan hamda dunyo olimlari tomonidan eng ishonchli deb tan olingan Elektrokimyoviy impedans spektroskopiyasi, CV, LSV metodlaridan va matematik statistika usullaridan foydalanilgan hamda adabiyotlarda mavjud natijalar va tajribadan olingan qiymatlar bir-biriga mosligi bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati tarkibida yarimo'tkazgich xususiyatiga ega TiO_2 bo'lgan elektrolit asosli Li-polimer batareyaning bir nechta qatlamlari ya'ni batareya elementlarini elektrofizik xususiyatlari va batareyaning zaryadlanish-zaryadsizlanish sikli va ishlash kuchlanishi samaradorligini oshirishning imkonlarini ko'rsatishdan iborat.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati tannarxi arzon, ishlab chiqarish texnologiyasi sodda va tarkibida yarimo'tkazgich xususiyatiga ega TiO_2 bo'lgan elektrolit asosli Li-polimer batareya elementlarini tayyorlash texnologiyasini amaliyotga tadbiiq etish hamda O'zbekistonning iqlim sharoitiga moslashtirish, mahalliyashtirish mumkinligini ko'rsatishdan iborat.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Tarkibida yarimo'tkazgich xususiyatiga ega TiO_2 bo'lgan elektrolit asosli Li-polimer batareyalari elektrolitlarining elektrofizik xarakteristikalarini va ularni tayyorlash texnologiyasi hamda batareyaning zaryadlanish-zaryadsizlanish sikli, ishlash kuchlanishi, sig'imini tadqiq qilishda olingan ilmiy natijalar asosida:

elektrokimyoviy impedans spektroskopiya usulidan yarimo'tkazgichli elektrolitlar, kondensatlangan tuzlar, ion o'tkazuvchi polimerlar va batareyaning ishlash kuchlanishi va ulardagi zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi, harakatchanligi hamda diffuziya koeffitsiyentni hisoblash «Foton» aksiyadorlik jamiyatida quyosh elementlarining batareya namunalari ishlab chiqishda foydalanilgan («O'zeltexsanoat» aksiyadorlik kompaniyasining 2023-yil 21-iyuldagi 04-3/922 son ma'lumotnomasi). Ilmiy natijalardan foydalanish Li-polimer batareyalarini ishlab chiqarish imkonini bergan;

yarimo'tkazgich hossasiga ega bo'lgan elektroliti tarkibida polimetilmetakrilat asosli polimer etilin karbonat hamda litiy trifilumetansulfonat tuzlari, TiO_2 bo'lgan elementlarining aniqlangan elektrofizik xususiyatlarini TiO_2 konsentratsiyasiga va

temperaturaga bog'liqligi "EXTRA PRIMER BAT" MCHJ da qattiq polimer elektrolit va katodning tayyorlash texnologiyasi hamda umumiy Li-polimer batareyani elektrofizik parametrlari tadqiq etilgan («O'zeltexsanoat» aksiyadorlik kompaniyasining 2023 yil 21 iyuldagi 04-3/922 son ma'lumotnomasi). Ulardan yangi turdagi Li-polimer batareyani yaratish imkonini bergan;

yarimo'tkazgichli Li-polimer batareyalarini elektrofizik parametrlarini elektrokimyoviy impedans spektroskopiya, zaryad tashuvchilar ulishi, chiziqli voltemetriya usullardan foydalanib aniqlash imkonini bergan (Malayziya respublikasining Malaya universiteti 2023-yil 5-oktabrdagi C.I.U.M/05102023 (R) sonli ma'lumotnomasi). Natijada yarimo'tkazgich xossasiga ega TiO₂ elektrolitni ishlash kuchlanishi oshdi, shuningdek Li-polimer batareyaning tayyorlash texnologilarini yaratish imkoniyatiga erishilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 11 ta, jumladan 7 ta xalqaro va 4 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 20 ta ilmiy ish, shulardan 1 ta monografiya, O'zbekiston respublikasi Oliy attestatsiya kommissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 7 ta ilmiy maqola hamda tadqiqot mavzusi bo'yicha 1 ta EHM uchun dasturiy guvohnomalar olingan.

Dissertatsiya hajmi va tuzilishi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 112 betni tashkil etgan.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, mavzu bo'yicha xorijiy ilmiy-tadqiqotlar sharhi va muammoning o'rganilganlik darajasi keltirilgan. Tadqiqot maqsadi, vazifalari, obykti va predmeti tavsiflangan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarining joriy qilinishi, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar berilgan.

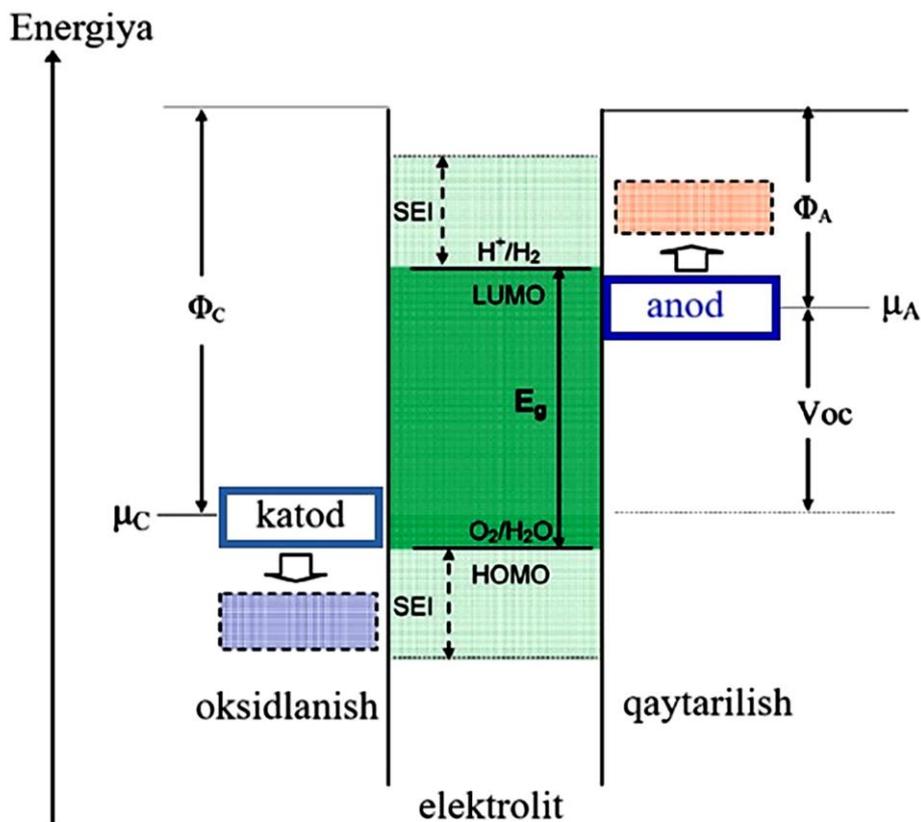
Dissertatsiyaning «**Li-polimer batareyalari turlari**» deb nomlangan birinchi bobida mavzu bo'yicha adabiyotlarda keltirilgan natijalar tahlil qilingan.

Yarimo'tkazgichli polimer elektrolit asosli Li-polimer batareya elementlari an'anaviy batareya elementlaridan tubdan farq qilib, ushbu bobda shu turdagi batareya elementlarini tuzilishi, tayyorlash texnologiyalari hamda gel, kompozit, qattiq polimer elektrolitlar haqida tajribalar to'plangan. Polimer elektrolitlardan tashkil topgan batareyaning ishlash kuchlanishi o'rganilgan. Li-polimer batareyalarida elektrokimyoviy reaksiyalar jarayoni o'rganilgan. An'anaviy Li-ion batareyalari litiy/grafit anod, hamda Li/metal oksidli katoddan iborat. An'anaviy Li-polimer batareyalari va Li-polimer batareyalarida kechuvchi elektrokimyoviy

jarayonlar bir-biridan farq qilmaydi va u metal oksidi turiga bog'liq bo'lib, odatda katod LiCoO_2 bo'ladi.

Li-polimer batareyaning zaryadlanish hamda zaryadsizlanishida sig'imni o'zgarishi va ularning jarayoni bilan bir qatorda materiallarning ayrim fizik parametrlari ham dunyo olimlari tomonidan o'rganilgan bo'lib, ushbu ishlarning tahlili keltirilgan. Tadqiqotimizning asosiy obyekti bo'lgan TiO_2 ni boshqa turdagi yarimo'tkazgichlardan afzalliklari hamda kamchiliklari tadqiq etilgan.

Li-polimer batareyalarida katod, anod hamda elektrolitning energetik diagrammasi 1-rasmda ko'rsatilgan.



1-rasm. Li-polimer batareyani energetik diagrammasi

Bulardan kelib chiqqan holda dissertatsiya ishining maqsad va vazifalari belgilangan.

Dissertatsiya ishining “**Li-polimer batareyalarini tayyorlashda ishlatiladigan materiallar va ularni tayyorlash texnologiyasi**” deb nomlangan ikkinchi bobida samaradorligi eng yuqori deb hisoblanib kelayotgan yarimo'tkazgich xossasiga ega TiO_2 asosli Li-polimer batareyasining katod va elektrolitni tayyorlashda ishlatiladigan materiallarning turlari va ularni ishlab chiqariladigan firmalar nomlari haqida ma'lumotlar berilgan.

Bundan tashqari, qattiq polimer elektrolitlarning zaryad tashuvchilarini diffuziya koeffitsiyenti, harakatchanligi hamda konsentratsiyasini aniqlash uchun elektrokimyoviy impedans usulidan foydalanish mumkin ekanligi hamda tajriba natijalarini elektrokimyoviy impedans spektroskopiyasi grafigidan foydalanib nazariy hisob-kitoblar bilan solishtirish mumkinligi ko'rsatilgan. Elektrolitning

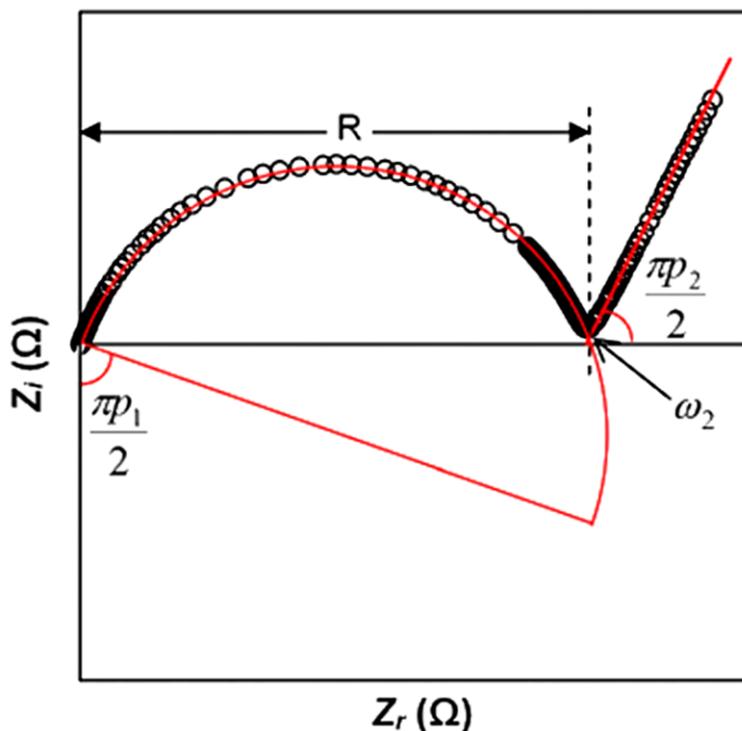
elektrokimyoviy impedans spektroskopiyasi usulida olingan natijalar grafigi 2-rasmda tasvirlangan.

Ma'lumki, elektrolitning qarshiligi impedansining haqiqiy va mavhum qismlari quyidagi formulalar orqali ifodalanadi:

$$Z_r = \frac{\cos\left(\frac{\pi p}{2}\right)}{k^{-1}\omega^p} \quad (1)$$

va

$$Z_i = \frac{\sin\left(\frac{\pi p}{2}\right)}{k^{-1}\omega^p} \quad (2)$$



2-rasm. Elektrolitning elektrokimyoviy impedans spektroskopiyasi grafigi.

Bu yerda Z_r va Z_i mos ravishda impedansning haqiqiy va mavhum qismlari, ω chastota, bu ifodalardagi p , 2-rasmdan aniqlanadi, ya'ni $p = \frac{2tg\alpha}{\pi}$. Impedansning haqiqiy qismi aktiv qarshilikka teng bo'ladi, ya'ni $Z_r = R$, bu kattalikni elektrolitning elektrokimyoviy impedans spektroskopiyasi grafigidan foydalanib aniqlanadi. k -esa elektrolitning elektr sig'imga teskari kattalik bo'lib, u

$$C = k^{-1} = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 S}{d} \quad (3)$$

formuladan aniqlanadi. Bu formuladagi ϵ_r – elektrolitning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi, ϵ_0 – elektr doimiysi, S – elektrolit va kontakt chegaralarini yuzasi, d – elektrolit qatlamining qalinligi. Namunaning ion o'tkazuvchanligi σ quyidagi formula yordamida hisoblandi:

$$\sigma = \frac{l}{RS} \quad (4)$$

bu yerda l – elektrolit qalinligi, R – elektrolitning aktiv qarshiligi, S – elektrolit yuzasi.

Elektrolitdagi erkin ionlarning diffuziya koeffitsiyenti D , harakatchanligi μ , hamda konsentratsiya n quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$D = \frac{d^2}{\tau} \quad (5)$$

Bu yerda $\tau = \frac{1}{\omega}$; ω – chastota bo‘lib, u Z_i ning eng kichik qiymatiga mos keladi. (9) formuladan

$$d = k\varepsilon_r\varepsilon_0S \quad (6)$$

ekanligini bilgan holda (5) va (6) dan foydalanib diffuziya koeffitsiyenti ifodasini keltirib chiqarish mumkin:

$$D = \frac{(k\varepsilon_r\varepsilon_0S)^2}{\tau} \quad (7)$$

zaryad tashuvchilarning harakatchanligi μ Nernst-Eynshteyn formulasiga asosan quyidagicha ifodalanadi:

$$\mu = \frac{eD}{k_bT} \quad (8)$$

bu yerda k_b – Bolsman doimiysi, T – absolyut temperatura, e – elektron zaryadi.

(7) va (8) ifodalardan zaryad tashuvchilarning harakatchanligini hisoblash uchun quyidagini hosil qilishimiz mumkin:

$$\mu = \frac{e(k\varepsilon_r\varepsilon_0S)^2}{k_bT\tau} \quad (9)$$

elektrolitning ion o‘tkazuvchanligi

$$\sigma = n\mu e \quad (10)$$

formula yordamida aniqlanadi. Zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasi n ni yuqoridagi (9) va (10) formulalardan foydalanib quyidagicha ifodalashimiz mumkin:

$$n = \frac{\sigma k_bT\tau}{(ek\varepsilon_r\varepsilon_0S)^2} \quad (11)$$

Yuqoridagi (7), (9) va (11) ifodalardan foydalanib elektrolitning zaryad tashuvchilari diffuziya koeffitsiyenti, harakatchanligi hamda konsentratsiyasini aniqlanadi.

Impedans o‘lchovlari odatda (i) tushkun yarim doira, (II) egilgan yoki (III) egilgan tushkun yarim doiradan iborat bo‘lishi mumkin bo‘lgan Nyquist chizmalarini hosil qiladi.

Demak, Nyquist ploti haqiqiy va mavhum qismlari chala yarim doira va egilgan chiziqdan iborat tenglamalar bo‘yicha:

$$Z_r = \frac{R + R^2 k_1^{-1} \omega^{p_1} \cos \frac{\pi p_1}{2}}{1 + 2Rk_1^{-1} \omega^{p_1} \cos(\frac{\pi p_1}{2}) + R^2 k_1^{-2} \omega^{2p_1}} + \frac{\cos \frac{\pi p_2}{2}}{k_2^{-1} \omega^{p_2}} \quad (12)$$

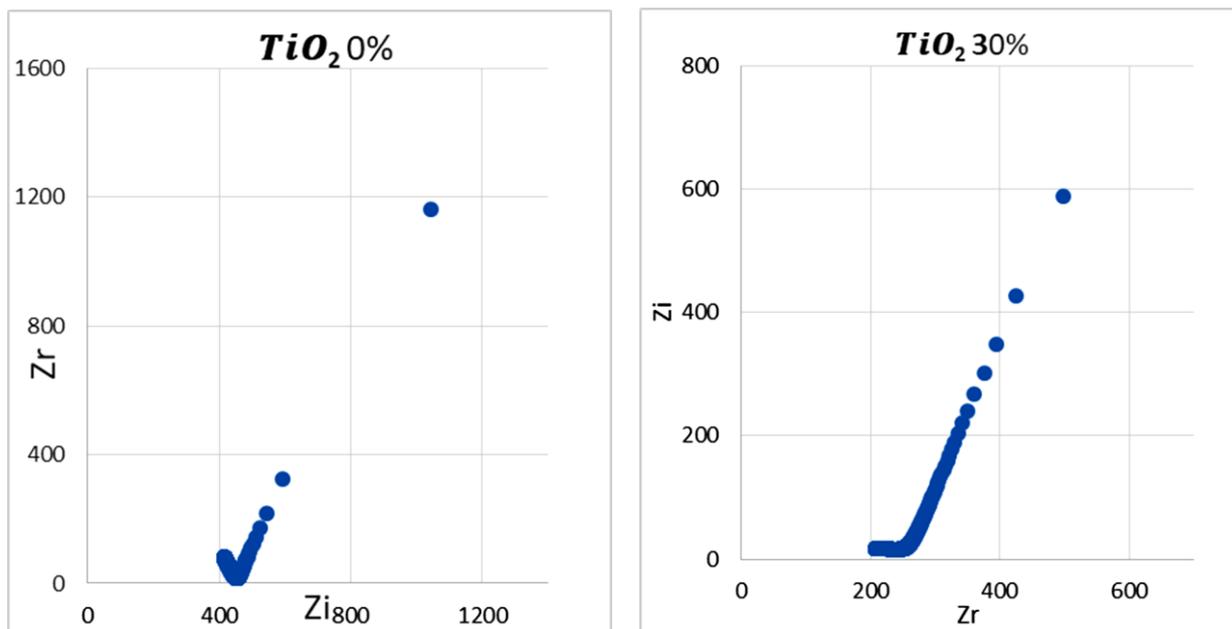
$$Z_i = \frac{R^2 k_1^{-1} \omega^{p_1} \sin \frac{\pi p_1}{2}}{1 + 2Rk_1^{-1} \omega^{p_1} \cos(\frac{\pi p_1}{2}) + R^2 k_1^{-2} \omega^{2p_1}} + \frac{\sin \frac{\pi p_2}{2}}{k_2^{-1} \omega^{p_2}} \quad (13)$$

Bu yerda k va k^{-1} bir biriga qarama-qarshi kattalik, k_1^{-1} - polimer elektrolitning sig‘imi, k_2^{-1} – elektrod/elektrolit yuzasida hosil bo‘lgan sig‘im. p_1 - yarim doira hosil qilgan burchak, p_2 – to‘g‘ri chiziqni gorizontga hosil qilgan burchagi.

Yarimo‘tkazgichli elektrolitning ion zaryad tashuvchilarning ulushi, kationik zaryad tashuvchilarni ulushi, chizikli voltemetriya metodi, haqida batafsil to‘xtalib o‘tilgan.

Dissertatsiyani “Yarimo‘tkazgich hossasiga ega TiO_2 asosli elektrolitlarda zaryad tashuvchilarning transporti” deb nomlangan uchinchi bobida TiO_2 0%, TiO_2 30% yarimo‘tkazgichli polimer elektrolitlarning impedans spektroskopiya grafigi tajribada olindi hamda TiO_2 30% da yuqori ion o‘tkazuvchanlikka ega bo‘lishi aniqlandi.

Xona temperaturasida TiO_2 0%, TiO_2 30% yarimo‘tkazgichli polimer elektrolitlarning impedans spektroskopiya grafigi olingan (3-rasm).



3-rasm. TiO_2 0%, TiO_2 30% qattiq polimer elektrolitlarning impedans spektroskopiya grafigi

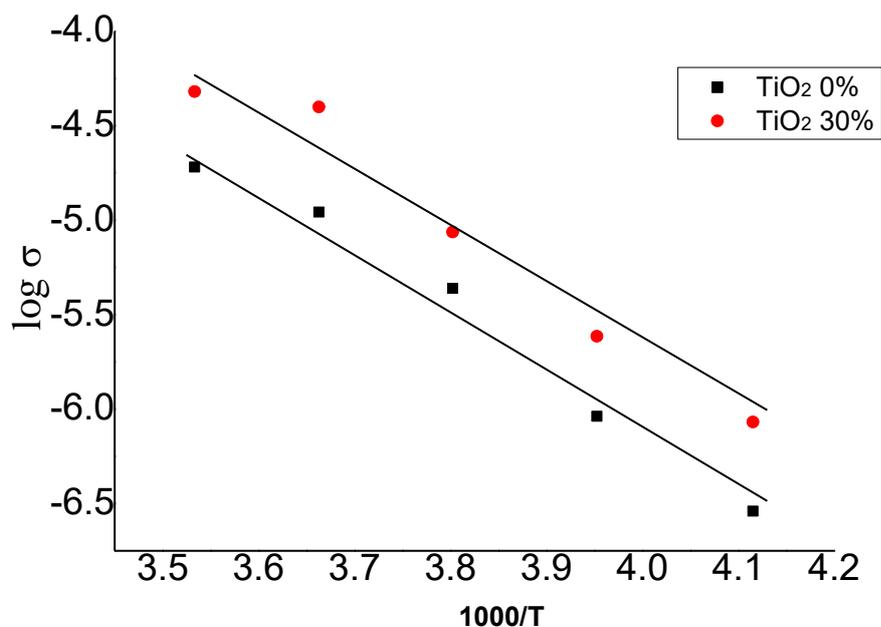
Temperatura ortishi bilan o‘tkazuvchanlikning oshishi yopishqoqlikning pasayishi va shuning uchun zanjirning moslashuvchanligi oshishi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin hamda bu esa faollashish harakterini bildiradi.

Temperatura oshgani sayin, polimer zanjiri tezroq ichki rejimlarga muhtoj bo‘lib, ular ionlarning sakrashini qo‘llab-quvvatlash uchun segmental harakatni keltirib chiqaradi va shu bilan polimer elektrolitlarining o‘tkazuvchanligini oshiradi(4-rasm).

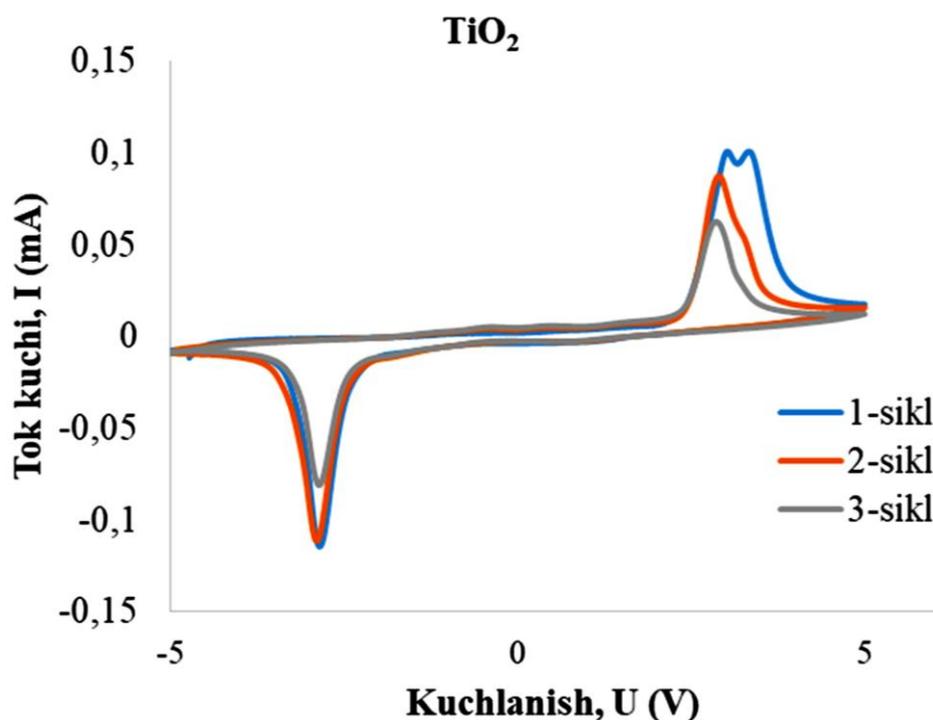
Tajriba olib borishda ion o‘tkazuvchanligi aniq qiymatini olish uchun qayta-qayta bajarildi.

Yarimo‘tkazgich asosli Li-polimer batareyalarining samaradorligi elektrolitlardagi zaryad tashuvchilarning asosiy parametrlariga bog‘liq bo‘lib, bu parametrlar elektrolit ionlarining diffuziya koeffitsiyenti D , harakatchanligi μ , hamda konsentratsiyasi n hisoblanadi va ular mos ravishda 7, 9 va 11 formulalar yordamida ifodalanishini II bobda ko‘rib o‘tdik(1-jadval).

Bizga ma‘lumki siklik voltemetriya u elektr potensialini skanerlaydi va yakuniy potensialga erishgandan so‘ng teskari yo‘nalishga o‘zgaradi va dastlabki potensialga qaytadi.



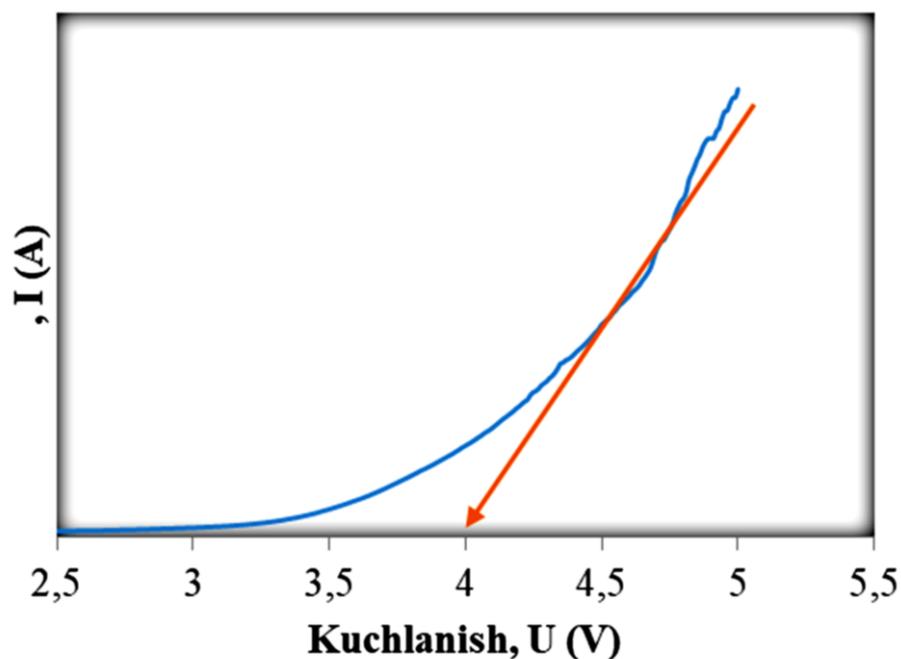
4-rasm. TiO_2 0% va TiO_2 30% namunalarning quyi temperaturalarda ion o‘tkazuvchanligining temperaturaga bog‘lanishi



5-rasm. Tarkibida TiO_2 bo‘lgan elektrolitning siklik voltmetriya grafigi

Yarimo‘tkazgichli elektrolitlarning elektrokimyoviy barqarorligi, batareya tizimidagi ish jarayonida kuchlanishiga chidash bera oladigan elektrolitlar uchun buzilish kuchlanishini o‘lchash uchun LSVsi bilan tekshirildi. Chiziqli voltmetriyada 0 dan 5 V gacha kuchlanish berildi, o‘zgarish tezligi $1 \frac{mV}{s}$ ga teng bo‘ldi. Birinchi namuna $SS/SPE/Li$ ketma-ketlikda TiO_2 0% namuna kuchlanishida

2.5 V dan 4 V gacha kichik tok oqimini o'tkazgan hamda 4 V kuchlanishdan so'ng tok oqimining qiymati keskin ortishi kuzatildi.



6-rasm. TiO_2 0% ning VAX tavsifnomasi

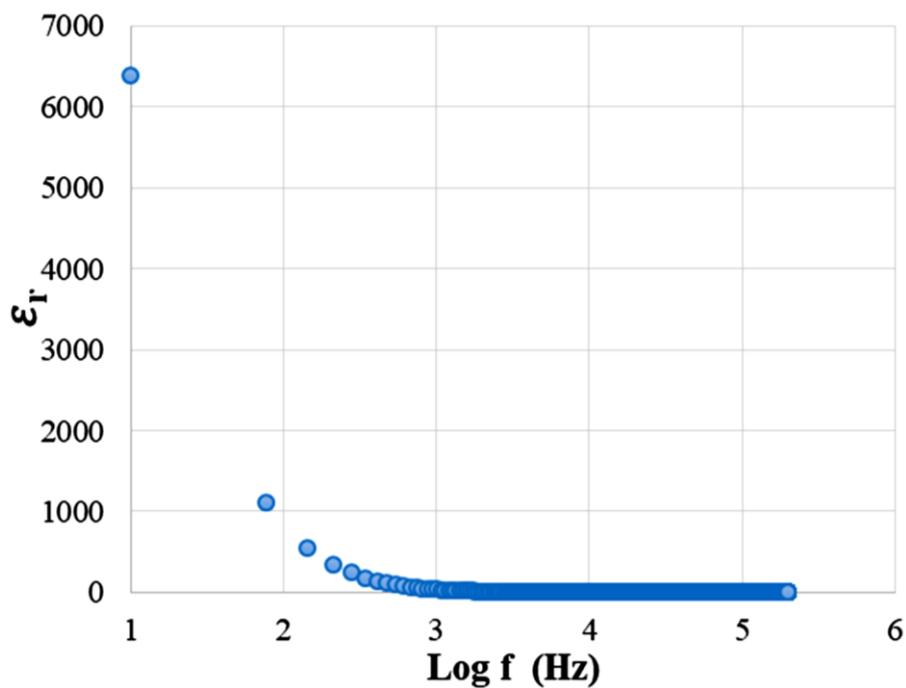
1- jadval.

0.75 gr LiTf , MgTf_2 tuzlari bo'lgan qattiq polimer elektrolitning zaryad tashuvchilarning asosiy parametrlari

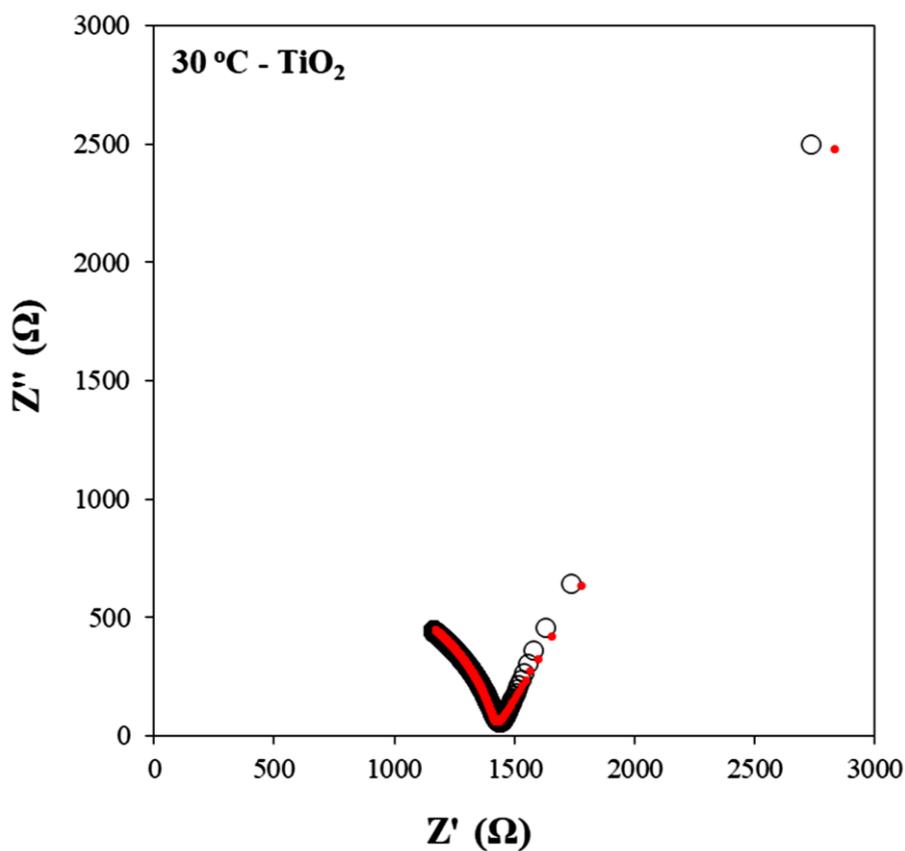
Namuna	Temperatura (°C)	$D (\times 10^{-8} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1})$	$\mu (\times 10^{-6} \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-2})$	$n (\times 10^{20} \text{ cm}^{-3})$
PMMA-LiTf-EC	30	0.245	0.094	4.08
	40	0.278	0.10	6.01
	50	1.73	0.62	2.37
PMMA- MgTf_2 -EC	30	3.52	1.35	8.04
	40	5.36	1.99	5.46
	50	20.40	7.33	1.48

Shuni aytish kerakki Li-polimer batareyalarining erkin zaryad tashuvchilarini transportlik xossasi yarimo'tkazgichli polimer elektrolitning qovushqoqligiga va uning dielektrik singduruvchanligiga uzviy bog'liq hisoblanadi. Biz ushbu bobda elektrolitning dielektrik singdiruvchanligini temperaturaga va kirish signali chastotasiga bog'liqligini ham o'rgandik. TiO_2 elektrolitning namunasining dielektrik sindiruvchanligini chastotaga bog'liqligini xona haroratida ko'rib chiqildi (7-rasm).

Yarimo'tkazgichli polimer elektrolitning aktiv va reaktiv qarshiliklarini tajribadagi hamda nazariy hisoblashdagi qiymatlari taqqoslab ko'rilganda bir-biriga mos tushishi kuzatildi(8-rasm).



7-rasm. Xona temperaturasida tarkibida 0.75 gr TiO₂ 30% elektrolitning dielektrik singdiruvchanligining kirish signali chastotasiga bog'liqligi.



8-rasm. Qattiq polimer elektrolitning aktiv va reaktiv qarshiliklarini tajribadagi (o) hamda nazariy hisoblash (•) dagi qiymatlari.

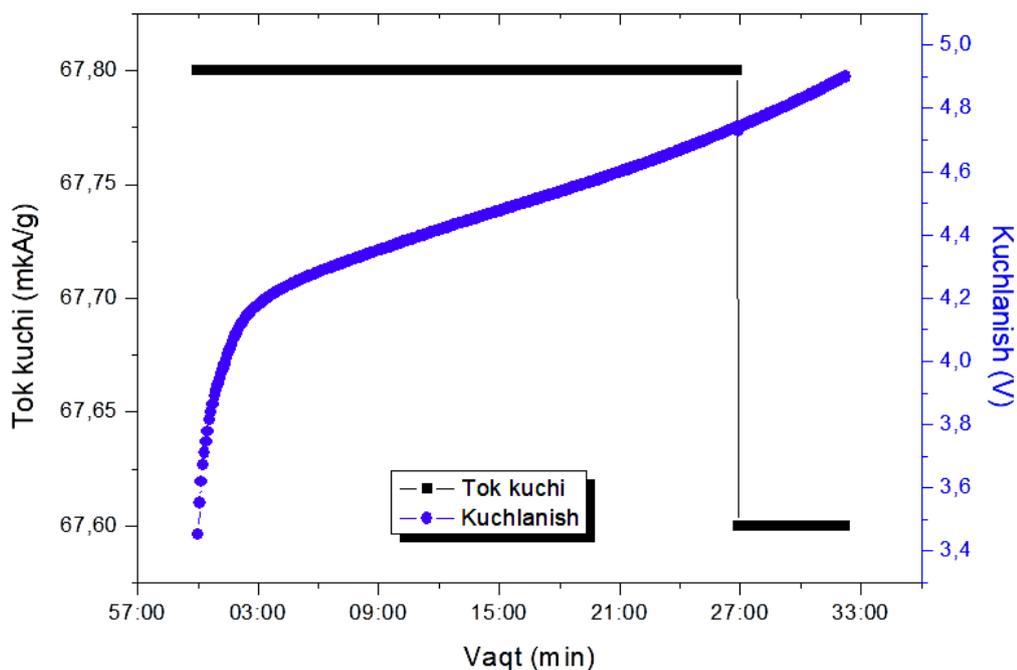
Yarimo'tkazgichli elektrolit asosli Li-polimer batareyalarini elektrofizik parametrlarini o'rganish uchun BTS 4000 qurilmasidan foydalaniladi. Tajribada biz ikki xil batareyaning ishlash kuchlanishi, sig'imni vaqtga bog'liqlik karakteristikasini o'rgandik. Bu namunalarning farqi elektrolitlardagi TiO₂ miqdorlari turlicha. Birinchi namunamiz og'irligining 30% ni o'z ichiga olgan TiO₂ elektrolitimiz, anod uchun Litiy folgasi, katod uchun esa litiy marganes oksidi (LiMn₂O₄) dan foydalangan holda ishlab chiqarilgan. LiMn₂O₄ ning boshqa katod materiallardan ustunligi sababli katod materiali sifatida tanlab olindi.

Tarkibida TiO₂ bo'lmagan batareyani zaryadlash uchun bir siklda 3V dan 4,9 V gacha kuchlanish berildi, buning natijasida tok kuchi qiymati kuchlanish berilgandan boshlab 1610 sekundgacha 67,8 mA tok kuchi qiymatga ega bo'ldi va oxirgi 323 sekundda 67,6 mA qiymatga ega bo'ldi. Vaqt bo'yicha tok kuchi hamda kuchlanish o'zgarishi 9-rasmlarda ko'rsatilgan.

TiO₂30 batareyaning zaryadsizlanishi o'rganildi. 10-siklda zaryadsizlanishida o'zgarish 0.0062 mA tok oqimi hosil bo'ldi hamda zaryadsizlanish uchun 1 soat 32 munit vaqt ketdi. Zaryadsizlanish boshlangan vaqtidagi boshlang'ich kuchlanishi 3.8 V dan boshlandi hamda zaryadsizlanish 3.0 V da tugadi. Zaryadsizlanishda umumiy sig'imi 9.3 mAh/g (9-rasm).

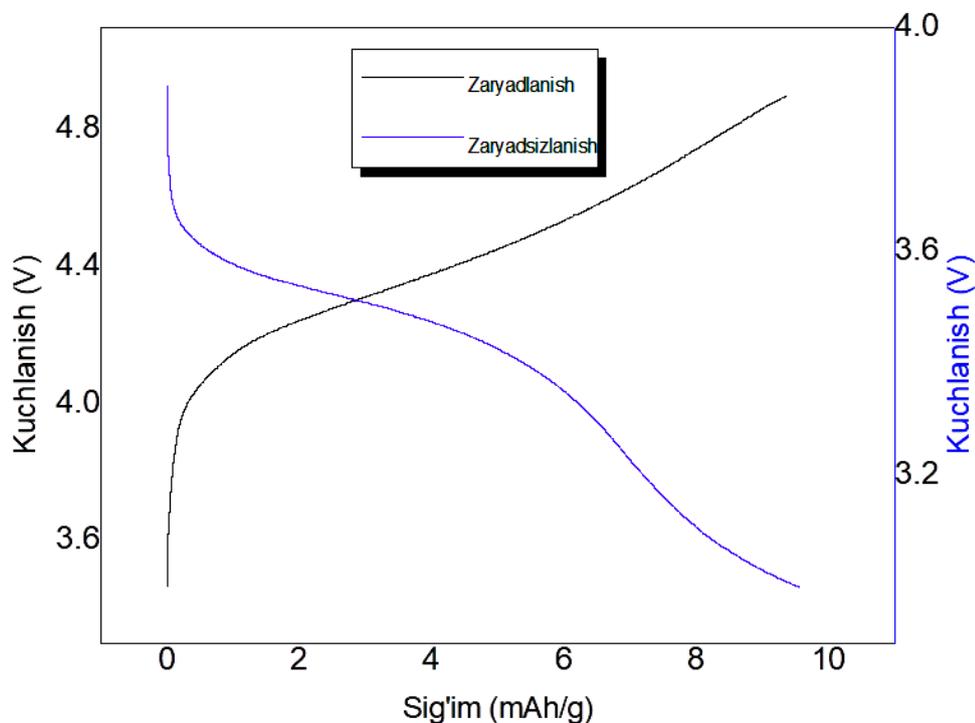
LiPo1 (TiO₂0%) va LiPo2 (TiO₂30%) batareyalarining sikllar davomida zaryadlanish va zaryadsizlanish sig'imlari o'zgarishi taqqoslandi. Qattiq polimer elektrolit asosli Li-polimer batareyalarning zaryadlanish hamda zaryadsizlanish sig'imlari bir xilda kamayib bordi.

LiPO2 (TiO₂30%) batareya 1-siklda zaryadlanishda va zaryadsizlanishda ishlash kuchlanishi ancha stabil qiymatga ega bo'ldi. 10-rasmdan ko'rish mumkinki, zaryadlanish, zaryadsizlanish sig'im qiymatlari bir xil qiymatni qabul qildi. 1-siklda sig'im 34 mA/g ga teng bo'ldi. Boshlang'ich sikllarda sig'im yuqori qiymatlarni qabul qildi, sikllar soni ortishi bilan sig'im sekin-asta kamayib bordi.

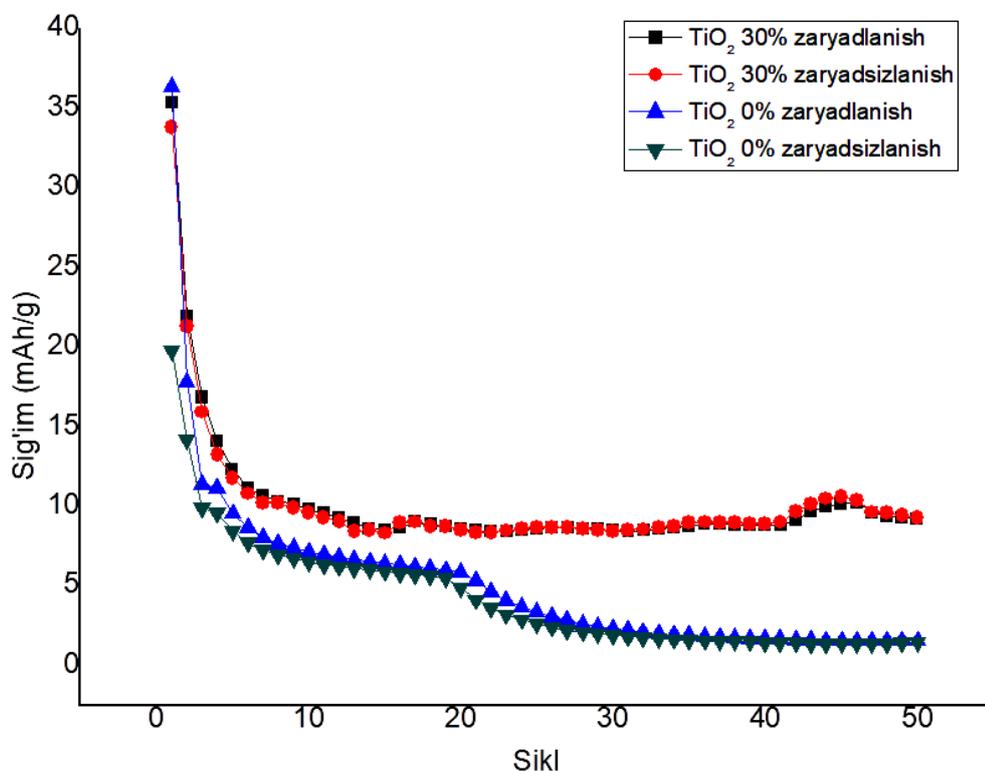


9-rasm. Vaqt bo'yicha tok kuchi hamda kuchlanish o'zgarishi

Qayta zaryadlanish sikli Li-polimer batareyaning tayyorlash texnologiyalari turlicha bo'lganda ularning zaryadlanish va zaryadsizlanishdagi kuchlanishi, yashash vaqti, zaryadlanish sikli, zaryad sig'imi qiymatlari turlicha bo'lishini adabiyotlarda ko'rib chiqdik.



10-rasm. TiO₂ 30% batareyaning zaryadlanish/zaryadsizlanishda ishchi kuchlanishi



11-rasm. LiPo1 va LiPo2 batareyalarining sikllar davomida zaryadlanish va zaryadsizlanish sig'imlari o'zgarishi

11-rasmda 50 sikl davomida zaryadlanish va zaryadsizlanishda sig‘im o‘zgarishini ko‘rishimiz mumkin. Bunda tarkibida TiO₂ bo‘lgan namunamiz zaryadlanishda olgan sig‘imi va zaryadsizlanishdagi sig‘imlari deyarli bir hil bo‘ldi. Bundan ko‘rinib turibdiki TiO₂ qo‘shilganda batareyaning ichki qarshiligi kamayaishini tushunish mumkin.

“Li-polimer batareyalarini tayyorlanish texnologik sxemasi va iqtisodiy samaradorligi” deb nomlangan IV bobda tayyorlash texnologiyasi shuningdek iqtisodiy samaradorligi tushuntirib o‘tilgan.

Ushbu ishning maqsadi – PMMA asosli elektrolitga turli kiritma (LiTf, MgTf₂, TiO₂) kiritib elektrokimyoviy hamda elektrofizik parametrlarini optimal ish rejimini aniqlash.

– LiMn₂O₄ aktiv material asosida Li-polimer batareyaning katod qismini tayyorlab olish.

– Katod va PMMA asosli elektrolit namunalaridan foydalanib Li-polimer batareyasini texnologik jihatdan qulayroq usulini ishlab chiqishdan iborat.

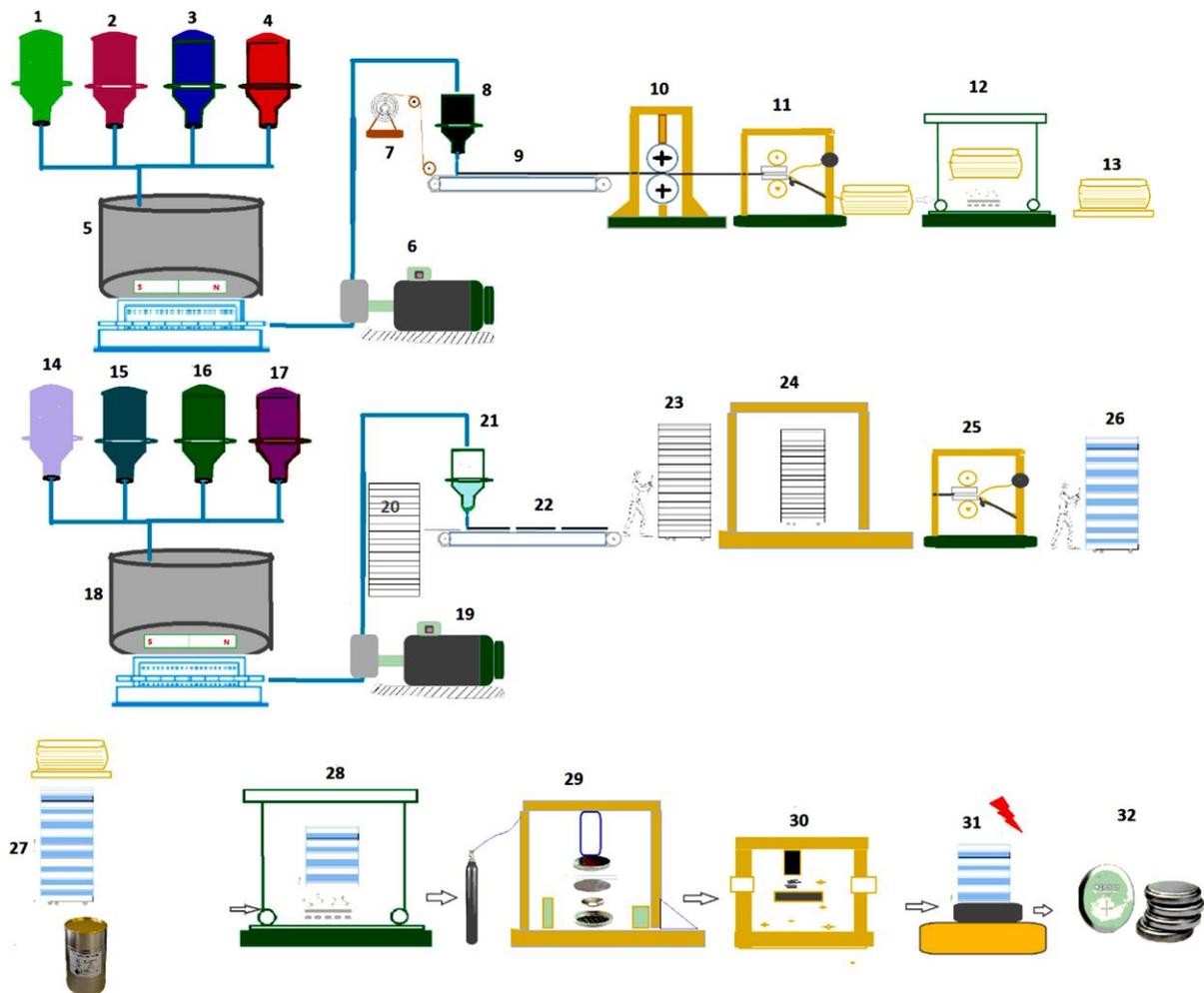
Li-polimer batareyani ishlab chiqarish jarayoni nisbatan arzon, ishlab chiqarish jarayonida atrof-muhitga kamroq chiqindi chiqarishi hamda tayyorlanish texnologiyasi ancha soddaligi bilan boshqa turdagi batareyalaridan farq qiladi.

Li-polimer batareyaning tayyorlash jarayoni quydagi ketma-ketlikda davom etadi. Li-polimer batareyani tayyorlash uchta liniyaga bo‘lingan: 1-liniya katod tayyorlash, 2-linya YPE ni tayyorlash, 3-liniya Li-polimer batareyani yig‘ish.

Birinchi linya: Batareyaning katod qismini tayyorlash: Dastlab xona haroratida umumiy aralashmaning 10% li PVdF moddasidan 1-dozator sig‘imdan olinadi va 4-dozator sig‘imdan erituvchilarga teng ulushda NMP erituvchi qo‘shiladi shundan so‘ng 5-magnit aralashtirgich yordamida aralashtiriladi. PVdF eritib olingandan so‘ng 2-dozator sig‘imdan 80 % ulushda LiMn₂O₄ olinib 5-magnit aralashtirgich yordamida 2 soat yordamida aralashtiriladi. Bir jinsli holatga kelgan eritmaga 3-dozator sig‘imdan 10% li grafit qo‘shiladi 24 soat davomida xona haroratida 5-magnit aralashtirgich yordamida aralashtiriladi. Eritmani 5-magnit aralashtirgichdan 6-nasos yordamida 8-dozator sig‘imga olib chiqiladi. 7-alyuminiy rulon ustiga 8-dozator sig‘imdan chiqayotgan eritma 9-aylanma lentalar ustida surtiladi. 10-maxsus presslagich yordamida presslanadi. Presslanib olgandan so‘ng 11-da kesish jaroyoni olib boriladi. 12-vakuimli pech yordamida 80° C temperaturada quritib olinadi. 13-tayyor holga kelgan katod materialimiz.

Ikkinchi linya: YPE ni tayyorlash uchun birinchi 14,15,16-dozator sig‘im idishlardan PMMA (53.3%), EC (26.7%), TiO₂ (30%) ulushlarida olinib 17- dozator sig‘im idishdan THF erituvchilar 18-magnitli aralashtirgich blogiga quyiladi. Magnitli aralashtirgich blogida bir jinsli holga kelguncha aralashtiriladi. 19-nasos ishga tushib magnitli aralashtirgich blogidan 21-dozator sig‘imga olib chiqib beradi. 20-shisha patnisli idishlar ustiga 21-kichik dozator sig‘imdagi suyuq elektrolit quyiladi va 22-aylanma lenta yordamida harakatlantirib. Suyuq elektrolitni 25-desikator idishda o‘rtacha 24 soat davomida quritiladi. Qattiq holga kelgan elektrolitimizni 26-keskich yordamida kesib olinadi. 27- qattiq polimer elektrolitimiz tayyor holatda.

Uchinchi linya: Li-polimer batareyamizni yig'ish jarayoni ketadi. 28-tayyor holdagi katod, YPE, musbat va manfiy tutgichlar, maxsus halqa, kontaktlarni 29-vakuumli pechta 2 soat davomida qizdiriladi. 30-Lab 2000 qurilmasida sendvich usulida yig'ilganidan so'ng 31-maxsus presslagich yordamida preslanadi. 32-Neware zaryadlagichiga zaryadlash uchun qo'yiladi. 33- foydalanish uchun tayyor holga kelgan YPE asosli Li-polimer batareyasi.



12-rasm. Li-polimer batareyaning texnologik sxemasi.

1,2,3,4,14,15,16,17-dozator sig'implar; 5,18-magnitli arastitgich blogi; 6,19-nasoslar; 7-alyuminiy folga ruloni; 8,21-kichik dozator si'gimlar; 9,22-aylanma lentalar; 10-ma'lum bosim ostida presslagich; 11,26- kesgichlar; 12,29-vakuumli pechlar; 13-tayyor katod; 20-shisha patsinli idishlar; 24-shisha patnisli sig'implar; 25-desikator idish; 27-tayyor holda qattiq polmer elektrolit; 28-tayyor holdagi (katod, YPE, musbat va manfiy tutgichlar, masus halqa, kontakt); 29- Lab 2000 qurilmasi; 30-preslagich; 31-Neware zaryadlagichi; 32- tayyor holdagi Li-polimer batareyasi.

YPE asosli Li-polimer batareyamizi ishab chiqarish joyiga musbat va manfiy tutgich, maxsus halqa, kontaktlar tayyor holda Sigma Aldrich firmasidan sotib olinadi.

CR 2032 modeli batareyamiz manashu tartibda tayyorlanadi. CR 2032 modeli batareyamiz gadjet qurilmalarida ishlatish mumkin. Ishlash kuchlanishi 3 V ga teng.

Elektrolitning asosi PMMA bo‘lganligi uchun portlash hafi kamayadi hamda yuqori haroratda ishlashi ham kuzatiladi.

Yarimo‘tkazgichli polimer elektrolit asosli Li-polimer batareyani CR 2032 modelda 1000 dona ishlab chiqarish uchun xomashyo narxi hisoblandi. Asosiy mablag‘lar elektrolitning LiTf tuziga 107090 so‘m va katodning LiMn₂O₄ aktiv materialiga 27480 so‘m hamda anod uchun foydalanilgan Litiy folgasi 114200 so‘m, shuningdek, eng yirik qismi butlovchi qismlariga 797116 so‘m sarf bo‘lishini 2-jadvalda ko‘rishimiz mumkin.

2-jadval

1000 dona CR2032 Modeldagi batareya ishlab chiqarish uchun homashyo sarfi

Batareya qismlari	Modda va materiallar	Miqdori (gr)	Summasi
YPE	PMMA (Sigma Aldrich AQSH)	38.9623	1400
	EC	19.48115	10260
	TiO ₂	14.62	107090
	THF	648ml	1182
Katod	PvDF	0.58	68
	LiMn ₂ O ₄	4.64	27480
	C ₆	0.58	310
	NMP	5.8 ml	8400
Anod	Litiy folgasi	1000 dona	114200
Qo‘shimcha qismlari	kontakt	1000 donadan	797116
	halqa		
	musbat va manifiy tutgichlar		
Jami summa:			1067506

3-jadval

1000 dona CR 2032 Modeldagi Li-polimer batareyaning tannarxi

Nomlanishi	Narxi (so‘m)
Ishchilar maoshi	2000000
Yagona ijtimoiy to‘lov 15%	300000
Xomashyo narxi	1067506
Qo‘shimcha xarajatlar	700000
Ko‘zda tutilmagan xarajatlar	600000
Foyda 10%	466750
Jami	5134256
QQS 15%	770138.4
Umumiy	5904394.4

Yuqoridagi modda va materiallarning narxlari Sigma Aldrich firmasi tomonidan ishlab chiqarilgan bo‘lib, shuningdek narxlari Sigma Aldrich firmasini <https://www.sigmaaldrich.com> sahifasidan olindi.

3-jadvalda 1000 dona CR 2032 Modeldagi Li-polimer batareyani ishlab chiqish uchun barcha harajatlar hamda foydasi keltirilgan.

XULOSALAR

1. Tarkibida TiO_2 yarimo'tkazgich moddasi bo'lgan Li-polimer batareya elektrolitini tayyorlash texnologiyasi tadqiq etildi.
2. Birinchi marta tarkibida TiO_2 yarimo'tkazgich moddasi bo'lgan YPElarining zaryad tashuvchilari konsentrasiyasi, harakatchanligi, diffuziya koeffitsiyenti va dielektrik singdiruvchanligini elektrolit tarkibidagi TiO_2 miqdoriga bog'liqlik qonuniyatlari aniqlandi.
3. YPE namunalari oksidlanish hamda qaytarilish reaksiyalari vaqtida yaxshi elektrokimyoviy barqarorlikka ega bo'lishi ularni Li-polimer batareyalarda foydalanish mumkinligini ko'rsatdi.
4. Tajribalardan aniqlangan elektrokimyoviy impedans spektrlari, elektrolitlarning dielektrik singdiruvchanligi hamda ularning aktiv va reaktiv qarshiliklari nazariy usulda hisoblangan natijalar bilan mos kelishi kuzatildi.
5. Ilk marotaba tarkibida TiO_2 yarimo'tkazgich moddasi bo'lgan Li-polimer batareyaning 50 sikl davomida stabil ishlashi kuzatildi. Tarkibida TiO_2 yarimo'tkazgich moddasining miqdori 30% bo'lgan Li-polimer batareyaning sig'imini qiymati zaryadlanish hamda zaryadsizlanish jarayonida bir biriga tengligi kuzatildi.
6. Tarkibida LiTf tuzi, TiO_2 yarimo'tkazgich moddasi bo'lgan Li-polimer batareyalarning ishlash kuchlanishi, sig'imi, sikllarda ishlashi o'rganildi. Ion o'tkazuvchanligi eng yuqori bo'lgan elektrolit asosli Li-polimer batareyaning sig'imi ham katta bo'lishi tajribalarda o'z isbotini topdi.
7. Tarkibida TiO_2 tuzi 30% bo'lgan Li-polimer batareyaning zaryadsizlanishdagi ishlash kuchlanishi eng yuqori bo'ldi, hamda 3.9 V ni tashkil etdi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/30.11.2022.FM/T.66.04 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАМАНГАНСКОМ
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

**НАМАНГАНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ**

УКТАМАЛИЕВ БЕКЗОД ИКРОМЖОН УГЛИ

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИТИЙ-ПОЛИМЕРНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ
НА ОСНОВЕ TiO_2 С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ СВОЙСТВАМИ**

01.04.10 – Физика полупроводников

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ФИЗИКО – МАТЕМАТИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Наманган – 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) по физико-математическим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № В2024.2.PhD/Т3832.

Диссертация выполнена в Наманганском инженерно – технологическом институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.nammti.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель: **Маматкаримов Одилжон Охундадаевич**
доктор физико – математических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Оноркулов Каримберди Эгамбердиевич**
доктор физико – математических наук, профессор
Алиджанов Даниёр Дилшодович
кандидат физико – математических наук, доцент

Ведущая организация: **Ургенчский государственный университет**

Защита диссертации состоится «2» 11 2024 года в 12⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.03/30.11.2022.FM/Т.66.04 при Наманганском инженерно – технологическом институте по адресу: 160115, г. Наманган, ул. Касансайская 7, Административное здание Наманганского инженерно – технологического института, 3-здания, 2-этаж, малый зал совещаний, Тел./факс: (99869) 225-10-07; (99869) 225-76-75, e-mail: niei_info@edu.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Наманганского инженерно – технологического института (зарегистрирована за №) по адресу: 160115, г. Наманган, ул. Касансайская -7, Тел./факс: (99869) 225-10-07; (99869) 225-76-75.

Автореферат диссертации разослан « » 2024 г.
(протокол рассылки № от « » 2024 г.)

У.И.Эркабоев

Председатель Научного совета
по присуждению ученых
степеней, д.ф-м.н., профессор

А.А. Абдукаримов

Ученый секретарь Научного
совета по присуждению ученых
степеней, PhD., доцент

Н.Ю. Шарibaев

Председатель научного семинара
при Научном совете по
присуждению ученых степеней,
д.ф-м.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Наряду с проблемой электроэнергетики в современном мире актуальным вопросом является и ее сохранение. Сегодня используется множество портативных мобильных устройств, и уровень использования таких устройств быстро растет. Ассортимент устройств этого типа пополняется устройствами хранения энергии – аккумуляторами. Однако из-за ограниченных электрофизических параметров, загрязнения окружающей среды и высокого риска возгорания особое место в энергообеспечении занимают экологически чистые и безопасные аккумуляторные батареи, особенно литий-полимерные. В связи с этим актуально создание литий-полимерных аккумуляторов, особенно литий-полимерных аккумуляторов, состоящих из простых структур на основе электролита, содержащего полупроводники.

В мире проводятся научные исследования литий-полимерных аккумуляторов на основе твердого полимерного электролита с использованием полупроводниковых материалов, а также технологии их изготовления, создания оптимальных вариантов аккумуляторов. В этом направлении, среди прочего, приоритетным считается исследование рабочего напряжения, цикла заряда и разряда аккумуляторов с TiO_2 в электролитной части полупроводниковых литий-полимерных аккумуляторов. В то же время актуальной задачей считается улучшение режима работы литий-полимерных аккумуляторов с использованием тонкопленочного полупроводникового электролита.

В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определены задачи стимулирования научных исследований и инновационной деятельности, внедрения энергосберегающих технологий в производство, расширения использования электромобилей. В связи с этим актуальна разработка эффективных аккумуляторных элементов на основе дешевых и качественных материалов, обоснование электрофизических характеристик литий-полимерных аккумуляторных элементов и их зависимости от состава электролита. В нашей стране принимаются комплексные меры по совершенствованию науки и ее дальнейшему внедрению и достигаются определенные результаты. В новой стратегии развития Узбекистана на период 2022-2026 годов, в частности, поставлены важные задачи по «непрерывному обеспечению экономики электроэнергией и активному внедрению технологий «Зеленой экономики» во всех отраслях, повышению энергоэффективности экономики на 20%¹». В реализации этих задач, в том числе по производству и хранению экологически чистой «Зеленой энергии», сегодня большое значение имеет исследование свойств накопителей энергии.

УП-4779 Президента Республики Узбекистан от 10 июля 2020 года «О дополнительных мерах по повышению энергоэффективности экономики и

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года №ПФ-60 «О новой стратегии развития Узбекистана на 2022-2026 годы»

снижению зависимости отраслей экономики от продукции топливно-энергетического комплекса путем привлечения имеющихся ресурсов» и УП-4779 19 марта 2021 г. Постановления № 5032 «О мерах по повышению качества образования в области физики и развитию научных исследований» № ПФ-220 от 9 сентября 2022 г. «Дополнительные меры по внедрению энерго сберегающих технологий и развитию «Возобновляемые источники энергии малой мощности». Данная диссертация в определенной степени предназначена для выполнения задач, определенных в Указе и других нормативных правовых документах, связанных с данной деятельностью.

Соответствия исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологии Республики. Настоящее исследование является частью III и IV республиканского направления научно-технического развития: «Энергетика, экономия энергоресурсов, транспорт, машины и оборудование; Развитие современной электроники, микроэлектроники, нанотехнологии, фотоники и электронной техники». «Разработка методов использования возобновляемых источников энергии, разработка новых технологий и устройств на основе нанотехнологий, фотоники и других современных технологий» осуществлялись в соответствии с приоритетами.

Степень изученности проблемы. Электрофизические свойства литий-полимерного аккумулятора с полимерным электролитом, имеющего простую технологию изготовления, были изучены Ж.Фентоном в 1973 году в Университете Центральной Флориды.

Зависимость основных параметров носителей заряда от концентрации солей электролита в элементах аккумуляторов, состоящих из многослойных структур на основе полупроводникового электролита, установлена М.З. Куфианом и его коллеги, определили ионную проводимость элементов литий-полимерных аккумуляторов и электролитов. Кроме того, Джон Б. Гуденаф, профессор Техасского университета в Соединенных Штатах Америки, и Акира Ёсино, профессор Нагойского университета, японский ученый, почти удвоили эффективность батареи, используя оксид кобальта в катоде литиевую батарею и получили Нобелевскую премию. Экспериментальные исследования проводят Юрий Михайлович, Н.В. Косова, О. Андревна, Д. Александров (Россия).

Известные академики Узбекистана: Научные школы С.З.Зайнабидинова, М.Бохадирханова и Р.А.Муминова, Г.Гулямова выполнили множество научных работ по повышению эффективности альтернативных источников энергии. До сих пор в нашей республике не проводились научные исследования по электрофизическим свойствам, принципу действия и технологии изготовления литий-полимерных аккумуляторов с полупроводниковым TiO_2 .

Связь темы диссертации с планами научных исследований вуза, в котором выполняется диссертация. Диссертационное исследование основано и выполнено на соглашении о сотрудничестве между Университета Малайзии «Малая» и Наманганским инженерно-технологическим институтом в рамках цифровых исследовательских проектов Исследовательского центра

Ионного центра Университета «Малая» Малайзии (No. FG0321-21AFR) и (FRGS 0542020A).

Цель исследования, заключается в изучении электрофизических параметров литий-полимерных аккумуляторов с полупроводниковым электролитом TiO_2 , создании технологии производства в Узбекистане и определении температурной зависимости электрофизических параметров носителей заряда в полимерном электролите.

Задачи исследования: Создание и исследование новых, оптимальных структурных структур литий-полимерных аккумуляторных элементов с полупроводниковым электролитом TiO_2 .

Исследование электрофизических параметров носителей заряда в электролитах литий-полимерных аккумуляторов с полупроводниковыми свойствами TiO_2 , а также их зависимости от температуры.

Исследование рабочего напряжения при введение TiO_2 в электролит литий-полимерных аккумуляторов в цикле заряда и разряда.

Исследование изменения емкости литий-полимерного аккумулятора с полупроводниковыми свойствами TiO_2 в ходе циклов заряда и разряда.

Объект исследования. Литий-полимерные аккумуляторные элементы; TiO_2 ; твердые полимерные электролиты; полиметилметакрилат, этиленкарбонат, трифиллуметансульфонат лития, диоксид титана, трифулинметансульфонат магния, тетрагидрофуран, активное вещество: поливинилденфторид.

Предмет исследования. представлены электрофизические характеристики литий-полимерных аккумуляторных элементов, состоящих из трифиллуметансульфоната лития и электролита TiO_2 , технологии их изготовления и методы оптимизации.

Методы исследования. В структуре диссертации использованы методы электрохимической импедан спектроскопии, вольт-амперной характеристики, циклической вольт-амперометрии, измерения соединения, зарядки и разрядки носителей заряда были использованы для определения электрофизических параметров носителей заряда в электролитах литий-полимерных аккумуляторов с полупроводниковыми свойствами TiO_2 .

Научная новизна исследования заключается в следующем:

Впервые разработана технология приготовления новых типов электролита для литий-полимерного аккумулятора на основе TiO_2 с полупроводниковыми свойствами, а ионная проводимость σ , концентрация носителей заряда n , подвижность μ и коэффициент диффузии D Li - определены полимерные аккумуляторные электролиты;

Впервые установлена литий-полимерная батарея с трифиллуметансульфонатом лития и TiO_2 с полупроводниковыми свойствами на основе полимера полиметилметакрилата, работающая в стационарном состоянии электролита в диапазоне температур $-30 \div 100$ °C. с целью использования в климатических условиях нашей Республики;

Впервые установлено, что концентрация свободных ионов, коэффициент диффузии и КПД существенно изменяются при изменении концентрации соли в

электролите литий-полимерного аккумулятора с полупроводниковыми свойствами TiO_2 в 100 раз, емкости батареи, зарядки и 70% изменения разряда обнаружено не было.

Определен устойчивый режим работы литий-полимерного аккумулятора с полупроводниковым TiO_2 на основе трифиллуметансульфоната лития и солей TiO_2 за 50 циклов, а также разработаны технологические схемы приготовления элементов аккумулятора: катода, анода и электролита.

Практические результаты исследования заключаются в следующие:

Создана технологическая схема изготовления электролита литий-полимерного аккумулятора с полупроводниковым TiO_2 и катодом, адаптированный к климату Узбекистана.

Рабочее напряжение и емкость литий-полимерной батареи определяется с использованием материала, содержащего трифиллуметансульфонат лития, TiO_2 , в качестве электролита в литий-полимерных батареях;

Исследованы цикл заряда и разряда литий-полимерного аккумулятора с трифиллуметансульфонатом лития в качестве электролита и полупроводником TiO_2 в различных концентрациях.

Достоверность результатов исследования: экспериментальная часть проводилась в Университете Малайи, который в настоящее время входит в число 100 лучших в мире и признан мировыми учеными самым надежным, использовались методы электрохимической импедансной спектроскопии, CV, LSV и методы математической статистики, а полученные результаты имеющиеся в литературе и полученные в результате эксперимента значения согласуются друг с другом.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований заключается показать возможности повышения электрофизических свойств аккумуляторных элементов, эффективности зарядно-разрядного цикла и рабочего напряжения нескольких слоев литий-полимерного аккумулятора на основе электролита с полупроводниковыми свойствами TiO_2 .

Практическая значимость результатов исследований заключается во внедрении в практику технологии производства мало затратной, простой технологии производства и литий-полимерных аккумуляторных элементов на основе электролита TiO_2 , а также, демонстрации возможности адаптации и локализации к климатическим условиям Узбекистана.

Внедрение результатов исследований. На основании научных результатов электрофизических характеристик электролитов литий-полимерных аккумуляторов на основе полупроводника TiO_2 и технологии их изготовления, а также полученных при исследовании цикла заряда-разряда, рабочего напряжения и емкости аккумулятора:

Метод электрохимической импедан спектроскопии использован при разработке аккумуляторных образцов солнечных элементов в АО «Фотон» для расчета рабочего напряжения аккумулятора, а также концентрации, подвижности и коэффициента диффузии полупроводниковых электролитов, конденсированных солей, ионопроводящих полимеров, и рабочее напряжение

аккумуляторной батареи (№ 04-3/922 АО от 21 июля 2023 года). Использование научных результатов позволило производить литий-полимерные аккумуляторы;

Полиметилметакрилат на основе полимера этиленкорбонат и соли турифулуметансульфаната лития TiO_2 , обладающие полупроводниковыми свойствами в качестве электролита, определили электрофизические свойства TiO_2 от концентрации и температурную зависимость твердого полимера в ООО «EXTRA PRIMER BAT» технология получения электролита и катода, а также электрофизические параметры общего литий-полимерного аккумулятора (Справочник №04-3/922 от 21 июля 2023 г. «АО Узтехсаноат»). Они позволили создать новый тип литий-полимерного аккумулятора.

Электрофизические параметры полупроводниковых литий-полимерных аккумуляторов определяли методами электрохимической импеданс спектроскопии, связи носителей заряда и линейной вольт-амперометрии (ссылка № С.I.U.M/05102023 (R) от 5 октября 2023 г., Университет Малайи, Республика Малайзия). В результате возросло рабочее напряжение электролита TiO_2 с полупроводниковыми свойствами, а также достигнута возможность создания технологий изготовления литий-полимерных аккумуляторов.

Апробация результатов исследования. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 11 конференциях, в том числе на 7 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По материалам диссертации опубликовано 20 научных работ, из них 1 монография, 7 статей в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертационных работ и 1 свидетельства для программ ЭВМ, в материалах.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Объём диссертации составляет 112 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обоснована актуальность и необходимость темы диссертации, показана совместимость исследования с приоритетными направлениями развития науки и техники республики, изучены зарубежные научных исследований по теме и уровень изученности данной проблемы. Описаны цель, задачи, объект и предмет исследования, научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта теоретическая и практическая значимость полученных результатов. Приведены результатов исследования, опубликованных работ и структуры диссертации

В первой главе диссертации «**Типы литий-полимерных аккумуляторов**» анализируются результаты, представленные в литературе по теме.

Литий-полимерные аккумуляторные элементы на основе твердого полимерного электролита принципиально отличаются от традиционных аккумуляторных элементов, в данной главе собраны эксперименты по строению и технологиям изготовления аккумуляторных элементов такого типа, а также гелиевых, композитных, твердых полимерных электролитов. Изучено рабочее напряжение аккумулятора с полимерным электролитом. Изучен процесс электрохимических реакций в литий-полимерных аккумуляторах.

Традиционные литий-полимерные батареи состоят из литий-графитового анода и литий-оксидного катода. Электрохимические процессы в обычных литий-полимерных батареях и литий-ионных полимерных батареях не отличаются и зависят от типа оксида металла, обычно катодом является LiCoO_2 .

Наряду с изменением емкости при зарядке и разрядке литий-полимерного аккумулятора и их процессом изучены зарубежными учеными, некоторые физические параметры материалов и представлен анализ этих работ. Изучены преимущества и недостатки ПММА, являющегося основным объектом наших исследований, по сравнению с другими типами полимеров.

Энергетическая схема катода, анода и электролита в литий-полимерных аккумуляторах представлена на рис. 1.

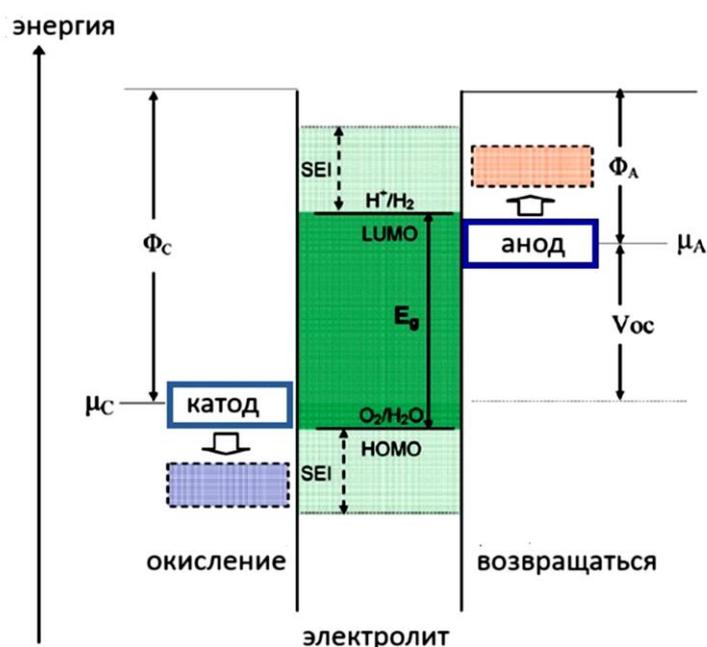


Рисунок 1. Энергетическая диаграмма литий-полимерного аккумулятора

На их основе определяются цели и задачи диссертационной работы.

Во второй главе диссертационной работы “**Материалы, используемые при изготовлении литий-полимерных аккумуляторов и технология их изготовления**”. В главе 2 указаны виды материалов, используемых при изготовлении катода и твердого полимерного электролита литий-полимерного аккумулятора. на основе твердых полимерных электролитов, которые считаются наиболее эффективными, и приведены названия компаний производителей.

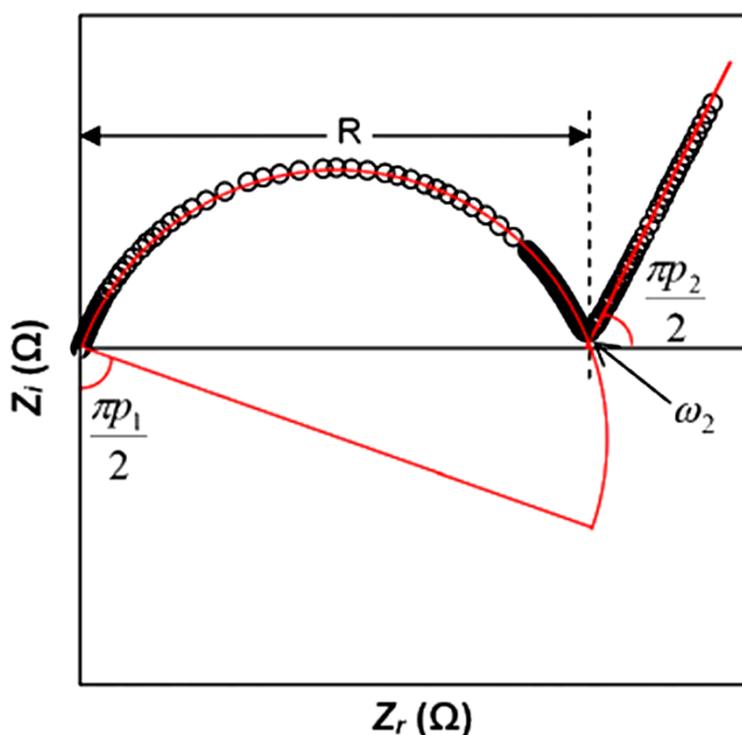
Кроме того, показано, что электрохимический импеданс метод можно использовать для определения коэффициента диффузии, подвижности и концентрации носителей заряда твердых полимерных электролитов, а результаты эксперимента можно сравнить с теоретическими расчетами с использованием графика электрохимической импеданс спектроскопии. График результатов, полученных методом электрохимической импеданс спектроскопии электролита, представлен на рис. 2.

Известно, что действительная и абстрактная части сопротивления электролита выражаются следующими формулами:

$$Z_r = \frac{\cos\left(\frac{\pi p}{2}\right)}{k^{-1}\omega^p} \quad (1)$$

и

$$Z_i = \frac{\sin\left(\frac{\pi p}{2}\right)}{k^{-1}\omega^p} \quad (2)$$



Фигура 2. График электрохимической импедансной спектроскопии электролита.

Здесь Z_r и Z_i действительная и абстрактная части импеданса соответственно, а частота ω , p в этих выражениях определяется по рисунку 2, т.е. $p = \frac{2tg\alpha}{\pi}$. Действительная часть импеданса равна активному сопротивлению, $Z_r = R$, то есть эта величина определяется с помощью графика спектроскопии электрохимического импеданса электролита. k –обратная величина электрической емкости электролита, она равна

$$C = k^{-1} = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 S}{d} \quad (3)$$

определяется по формуле. В этой формуле ϵ_r -относительная диэлектрическая проницаемость электролита, ϵ_0 -электрическая постоянная, S -поверхность электролита и контактных границ, d -толщина слоя электролита. σ -ионную проводимость образца рассчитывали по следующей формуле:

$$\sigma = \frac{l}{RS} \quad (4)$$

где l – толщина электролита, R – активное сопротивление электролита, S – поверхность электролита.

Коэффициент диффузии D , подвижность μ и концентрация свободных ионов n в электролите определяются по следующим формулам:

$$D = \frac{d^2}{\tau} \quad (5)$$

Здесь $\tau = \frac{1}{\omega}$; ω - это частота, она Z_i соответствует наименьшему значению (9) из формулы

$$d = k\epsilon_r\epsilon_0 S \quad (6)$$

зная, что, используя (5) и (6), можно вывести выражение для коэффициента диффузии:

$$D = \frac{(k\epsilon_r\epsilon_0 S)^2}{\tau} \quad (7)$$

подвижность носителей заряда μ выражается формулой Нернста-Эйнштейна следующим образом:

$$\mu = \frac{eD}{k_b T} \quad (8)$$

Здесь k_b - постоянная Больсмана, T - абсолютная температура, e - заряд электрона.

Из выражений (7) и (8) для расчета подвижности носителей заряда можно вывести:

$$\mu = \frac{e(k\epsilon_r\epsilon_0 S)^2}{k_b T \tau} \quad (9)$$

ионная проводимость электролита

$$\sigma = n\mu e \quad (10)$$

определяется по формуле. Концентрацию носителей заряда n можно выразить с помощью приведенных выше формул (9) и (10) следующим образом:

$$n = \frac{\sigma k_b T \tau}{(e k \epsilon_r \epsilon_0 S)^2} \quad (11)$$

С помощью приведенных выше выражений (7), (9) и (11) определяются коэффициент диффузии, подвижность и концентрация носителей заряда электролита.

Измерения импеданса обычно создают графики Найквиста, которые могут иметь вид (i) вдавненного полукруга, (ii) изогнутого или (iii) изогнутого вдавненного полукруга.

Итак, график Найквиста состоит из полукруга и кривой линии с вещественными и абстрактными частями согласно уравнениям:

$$Z_r = \frac{R + R^2 k_1^{-1} \omega^{p_1} \cos \frac{\pi p_1}{2}}{1 + 2Rk_1^{-1} \omega^{p_1} \cos(\frac{\pi p_1}{2}) + R^2 k_1^{-2} \omega^{2p_1}} + \frac{\cos \frac{\pi p_2}{2}}{k_2^{-1} \omega^{p_2}} \quad (12)$$

$$Z_i = \frac{R^2 k_1^{-1} \omega^{p_1} \sin \frac{\pi p_1}{2}}{1 + 2Rk_1^{-1} \omega^{p_1} \cos(\frac{\pi p_1}{2}) + R^2 k_1^{-2} \omega^{2p_1}} + \frac{\sin \frac{\pi p_2}{2}}{k_2^{-1} \omega^{p_2}} \quad (13)$$

Здесь k и k^{-1} противоположная величина, k_1^{-1} - емкость полимерного электролита, k_2^{-1} - емкость, образующаяся на поверхности электрода/электролита. p_1 - угол, образованный полукругом, p_2 - угол, образуемый прямой линией с горизонтом.

Подробно рассмотрено соединение ионных носителей заряда, соединение катионных носителей заряда, метод линейной вольтамперметре полупроводникового электролита.

В третьей главе дипломной работы под названием “Транспорт носителей заряда в электролитах на основе TiO_2 с полупроводниковыми свойствами” экспериментально получен график импеданс спектроскопии твердых полимерных электролитов $TiO_2 0\%$, $TiO_2 30\%$. Было обнаружено, что $TiO_2 30\%$ обладает высокой ионной проводимостью.

Получен график импеданс спектроскопии твердых полимерных электролитов $TiO_2 0\%$, $TiO_2 30\%$ при комнатной температуре (рис. 3).

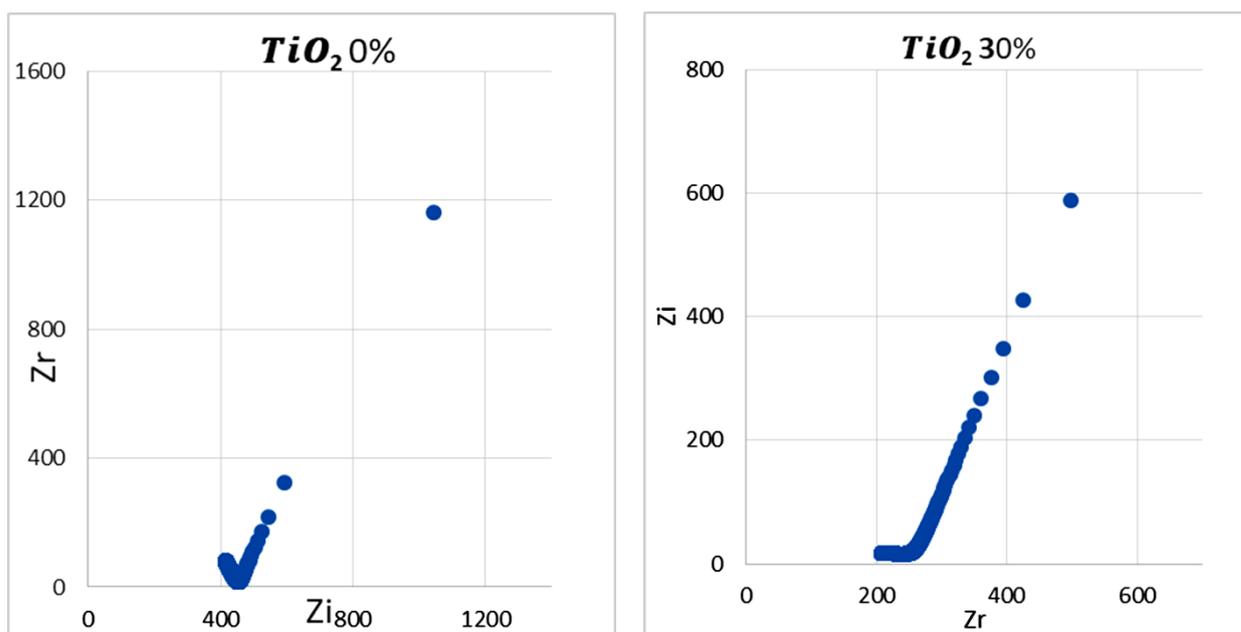


Рисунок 3. График импеданс спектроскопии твердых полимерных электролитов $TiO_2 0\%$, $TiO_2 30\%$.

Увеличение проводимости с повышением температуры можно объяснить уменьшением вязкости и, следовательно, увеличением гибкости цепи, что указывает на активационный характер.

По мере повышения температуры полимерной цепи требуются более быстрые внутренние моды, которые вызывают сегментное движение для поддержки перескока ионов, тем самым увеличивая проводимость полимерного электролита (рис. 4).

Эксперимент был повторен для получения точного значения ионной проводимости.

КПД литий-полимерных аккумуляторов на основе полупроводников зависит от основных параметров носителей заряда в электролите, таких как коэффициент диффузии D , подвижность μ и концентрация ионов электролита n , и они выражаются формулами 7, 9, и 11 соответственно в главе II, которую мы рассмотрели (табл. 1).

Как мы знаем, циклическая вольтамперометрия сканирует электрический потенциал и после достижения конечного потенциала меняет направление и возвращается к исходному потенциалу.

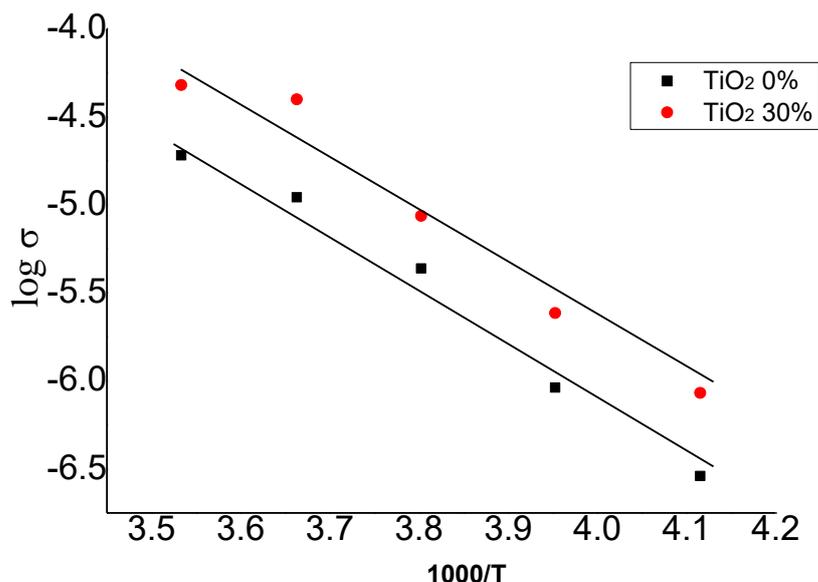


Рисунок 4. Температурная зависимость ионной проводимости образцов TiO_2 0% и TiO_2 30% при более низких температурах

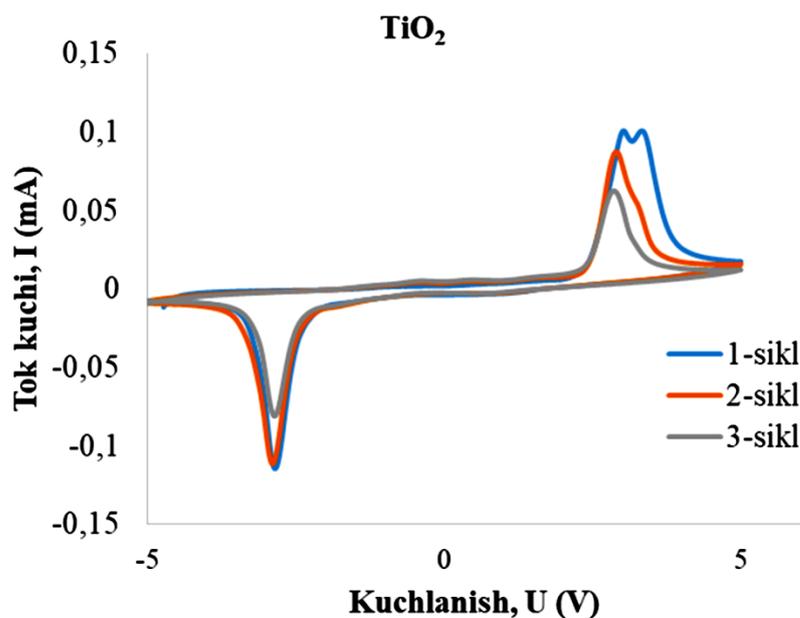


Рисунок 5. График циклической вольтамперометрии электролита, содержащего TiO_2

Электрохимическая стабильность и напряжения пробы полупроводниковых электролитов, способных выдерживать рабочее напряжение в аккумуляторной системе исследована с помощью LSV. При линейной вольт-амперметре подавалось напряжение от 0 до 5 В, скорость изменения составляла 1 мВ/с. Первый образец SS|SPE|Li в последовательности TiO₂ 0 % при напряжении от 2,5 В до 4 В проводил небольшой ток, а после напряжения 4 В значение тока резко возрастало.

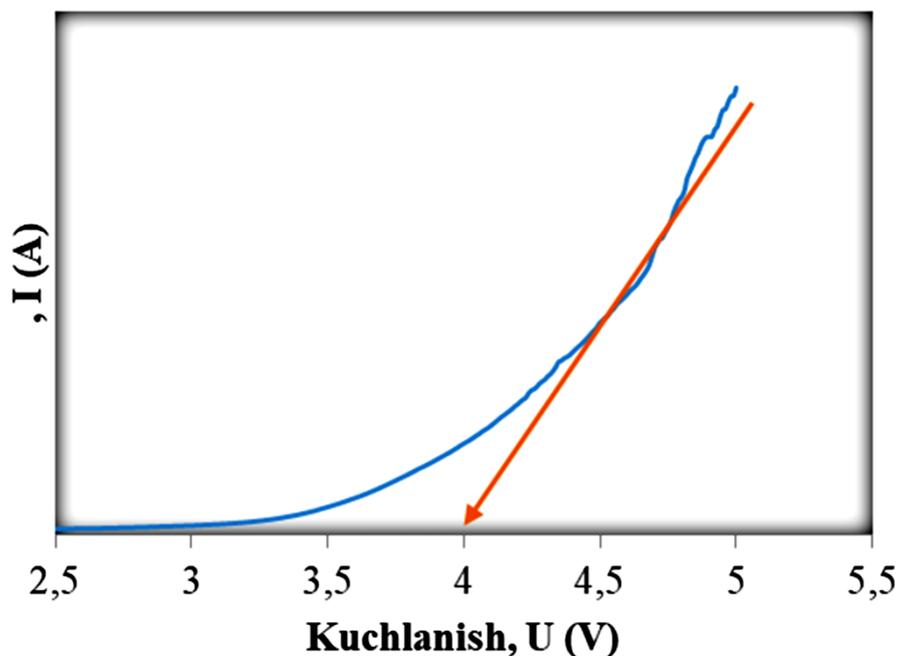


Рисунок 6. VAX-описание TiO₂ 0%

Таблица 1.

Основные параметры носителей заряда твердого полимерного электролита с 0,75 г солей LiTf, MgTf₂

Образец	Температура (°C)	$D (\times 10^{-8} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1})$	$\mu (\times 10^{-6} \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-2})$	$n (\times 10^{20} \text{ cm}^{-3})$
PMMA-LiTf-EC	30	0.245	0.094	4.08
	40	0.278	0.10	6.01
	50	1.73	0.62	2.37
PMMA-MgTf ₂ -EC	30	3.52	1.35	8.04
	40	5.36	1.99	5.46
	50	20.40	7.33	1.48

Следует сказать, что транспортные свойства свободных носителей заряда литий-полимерных аккумуляторов неразрывно связаны с вязкостью твердого полимерного электролита и его диэлектрической прочностью. В этой главе также изучено зависимость диэлектрической проницаемости электролита от температуры и частоты входного сигнала. Исследовано частотную

зависимость диэлектрической проницаемости образца твердого полимерного электролита РММА-ЕС-LITf при комнатной температуре (рис. 7).

При сравнении экспериментальных и теоретических значений активного и реактивного сопротивлений твердого полимерного электролита замечено, что они соответствуют друг другу (рис. 8).

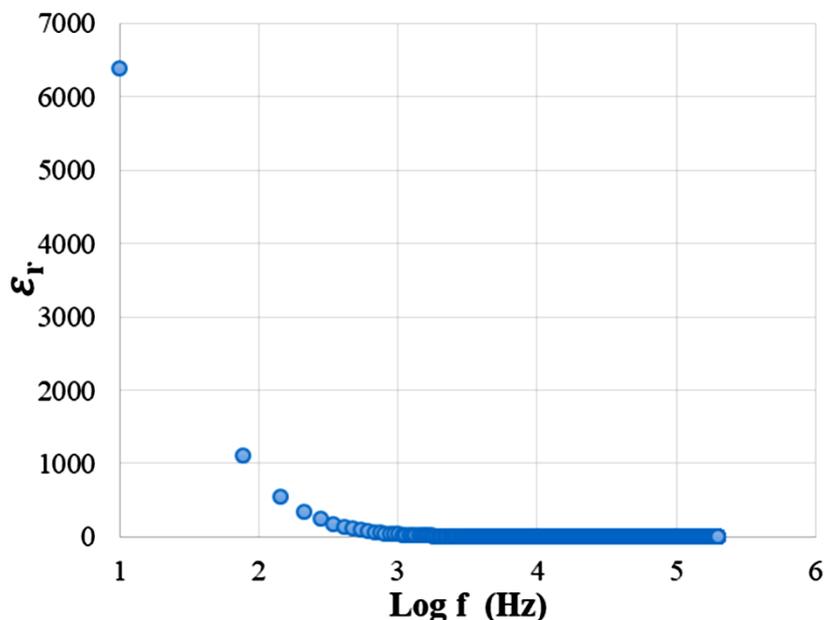


Рисунок 7. Зависимость диэлектрической проницаемости электролита 0,75 г TiO_2 30% при комнатной температуре от частоты входного сигнала.

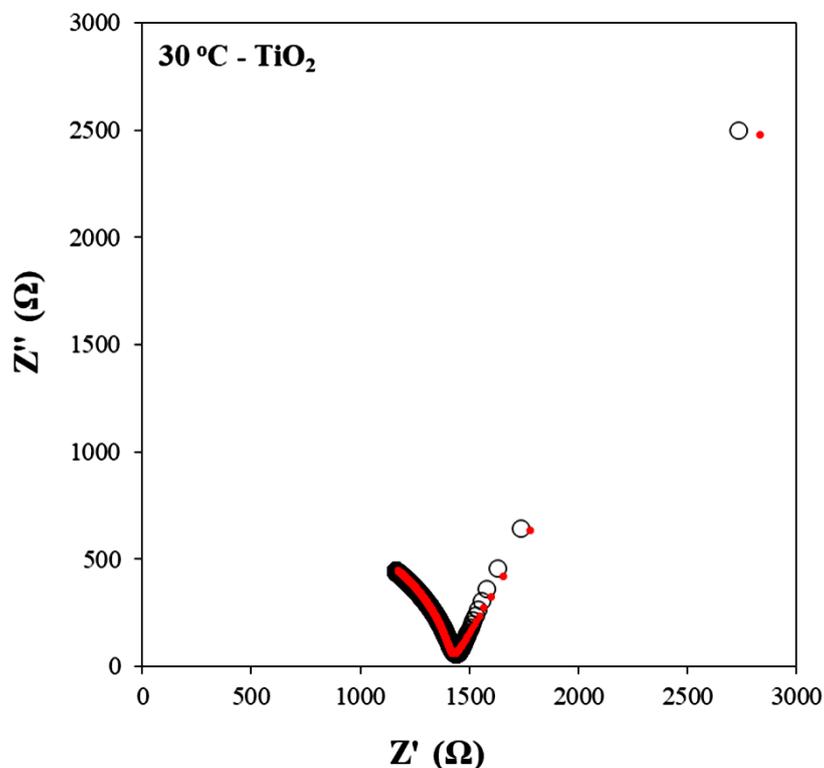


Рис. 8. Значения активного и реакционноспособного твердого полимерного электролита в эксперименте (o) и теоретическом расчете

(●).

Установка БТС 4000 предназначена для исследования электрофизических параметров литий-полимерных аккумуляторов на основе твердого полимерного электролита. В эксперименте исследованы временные характеристики рабочего напряжения и емкости двух разных аккумуляторов. Отличие этих образцов в том, что твердые полимерные электролиты разные. Наш первый образец был изготовлен с использованием 20% по массе нашего твердого полимерного электролита LiTf, литиевой фольги для анода и оксида лития-марганца (LiMn_2O_4) для катода. В качестве материала катода был выбран LiMn_2O_4 из-за его превосходства над другими катодными материалами.

Для зарядки аккумулятора без TiO_2 за один цикл подавалось напряжение от 3 В до 4,9 В, в результате чего значение тока составляло 67,8 мкА через 1610 секунд от начала приложения напряжения и значение 67,6 мкА в последние 323 секунды. Изменения тока и напряжения с течением времени показаны на рисунках 9.

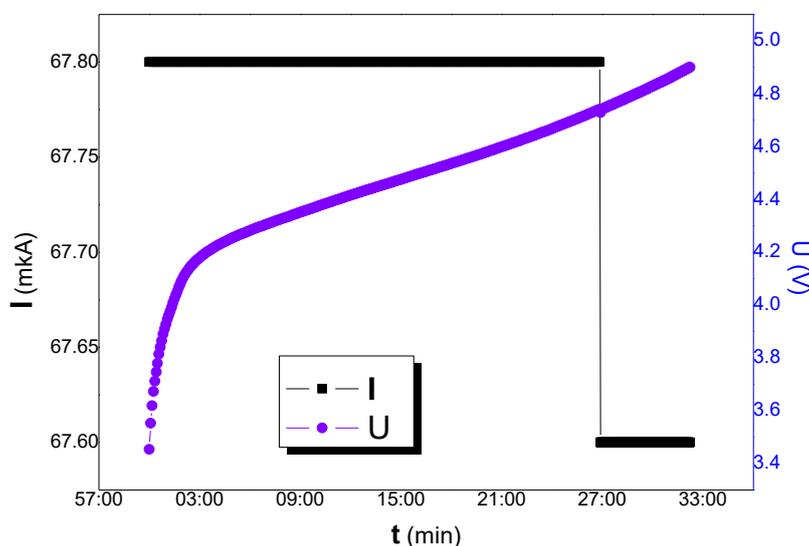


Рисунок 9. Ток и напряжение меняются со временем

Изучен разряд аккумулятора $\text{TiO}_2/30$. В 10 цикле при разряде возник постоянный ток 0,0062 мА и время разряда составило 1 час 32 минуты. Начальное напряжение в момент разряда начиналось с 3,8 В, а разряд заканчивался с 3,0 В. Общая емкость при разряде составляет 9,3 мАч/г (рис. 9).

Сравнивались изменения зарядной и разрядной емкости аккумуляторов LiPo1 и LiPo2 в ходе циклов. Зарядно-разрядная емкость литий-полимерных аккумуляторов на основе твердого полимерного электролита снизилась равномерно.

Рабочее напряжение аккумулятора $\text{LiPO2}(\text{TiO}_2/30\%)$ в 1-м цикле зарядки и разрядки имеет более стабильное значение. Из рисунка 10 видно, что значения зарядной и разрядной ёмкости одинаковы. В 1-м цикле емкость была равна 34 мА/г. В начальных циклах емкость принимала высокие значения, с увеличением числа циклов емкость постепенно снижалась.

В литературе нами рассмотрено, что при различных технологиях изготовления литий-полимерных аккумуляторов с циклом перезарядки значения зарядного и разрядного напряжения, срока службы, цикла зарядки и зарядной емкости различны.

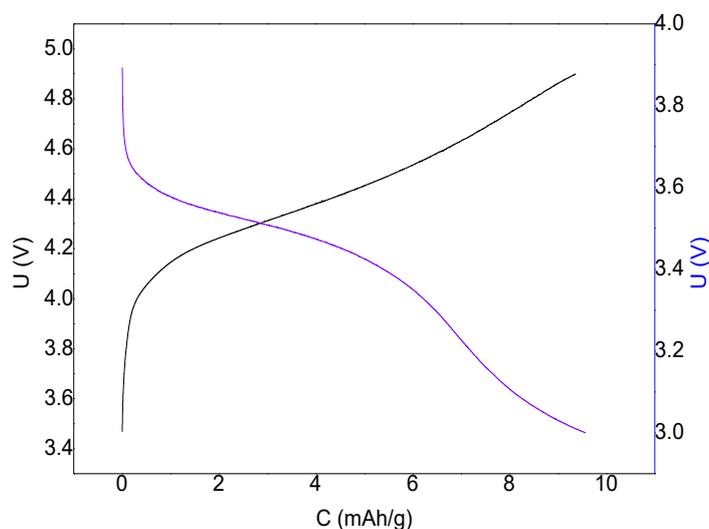


Рисунок 10. Рабочее напряжение аккумулятора TiO2/30 во время заряда/разряда

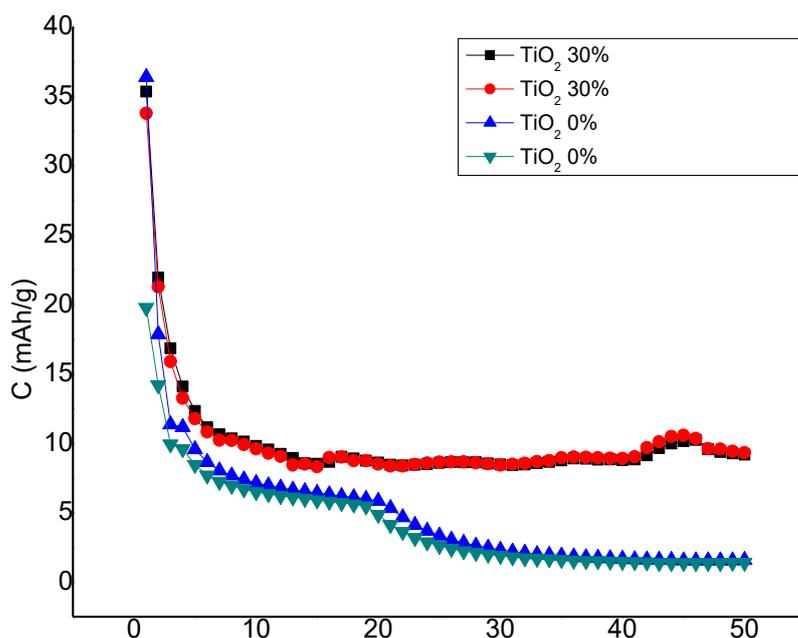


Рисунок 11. Изменение зарядной и разрядной емкости аккумуляторов LiPo1 и LiPo2 во время циклов.

На рисунке 11 видно изменение емкости во время зарядки и разрядки в течение 50 циклов. При этом емкость образца, содержащего TiO₂ при зарядке и разрядке, была практически одинаковой. Видно, что внутреннее сопротивление батареи уменьшается при добавлении TiO₂.

В главе IV приведены и объяснены «Технологическая схема и экономическая эффективность изготовления литий-полимерных

аккумуляторов» технология производства и ее экономическая эффективность.

Целью данной работы является определение оптимального режима работы электрохимических и электрофизических параметров ПММА путем введения в электролит различных добавок (LiTf , MgTf_2 , TiO_2). Изготовление катодной части литий-полимерного аккумулятора на основе активного материала LiMn_2O_4 . Разработка технологичного способа изготовления литий-полимерного аккумулятора на основе ПММА с использованием катода и образцов электролита.

Процесс производства литий-полимерного аккумулятора по сравнению с другими аккумуляторами значительно дешевле, в процессе производства выбрасывается меньше отходов в окружающую среду и отличается от других типов аккумуляторов тем, что технология производства намного проще.

Процесс изготовления литий-полимерного аккумулятора производится в следующей последовательности. Производство литий-полимерных аккумуляторов разделено на три линии: 1-я линия подготовки катода, 2-я линия подготовки YPE, 3-я линия сборки литий-полимерных батарей.

Первая линия: Подготовка катодной части аккумулятора: Сначала при комнатной температуре из 1-й емкости-дозатора отбирается 10% от общей смеси ПВДФ, а из 4-й емкости-дозатора добавляется растворитель НМП в равной пропорции к растворителю, а затем перемешивают с помощью 5-й магнитной мешалки. После растворения ПВДФ отбирают LiMn_2O_4 в объеме 80% от емкости 2-го дозатора и перемешивают с помощью 5-й магнитной мешалки в течение 2 часов. В гомогенный раствор из емкости 3-го дозатора добавляют 10% углерода (графита) и перемешивают в течение 24 часов при комнатной температуре с помощью 5-й магнитной мешалки. Раствор из 5-й магнитной мешалки подается в 8-ю дозирующую емкость с помощью 6-го насоса. Раствор, выходящий из дозирующей емкости 8, подается на алюминиевый валок 7 на вращающихся лентах 9. 10 прессуется с помощью специального пресса. После созревания процесс срезки проводят 11-го числа. Сушат при температуре 80°C в 12-вакуумной печи. 13- наш готовый катодный материал.

Вторая линия: ПММА (53,3 %), ЭК (26,7 %), TiO_2 (30 %) из первой 14-, 15-, 16-дозаторной тары для приготовления ППЭ, и растворителя ТГФ из 17-дозаторной ёмкости 18-магнитной. заливается в смесительный блок. Перемешать на магнитной мешалке до однородного состояния. В работу вступает 19-й насос и подает его из блока магнитного смесителя в 21-ю дозировочную емкость. Жидкий электролит в малой емкости-дозаторе 21 разливается по емкостям со стеклянными поддонами 20 и перемещается с помощью поворотной ленты 22. Жидкий электролит сушат в 25-м эксикаторе в среднем 24 часа. Наш затвердевший электролит режется резакон 26 калибра. 27- наш твердый полимерный электролит готов.

Третья линия: Процесс сборки литий-полимерного аккумулятора. 28- Готовый катод, ППЭ, положительные и отрицательные контакты, специальное кольцо, контакты 29-Вакуумная печь нагревается за 2 часа. 30-Лаб 2000, после

сборки сэндвич-методом, прессуется с помощью специального пресса 31. 32- Вставляется в зарядное устройство Навара для зарядки. 33- Готовые к использованию литий-полимерные аккумуляторы на основе ППЭ. Наша литий-полимерная батарея на основе ППЭ приобретает в готовом виде у Sigma Aldrich с положительным и отрицательным держателем, специальным кольцом и контактами.

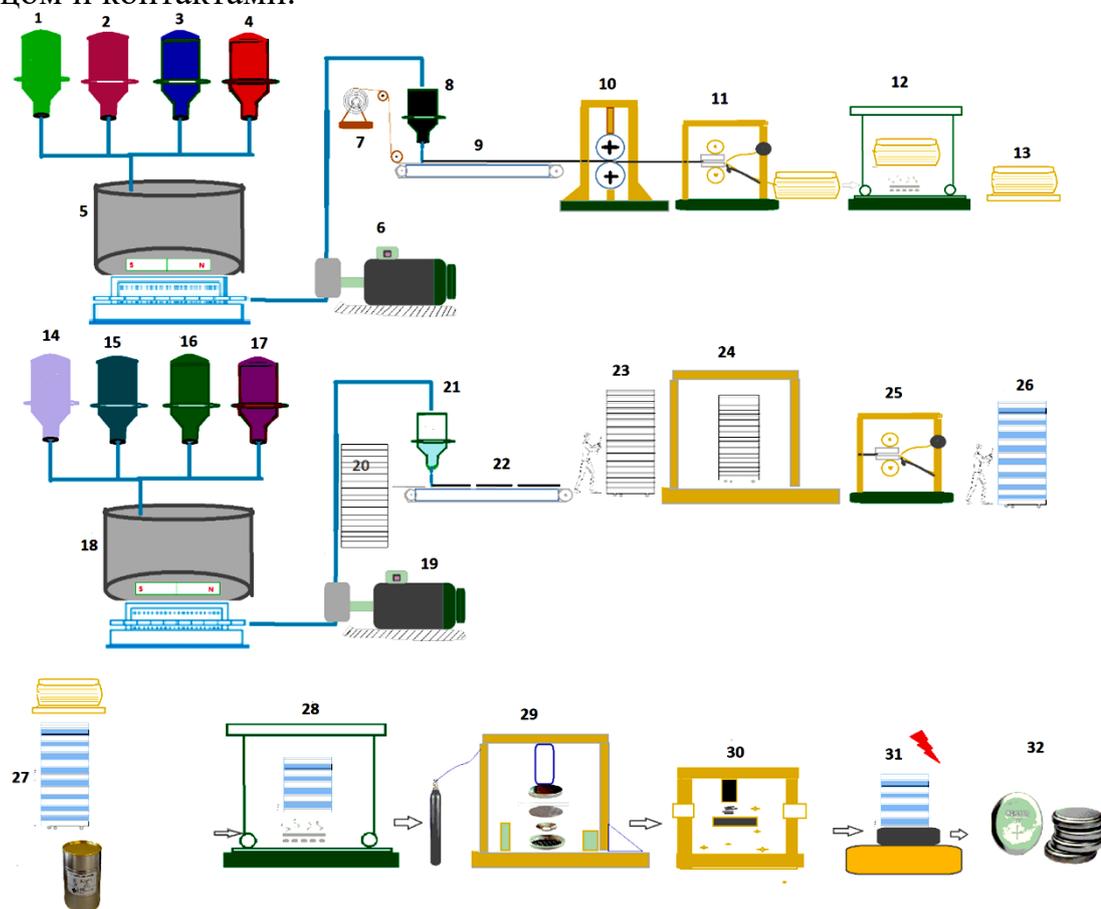


Рисунок 12. Технологическая схема литий-полимерного аккумулятора.

1,2,3,4,14,15,16,17-дозировочные емкости; 5,18-блок магнитной мешалки; 6,19- насосы; 7-рулон алюминиевой фольги; 8,21-малые дозирующие конденсаторы; 9,22-ленты прокатные; 10-нажимной под определенным давлением; 11,26- резцы; 12,29-вакуумные печи; 13-готовый катод; 20-стеклянных патинов-контейнеров; Вместимость: 24-стеклянных противня; 25-эксикаторная чашка; 27-приготовленный твердый полимерный электролит; 28-готовых (катод, ППЭ, положительные и отрицательные зажимы, магнитное кольцо, контакт); 29- Установка «Лаборатория 2000»; 30-прессорный; 31-Зарядное устройство Neware; 32- готовый литий-полимерный аккумулятор. Наша батарея CR 2032 изготавливается именно в таком порядке. Наш аккумулятор CR 2032 можно использовать в настройках гаджетов. Рабочее напряжение составляет 3 В. Поскольку основой электролита является ПММА, снижается риск взрыва и он работает при высоких температурах.

Стоимость сырья рассчитана на производство 1000 единиц Литий-полимерного аккумулятора на твердой полимерно-электролитной основе

модели CR 2032. Из таблицы 2 видно, что основные затраты составляют 107 090 сумов на соль LiTf электролита и 27 480 сумов на активный материал LiMn₂O₄ катода, 114 200 сумов на литиевую фольгу, используемую для анода, а также 797 116 сумов на компоненты самую большую часть, которую мы можем.

Таблица 2

Расход сырья на производство 1000 единиц аккумулятора модели CR2032

Детали аккумулятора	Вещество и материалы	Количество (г)	Количество
ППЭ	PMMA (Sigma Aldrich AQSH)	38.9623	1400
	EC	19.48115	10260
	TiO ₂	14.62	107090
	THF	648ml	1182
катод	PvDF	0.58	68
	LiMn ₂ O ₄	4.64	27480
	C ₆	0.58	310
	NMP	5.8 ml	8400
Анод	Литиевая фольга	1000 кусок	114200
Дополнительные детали	контакт	1000 из зерна	797116
	кольцо		
	положительные и отрицательные захваты		
Общая сумма:			1067506

Цены на вышеуказанные вещества и материалы производятся компанией Sigma Aldrich, цены получены с сайта компании Sigma Aldrich www.sigmaaldrich.com. В Таблице 3 показаны все затраты и выгоды от разработки литий-полимерных аккумуляторов модели 1000 CR 2032.

Таблица 3

Стоимость 1000 литий-полимерных аккумуляторов модели CR 2032

Именован	Цена (сум)
Заработная плата рабочих	2000000
Единый социальный взнос 15%	300000
Необработанная цена	1067506
За дополнительную плату	700000
Непредвиденные расходы	600000
Прибыль 10%	466750
Общий	5134256
НДС 15%	770138.4
Общая сумма	5904394.4

ВЫВОДЫ

1. Исследована технология изготовления литий-полимерного аккумуляторного электролита, содержащего полупроводниковый материал TiO_2 .
2. Впервые установлены закономерности зависимости концентрации носителей заряда, подвижности, коэффициента диффузии и диэлектрического поглощения ППЭ, содержащих полупроводниковый материал TiO_2 , от количества TiO_2 в электролите.
3. Полученные электрохимическая стабильность образцов ППЭ в реакциях окисления и восстановления показала возможность их использования в литий-полимерных аккумуляторах.
4. Обнаружено, что экспериментально полученные спектры электрохимического импеданса, диэлектрическая проницаемость электролитов, их активное и реактивное сопротивления согласуются с теоретически рассчитанными результатами..
5. Впервые наблюдалась стабильная работа литий-полимерного аккумулятора, содержащего полупроводниковый материал TiO_2 , в течение 50 циклов. Было установлено, что значение емкости литий-полимерного аккумулятора с содержанием полупроводникового вещества TiO_2 30% во время зарядки и разрядки не менялся.
6. Изучены рабочее напряжение, емкость и цикличность литий-полимерных аккумуляторов, содержащих соль LiTf и полупроводниковый материал TiO_2 . Экспериментами доказано, что литий-полимерный аккумулятор на основе электролита с наибольшей ионной проводимостью обладает большой емкостью.
7. Литий-полимерный аккумулятор с 30% соли TiO_2 имеет самое высокое напряжение разряда и составило 3,9 В.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.03/30.11.2022.FM/T.66.04
ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES AT THE
NAMANGAN INSTITUTE OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY**

NAMANGAN INSTITUTE OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY

O‘KTAMALIYEV BEKZOD IKROMJON UGLI

**MANUFACTURING TECHNOLOGY AND ELECTROPHYSICAL
CHARACTERISTICS OF TiO₂-BASED Li-POLYMER BATTERIES WITH
SEMICONDUCTOR PROPERTIES**

01.04.10 – Physics of semiconductors

**DISSERTATION ABSTRACT FOR THE DOCTOR OF PHILOSOPHY
(PhD) ON TECHNICAL SCIENCES**

Namangan - 2024

The topic of the dissertation Doctor of Philosophy (PhD) in physical and mathematical sciences is registered by the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under No. B2024.2.PhD/T3832

The dissertation was completed at the Namangan Institute of Engineering and Technology.

The abstract of the dissertation is available in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) is posted on the website Of the Scientific Council (www.nammti.uz) and on the Information and Educational portal "ZiyoNet" (www.ziynet.uz).

Scientific supervisor: **Mamatkarimov Odiljon Oxundedayevich**
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

Official opponents: **Onorkulov Karimberdi Egamberdievich**
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

Alijanov Doniyor Dilshodovich
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

Leading organization: **Urgench State University**

The defense of the dissertation will be held at 12⁰⁰ on "2" __11__ 2024 at the meeting of Scientific Council PhD.03/30.11.2022.FM/T.66.04 at the Namangan institute of Engineering and Technology. (Adress: 160115, Namangan city, Kasansay Str. 7, administrative building, small conference hall, tel. (+99869)228-76-68, 225-10-07, Fax: (+99869) 228-76-75. e-mail: niei_info@edu.uz)

You can get acquainted with the dissertation work at the Information Resource Center of the Namangan Institute of Engineering and Technology (registration number No. ____). Address: 160115, Namangan city, Kasansay Str.7, tel. (+99869) 228-76-68; Fax: (+99869) 228-76-75, e-mail: niei_info@edu.uz

The abstract of the dissertation was sent on " ____ " _____, 2024.
(mailing protocol No. ____ on " ____ " _____ 2024)

U. Erkaboev
Chairman of Scientific Council
on award of Scientific Degrees,
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

A. Abdukarimov
Scientific Secretary of Scientific Council
on award of Scientific Degrees,
Doctor of Philosophy(PhD), Associate Professor

N.Sharibayev
Chairman of the Scientific Seminar at the
Scientific Council on award of Scientific Degrees,
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of research work is to study the electrophysical parameters of Li-polymer batteries with semiconductor TiO_2 electrolyte, to create production technology in Uzbekistan, and to determine the temperature dependence of the electrophysical parameters of the charge carriers in the polymer electrolyte.

The object of research work Li-polymer battery cells; TiO_2 ; solid polymer electrolytes; polymethyl methacrylate, ethylene carbonate, lithium triphylmethanesulfonate, titanium dioxide, magnesium trifluoromethane sulfonate, tetrahydrofuran, active material, Poly(vinylidene fluoride).

The scientific novelty of the research work are as follows:

For the first time, the technology of preparing new types of electrolyte for TiO_2 -based Li-polymer battery with semiconductor properties was developed, and the ionic conductivity s , concentration of charge carriers n , mobility μ , and diffusion coefficient D of the Li-polymer battery electrolyte were determined;

For the first time, Li-polymer battery with lithium triphylmethanesulfonate and TiO_2 , which is based on polymethyl methacrylate polymer and has semiconducting properties, was determined to be used in the climatic conditions of our Republic.

For the first time, it was found that the concentration of free ions, the diffusion coefficient and the efficiency change significantly by changing the concentration of salt in the electrolyte of a Li-polymer battery with semiconductor properties TiO_2 by 100 times, the capacity of the battery, charging and 70% change in discharge was found.

The stable operation mode of the Li-polymer battery with semiconductor TiO_2 -based content of lithium triphylmethanesulfonate and TiO_2 salts in 50 cycles was determined, and technological schemes for the preparation of battery elements: cathode, anode, and electrolyte were developed.

Implementation of the research results. Based on the scientific results of electrophysical characteristics of electrolytes of lithium-polymer batteries based on TiO_2 semiconductor and their manufacturing technology, as well as those obtained in the study of charge-discharge cycle, operating voltage and battery capacity:

The method of electrochemical impedance spectroscopy was used in the development of battery samples of solar cells in JSC "Foton" to calculate the operating voltage of the battery, as well as the concentration, mobility and diffusion coefficient of semiconductor electrolytes, condensed salts, ion-conducting polymers, and the operating voltage of the battery (№ 04-3/922 JSC dated July 21, 2023). Utilization of scientific results made it possible to produce lithium-polymer batteries.

Polymethyl methacrylate based on polymer ethylene carbonate and salts of lithium trifluoromethanesulfonate TiO_2 , which have semiconducting properties as an electrolyte, determined the electrophysical properties of TiO_2 from the concentration and temperature dependence of solid polymer in "EXTRA PRIMER BAT" technology of electrolyte and cathode, as well as the electrophysical parameters of the general lithium-polymer battery (Reference No. 04-3/922 of July 21, 2023).

“Uzeltech JSC”). They have enabled the creation of a new type of lithium-polymer battery.

The electrophysical parameters of semiconductor lithium-polymer batteries were determined by electrochemical impedance spectroscopy, charge carrier coupling and linear volt-ampereometry methods (Reference No. C.I.U.M/05102023 (R) dated October 5, 2023, University of Malaya, Republic of Malaysia). As a result, the working voltage of TiO₂ electrolyte with semiconducting properties was increased, and the possibility of creating technologies for the fabrication of lithium-polymer batteries was achieved.

The structure and scope of the dissertation. The dissertation work consists of an introduction, 4 chapters, a conclusion, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 112 pages..

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть, I part)

1. **Uktamaliyev B.I**, Kufian M.Z, Abdukarimov A.A, Harudin N, Mamatkarimov O.O, Abidin Z.H, Osman Z, Arof A.K., Determination of transport properties for polymer electrolytes containing LiTf and MgTf₂ salts // *Molecular Crystals and Liquid Crystals*. 2023. Vol. 763, pp. 17-27. (№3, **Scopus**. IF: 1.1, Q4; <https://www.scopus.com/sourceid/24711>)
2. Mamatkarimov O.O, **Uktamaliyev B.I**, Abdukarimov A.A. Determination of ionic conductivity of polymer electrolytes in Li-polimer batteries using electrochemical impedance spectroscopy // *Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal*. 2021. Vol.11, Iss.7, pp.141-146. (01.00.00. №23)
3. Abdukarimov A.A, **Uktamaliyev B.I**, Имомалиев Ф.Х. Полимер асосли Li-polimer батареяларининг таркибий қисмлари ва уларни тайёрлаш технологияси // *Namangan Davlat Universiteti ilmiy axborotnomasi*. 2021. №10. 10-14 bet. (01.00.00. №14).
4. **Uktamaliyev B.I**, Abdukarimov A.A, Mamatkarimov O.O, Ergasheva.M. Ionic Conductivity and Dielectric Constant of a Solid Polymer Electrolyte Containing Salts Litf₂ and MgTf₂ // *Converter magazine journal*. 2021, № 7. pp. 897-902 (01.00.00. №35)
5. **Uktamaliyev B.I**. PMMA asosli qattiq polimer elektrolitning reaktiv va aktiv modullari // *Namangan Davlat Universiteti ilmiy axborotnomasi*. 2021. Maxsus son, 79-183 bet (01.00.00. №14)
6. Mamatkarimov O.O, **Uktamaliyev B.I**, Abdukarimov A.A, Arof A.K. Temperature dependence of active and reactive impedances of PMMA-EC-LiTf₂/MgTf₂ solid polymer electrolytes // *Euroasian Journal of Semiconductors Science and Engineering*. 2021. Vol.3 Iss.4, pp. 43-47. (01.00.00. №16)
7. Mamatkarimov O.O, **Uktamaliyev B.I**, Abdukarimov A.A. Preparation of poly (methyl methacrylate)-based polymer electrolytes for solid-state for Mg-ion batteries // *Euroasian Journal of Semiconductors Science and Engineering*. 2021. Vol.3, Iss.4, pp.16-19 (01.00.00. №16)
8. Mamatkarimov O.O, **Uktamaliyev B.I**, Abdukarimov A.A. “Qattiq polimer elektrolit asosli Li-polimer batareykalarini tayyorlash texnologiyasi va ularning elektrofizik xarakteristikalari”. Monografiya. 2023. ISBN: 978-9910-9750-9-7, 118 bet.

II bo'lim (II часть, II part)

9. **O'ktamaliyev B**, Mamatkarimov O, Abdukarimov A. Polimer elektrolitli litiy ion batareyalari elektrolit qatlamining elektrofizik parametrlarini hisoblash // ЎЗР адлия вазирлиги хузуридаги интеллектуал мулк агентлиги, ЭХМ учун яратилган дастурий гувоҳнома. 2024. № DGU 37165.

10. O.O.Mamatkarimov, A.A.Abdukarimov, **B.I.O'ktamaliyev**. Li-ion batareykalari polimer elektrolitining o'tkazuvchanligini temperaturaga bog'liqligi // "Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan avtomatlashtirish va energetika muammolarni yechishda ilg'or innovatsion texnologiyalar va ta'limni o'rni". Halqaro ilmiy amaliy anjuman. 24-25 iyun, 2021. Namangan. 43-45 bet.
11. **O'ktamaliyev Bekzod Ikromjon o'g'li**. PMMA-EC-LITF₂ Elektrolitning dielektrik singdiruvchanligini kirish signali chastotasiga bog'liqligi.// "Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan avtomatlashtirish va energetika muammolarni yechishda ilg'or innovatsion texnologiyalar va ta'limni o'rni". Halqaro ilmiy amaliy anjuman. 24-25 iyun, 2021. Namangan. 107-108 bet.
12. O.O.Mamatkarimov, A.A.Abdukarimov, **B.I.O'ktamaliyev**. Tarkibida LITF tuzi bo'lgan polimer elektrolitlarning ion o'tkazuvchanligini temperaturaga bog'liqligi // "Республиканской Научно-теоретической и практической Конференции. 15-16 октября 2021 года. стр.164-165.
13. O. Mamatkarimov., **B. Uktamaliyev**, A. Abdukarimov. Temperature dependence of active and reactive impedances of PMMA-EC-LiTf₂ solid polymer electrolytes // "Yarimo'tkazgichlar fizikasi, mikro- va nanoelektronikaning fundamental va amaliy muammolari". I Xalqaro anjuman. 28-29 oktyabr, 2021. Toshkent. 20-bet.
14. O.Mamatkarimov,**B.Uktamaliyev**,A.Abdukarimov Temperature dependence of active and reactive impedances of PMMA-EC-LiTf₂ solid polymer electrolytes // «Научные основы использования информационных технологий нового уровня и современные проблемы автоматизации» I-Международная научная конференция 25-26 апреля 2022 года. стр.354-355
15. **B.Uktamaliyev**, O.Mamatkarimov, A.Abdukarimov. Linear sweep voltammetry (LSV) of PMMA-based solid polymer electrolytes // "Yangilanayotgan O'zbekistonning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishida yoshlarning o'rni". Xalqaro anjuman. 15-iyun, 2022 yil. Namangan. 10-11 bet.
16. **B.O'ktamaliyev**, O.Mamatkarimov, A.Abdukarimov, Qattiq polimer elektrolit asosli Li-polimer batareyalarida kechadigan elektrokimyoviy jarayonlar // Yosh olimlar va fizik talabalarining II-Respublika ilmiy anjumani (YoFTRIA-II). 20-21 may, 2022 yil. Toshkent. 144-145 bet.
17. **B. O'ktamaliyev**, O. Mamatkarimov, A. Abdukarimov, PMMA-EC-MgTf₂ elektrolitining reaktiv va aktiv qarshiliklari uchun impedans spektroskopiyasi. // Yosh olimlar va fizik talabalarining II-Respublika ilmiy anjumani (YoFTRIA- II). 20-21 may, 2022 yil. Toshkent. 231-232 bet.
18. Mamatkarimov O.O., **Uktamaliyev B.I.**, Abdukarimov A.A, Temperature dependence of active and reactive impedances of pmma-ec-Litf₂ solid polymer electrolytes // International scientific conference of young scientists "Science and Innovation-2021". Tashkent. 2021. pp.334-336
19. **B. O'ktamaliyev**, Mohd Zieauddin Bin Kufian, O. Mamatkarimov, A.Abdukarimov.Qattiq polimer elektrolit asosli Li-polimer batareyani

zaryadlanish va zaryadsizlanishi // “Современные тенденции развития физики полупроводников: достижения, проблемы и перспективы”. II международной научной конференция. 27-28 декабрь, 2022. Ташкент, стр.339-340.

20. **В. О'ktamaliyev**, Mohd Zieauddin Bin Kufian, O. Mamatkarimov, A. Abdukarimov. Qattiq polimer elektrolit asosli Li-polimer batareyani zaryadlanish va zaryadsizlanishi // “Современные тенденции развития физики полупроводников: достижения, проблемы и перспективы”. II международной научной конференция. 27-28 декабрь, 2022. Ташкент, стр.373-374.

Avtoreferat Namangan shahar “Fazilat orgtex servis” nashriyotida tahrirdan o‘tkazildi va o‘zbek, rus, ingliz tillaridagi matnlari mosligi tekshirildi (20.09.2024).

Bosishga ruxsat etildi 21.09.2024-y.
Bichimi 60X84 1/16, Times New Roman”
Garniturada raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog‘i 3. Adadi: 100. Buyurtma: № 16

“FAZILAT ORGTEX SERVIS”
Hususiyy korxonasi bosmoxonasida chop etildi.
Manzil: Namangan sh. Amir Temur ko‘chasi 97 uy.
Tel: (+998) 91-346-44-43, (+998) 99-608-69-44

