**Závěrečná zpráva projektu AKTION 77p2**

**za období 1.1. 2017 -31.12. 2017**

**Základní údaje**

**Zahájení projektu**: 15.10. 2016

**Ukončení projektu :** 31. 12. 2017

**Partneři projektu :** TU Wien –hlavní řešitel Prof. Günter Fafilek

VUT v Brně – hlavní řešitelka –Doc. Ing. Marie Sedlaříková, CSc.

Zpráva i vyúčtování za rok 2016 byly zaslány v lednu 2017 na DZS

**Pobyty pracovníků z TU Wien na UETE FEKT VUT v Brně**

**Günter Fafilek,Dr.A.o.Univ.Prof.**

Datum pobytu: 27.11. – 28.11. 2017 – 1 noc, 2 dny

V programu návštěvy na VUT bylo:

a)Shrnutí výsledků projektu pro závěrečnou zprávu

b) Posouzení výsledků příprava vzorků materiálů a jejich změřených vlastností

c) Příprava společné publikace do renomovaného časopisu

d) Dohoda o přípravě tenkovrstvých systémů na bázi Al2O3

e) Projednání témat na pokračování spolupráce, např. prodloužení projektu ACTION

**Bc. Fabian Born**

**Bc. Patrik Gugenberger**

Datum pobytu: 27.11 – 6.12. 2017 – 9 nocí, 10 dní

V rámci pracovního pobytu dvou studentů z TU Vídeň na VUT v Brně se jeden věnoval měření viskozity a konduktivity elektrolytů s rozpuštěnými Mg solemi určenými pro použití v Mg-Ion akumulátorech. Druhý student využil SEM mikroskop VUT v Brně ke studiu morfologie a prvkového složení elektrodových materiálů na bázi Li3V2(PO4)3 připravených na TU Wien. Dále byly na VUT připraveny testovací elektrody s těmito materiály. Pomocí 4- bodové metody byla změřena vodivost u vybraných vzorků těchto elektrodových materiálů.

**Pobyty pracovníků z UETE FEKT VUT v Brně na pracovišti TU Wien**

**Doc. Ing. Marie Sedlaříková, CSc, Ing. Miroslav Zatloukal**

Datum pobytu: 14.-15.3. 2017

Předmětem jednání byla příprava náplně pracovního pobytu Ing. Jiřího Tichého na TU Wien. Dále byly probírány další možnosti přípravy tenkých vrstev, použitelných jako elektrolyty v akumulátorových systémech se sodíkovými ionty. Budou zajištěny wafery z intrinzického, popř z vysokoohmového křemíku pro magnetronové reaktivního naprašování oxidových vrstev. Si substrát bude zajištěn přímo u výrobce, kvalita vrstev bude posouzena na elektronovém mikroskopu (SEM). Následně budou připraveny testy interkalačních schopností Na do těchto vrstev.

Během jednání byla dohodnuta příprava publikace, která bude uveřejněna v ECS Transection v roce 2017.

Předběžně byla zhodnocena vzájemná spolupráce ve výzkumu nových systémů a na základě konzultací na TU Wien bylo předběžně dohodnuto pokračování spolupráce. Detaily budou dohodnuty v další možné návštěvě.

Datum pobytu: 13.-14.11.2017

Předmětem jednání bylo pokračování další spolupráce. Podání dalšího projektu Aktion v dubnu 2018.

Z projektu byla hrazena pouze doprava, ostatní náklady byly hrazeny ze zdrojů VUT v Brně.

**Ing. Jiří Tichý**

Datum pobytu: 14.9.2017-14.10.2017

Byla prováděna měření proudu procházejícího systémem s kapilárou.

Byl sestaven systém skládající se z baňky plněné 0,1N H2SO4 + 0,01 M CUSO4, dále měděné protielektrody, a pracovní elektrody, kterou byl měděný vodič ve skleněné kapiláře plněné 1N H2SO4. Systém byl v utěsněné baňce, bubláno dusíkem.

Mezi pracovní elektrodou a protielektrodou bylo přivedeno napětí 0,3 V a byl měřen proud. Hodnoty proudu se pohybovaly v řádech 10-5 až 10-7 A. Postupně byla měněna vzdálenost konce měděného vodiče v kapiláře od okraje kapiláry v rozmezí od 0,5 cm do 3,0 cm. Měření bylo provedeno se dvěma velikostmi kapilár – o objemu 20 μl a 10 μl.

Dále byl měřen systém, kde obě elektrody tvořil platinový drátek. Elektrolytem pak byla 1N HCl + 0,001 FECl3. V kapiláře s pracovní elektrodou byla čistá HCl. Pro ověření byla měřena i varianta s 1N HCl v baňce i kapiláře. Zbytek parametrů byl shodný s předchozím systémem.

Z naměřeného proudu je možné vypočítat difuzní koeficient a měření použít při vyhodnocení dalších, plánovaných měření. Při těch by mělo probíhat měření s kapilárou v prostředí boxu s argonovou atmosférou, bez bublání dusíkem. Elektrolytem pak bude elektrolyt používaný pro Li-Ion akumulátory, respektive iontové kapaliny. Z těchto měření pak bude možné vyhodnotit vhodnost daných elektrolytů/iontových kapalin pro použití v Li-ion akumulátorech.

**Souhrn dosažených výsledků projektu:**

V rámci projektu byly získány Si wafery s nízkou vodivostí (intrinzický Si je nedostupný) a podle ověřené metodiky (obsah O2 v pracovním prostoru) budou vrstvy Al2O3 na povrchu waferu modifikovány s cílem zvýšení iontové vodivosti. Bylo zjištěno, že mimo pracovní prostor dochází k dodatečné oxidaci po reaktivním naprášení Al. Sledování povrchu pomocí SEM bylo zjištěno, že ani vrstva nanášená v argonové atmosféře není při elektrochemickém testování dlouhodobě stabilní a dochází k jejímu poškození. Pro odstranění těchto nedostatků bude třeba modifikovat metody přípravy vrstev, popř. po vzájemné konzultaci pracovišť upravit testovací a kontrolní postupy.

Je předpoklad, že spolupráce mezi univerzitami na problematice transportu iontů v materiálech pro akumulátorové hmoty s cílem náhrady lithia-(Li) sodíkem (Na) bude pokračovat.

Společná publikace:

KAZDA, T.; ČUDEK, P.; VONDRÁK, J.; SEDLAŘÍKOVÁ, M.; TICHÝ, J.; SLÁVIK, M.; FAFILEK, G.; ČECH, O. Lithium- sulphur batteries based on biological 3D structures. *Journal of Solid State Electrochemistry,*2017, č. 1, s. 1-7. ISSN: 1432-8488.

**Závěrečné shrnutí výsledků projektu:**

1. Všechny body ve schváleném programu byly splněny
2. Výsledky vodivostních měření iontových kapalin (podrobné výsledky jsou k dispozici u řešitelů) ukazují možnost jejich použití v elektrochemických zdrojích a je v dalších výzkumech potřebné prověřit další modifikace nových systémů, včetně aditiv, upravujících iontovou vodivost (testovány byly Li a Na soli), bezpečnost v nových akumulátorových systémech a jejich působení na elektrodové hmoty. V neposlední řadě je nutné ověřit jejich stabilitu a odolnost při nabíjecích a vybíjecích cyklech na nejlepších vzorcích se zvláštním zřetelem na Na vodivostní přísady.
3. Výzkum vlastností tenkých vrstev na bázi Al2O3 je novou variantou využití jejich unikátních vodivostních vlastností, je vhodné ve výzkumu pokračovat a to přípravou technologie jejich přípravy ( magnetronové naprašování ) v různých režimech a složení pracovního prostředí. Znamená to větší množství připravovaných vrstev, jejich kompatibilitu s elektrodovými materiály, změny elektrických vlastností během cyklování. Důležité je využití vysokoohmových Si substrátů a jejich vliv na strukturu a výsledné vlastnosti oxidových vrstev

Tyto výsledky společného projektu mezi oběma univerzitami jsou nadějné a přínosem je i úspěšná spolupráce studentů doktorského a magisterského studia.

Z těchto důvodu je vhodné uvažovat **o pokračování dlouholeté úspěšné spolupráce mezi oběma univerzitami.**