

Názov projektu:	Materiály pre vylepšenie bezpečnosti Li-ion batérií
Akronym:	ENSAMAT
TRL:	1-3
Kód:	09I04-03-V02-00028
Začiatok projektu:	1.1.2025
Doba trvania	20 mesiacov

Priebežná monitorovacia správa za obdobie 01. 2025 až 10. 2025.

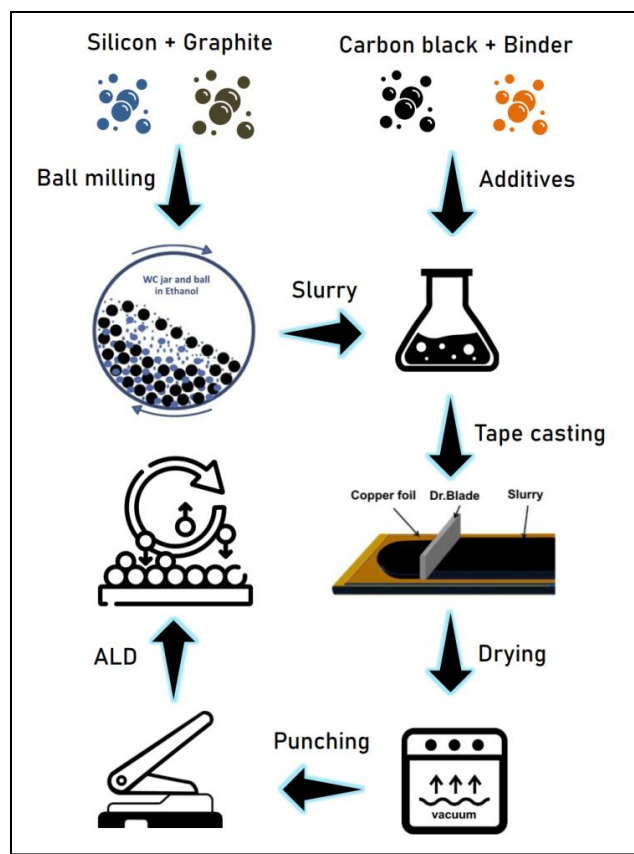
Priebežná monitorovacia správa za obdobie 01. 2025 až 10. 2025 (M1-M10) je spracovaná za Pracovný balík 1 Anóda a katóda. Pri úlohách, ktoré boli podľa harmonogramu ukončené sú popísané plnenia Výstupov projektu (Deliverable).

Pracovný balík 1 (WP1) Anóda a katóda (M1-M20)

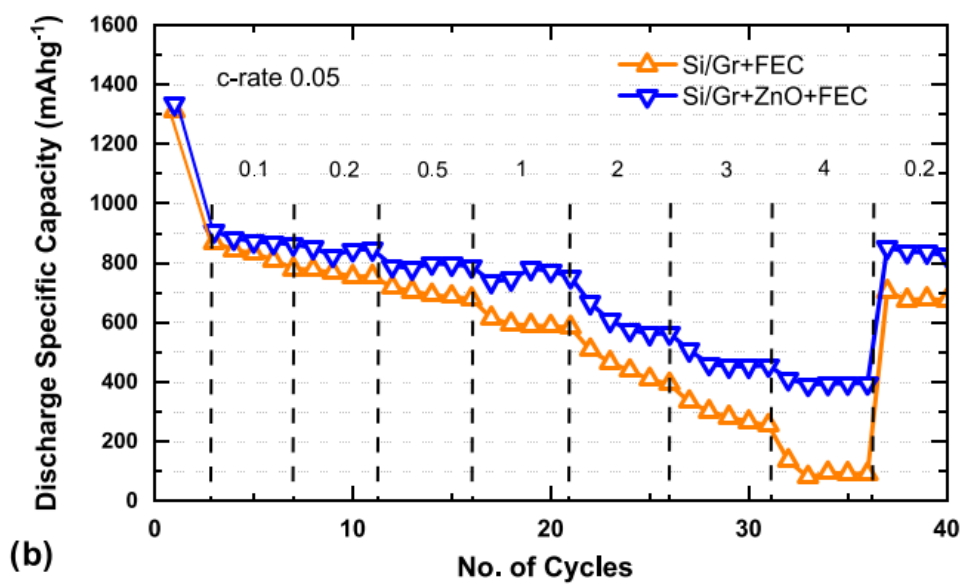
Úloha 1.1 Vývoj a príprava anódy na báze kremík/grafit (M1-M15)

V rámci tejto úlohy sme sa sústredili na výskum a vývoj kremík/grafitovej anódy pripravenej s využitím guľového mletia (ball milling) roztoku kremíkových a grafitových častíc s etanolom. Zloženie roztoku bolo podľa obsahu aktívnych zložiek určené ako 20 hm% kremíka plus 80 hm% grafitu. Vzniknutý kašovitý roztok, tzv. “slurry“ bol potom nanosený technológiou “doctor blade”/“tape casting” nanosený na Cu podložku. Po vysušení pri 100 °C počas 24 hod boli vyrezané jednotlivé anódy s priemerom 18 mm. Celkový postup prípravy anódy na báze kremík/grafit je znázornený na Obr. 1.

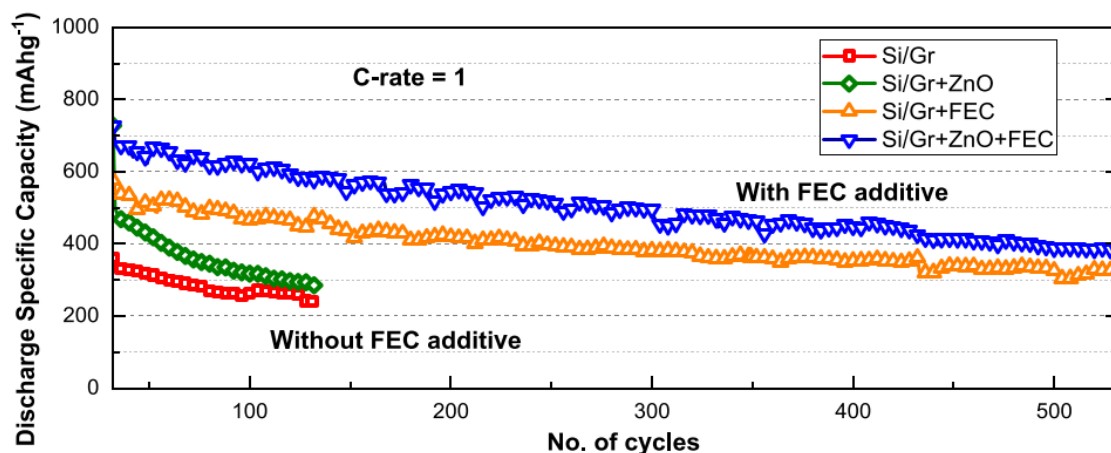
V poslednom kroku prípravy boli pripravené elektródy pokryté tenkou vrstvou ZnO pomocou technológie nanášania po atomárnych vrstvách (atomic layer deposition, ALD). V prípade, keď bolo pre elektrolyt 1.0 M LiPF₆ v EC/EMC rozpúšťadle použité aditívum FEC (fluoroetylén karbonát) a anóda bola pokrytá tenkou vrstvou ZnO (20 cyklov ALD, 3,4 nm) boli dosiahnuté najlepšie výsledky. Pre vysoké rýchlosti nabíjania $C \geq 1$ bola kapacita anódy s 20 hm% Si, aditívom FEC a pokrytá ZnO niekoľko krát vyššia ako nepokrytá anóda v elektrolyte bez FEC aditíva, Obr 2. Rýchlosť nabíjania $C=1$ znamená nabitie batérie na plnú kapacitu za 1 hod a úplné vybitie batérie za 1 hod.



Obr. 1. Schématický náčrt postupu prípravy anód na báze kremík/grafit.



Obr. 2. Špecifická kapacita anódy kremík/grafit v závislosti od nabíjacích cyklov pri rôznych rýchlostiach nabíjania C.



Obr. 3. Závislosť špecifickej kapacity anódy kremík/grafit od počtu nabíjajúcich cyklov pre rýchlosť nabíjania $C=1$.

Na Obr. 3 je závislosť špecifickej kapacity anódy kremík/grafit s obsahom kremíka 20 hm% od nabíjajúcich cyklov pre $C=1$. Anódy v elektrolyte s aditívom FEC vydržali 500 cyklov. Po 500 cykloch dosiahla špecifická kapacita asi 60% pôvodnej kapacity. Ukazuje sa, že pridanie aditíva FEC do elektrolytu významným spôsobom zvyšuje stabilitu anód počas cyklovania. Tento výsledok sa blíži požadovanej hodnote približne 80% kapacity po dlhodobom cyklovaní a je porovnateľný s najlepšimi hodnotami v literatúre pre anódy kremík/grafit. Výsledky tejto štúdie boli publikované v prestížnom zahraničnom časopise ACS Appl. Energy Mater. v roku 2025 [1].

V rámci projektu je uvedený mílnik M1 s názvom “Mechanické vlastnosti a výkon anódy kremík/grafit s obsahom kremíka 30 váh%”. Mílnik je vzťahnutý k pracovnému balíku WP1. Mílnik bolo potrebné dosiahnuť v čase M9 (september 2025) projektu. Dosiahnutie mílniku je potrebné verifikovať štruktúrnymi a elektrochemickými vlastnosťami. Na základe štruktúrnych vlastností a merania špecifickej kapacity v závislosti od počtu cyklov môžeme konštatovať, že mílnik M1 s názvom “Mechanické vlastnosti a výkon anódy kremík/grafit s obsahom kremíka 30 váh%” bol úspešne dosiahnutý a je teda možné pristúpiť k príprave kremík/grafitovej anódy s 50 váh% Si.

Úloha 1.2 Výber a charakterizácia katód (M1-M6)

Komerčné katódy (NIE Corporation) na báze vrstevnatých oxidov LFP (LiFePO_4) a NMC (LiNiMnCoO_2) sú v rámci projektu využité ako porovnávacie materiály pre katódy Li-iónovej batérie. Obidve typy katód sa používajú v dnešných Li-iónových batériách vďaka cenovej prístupnosti a dlhodobej cyklovateľnosti (LFP) a vysokej špecifickej energetickej kapacite (NMC). Elektrochemické vlastnosti katód boli skúmané v rámci Úlohy 4.2. Vybrané katódy boli pokryté tenkými ALD vrstvami v rámci úlohy 3.2.

Úloha 1.3 Príprava celej batérie (M12-M20)

Úloha sa podľa harmonogramu začne riešiť v termíne M12.

Odkazy na literatúru

- 1) P. P. Sahoo, A. Güneren, B. Hudec, M. Mičušík, P. Švec Jr., M. Precnerová, A. Nada, Z. Lenčėš, K. Fröhlich, Silicon/graphite anode performance improvement: a combination of atomic layer-deposited ZnO coatings with a fluoroethylene carbonate additive, ACS Appl. Energy Mater. 2025, 8, 6925, <https://doi.org/10.1021/acsaem.4c02912>.