

## НАНОТУЗИЛИШЛИ ТОК ЎТКАЗУВЧАН ПОЛИМЕР КОМПОЗИЦИЯЛАР

Акбаров Х.И., Каттаев Н.Т.,  
Отажонов С.Р., Қалбаев С.Е.,  
Рахимбердиева М.К., Гулямов Б.Б., Ғаниева З.Х.  
Ўзбекистон Миллий университети

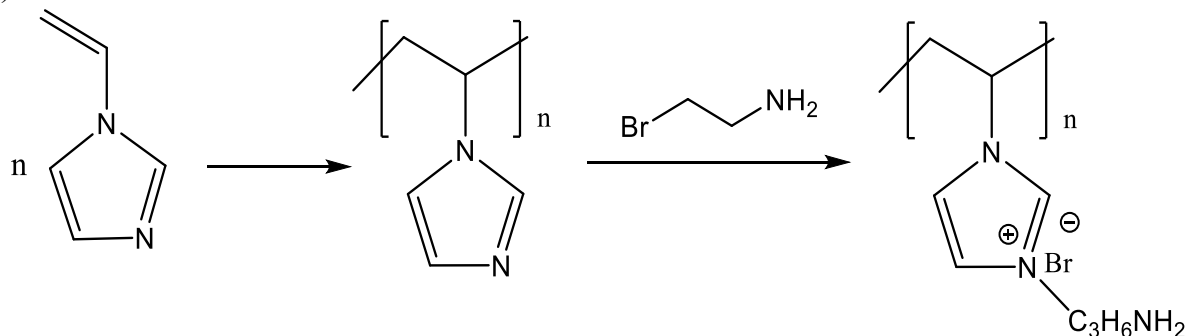
Суперўтказувчан полимерлар XXI аср электроникасининг асоси ҳисобланиб, улар асосида тайёрланган бир компонентли материаллар паст механик мустаҳкамлик ва юқори мўртлик каби камчиликлардан холи эмас. Бу эса уларнинг амалий қўлланиш соҳаларини сезиларли даражада камайтиради. Ушбу муаммони ҳал қилишнинг энг самарали йўли суперўтказувчан полимер ва актив компонент (субстрат) дан иборат композицион система олиш бўлиб, бунда нафақат полимер ва субстратнинг барча (механик мустаҳкамлик, эластиклик, ток ўтказувчанлик ва ҳ.к.) хоссалари сақланиб қолиши, балки янада яхшиланиши ҳам мумкин. Шу боис конъюгирланган полимерлар асосидаги юқори электрўтказувчанликка эга композицион материал олиш долзарб вазифа ҳисобланади. Ҳозирги кунда электр ўтказувчан полимерлар батареялар, конденсаторлар, электрокатализаторлар ва биосенсорлар, фото- ва электролюминесцент материаллар, “сунъий мушаклар”, газ ажратувчи мембраналар, антикоррозион қопламалар, электромагнит экранлар, микролитография учун материаллар, электрофотография ва бошқалар сифатида илм-фан ва технологиянинг турли соҳаларидаги тадқиқотчилар ва муҳандисларнинг эътиборини ўзига тортиб келмоқда. Бундай полимерларга полиацетилен, полипиррол (ППир), полианилин (ПАНИ), политиофен, полипарафенилен ва уларнинг ҳосилаларини мисол сифатида келтириш мумкин [1-3].

Маълумки, допирланган полипиррол, политиофен ва полианилин ҳамда уларнинг ҳосилалари каби ток ўтказувчан полимерларнинг кўпчилиги эритувчиларда эримаслик, ҳавода беқарорлик ва бошқа камчиликлар билан ажралиб туради [4]. Полимерлар структурасидаги N ва S каби гетероатомлар эса уларнинг электр ўтказувчанлик хоссаларини кучайтиради. Полимерларнинг электрон донорлик ёки акцепторлик каби молекуляр кўрсаткичларига эса ўринбосарнинг электрманфийлиги ва индуктив эффекти кўпроқ таъсир этади. Принципиал жиҳатдан мос ўринбосар ва допант мавжуд бўлганда, ҳаттоки поли(1-N-винилимидазол) каби конъюгирланмаган структураларда ҳам қўшимча ва полимер орасида сезиларли даражада заряд кўчиши кузатилиши мумкин [5].

Мазкур тадқиқот ишида 1-N-винилимидазолни радикал полимерлаш орқали поли(1-N-винилимидазол) (ПВИм) синтез қилиш ва уни 3-амино-пропилбромид билан 2-амино-5-бром-1,3,4-тиадиазол билан модификациялаш орқали супер ўтказувчан полимерлар олиш натижалари келтирилган.

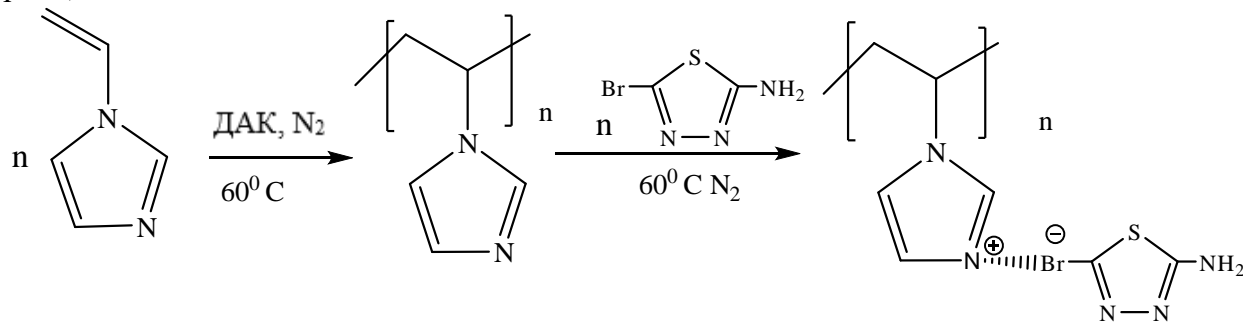
ПВИм синтез қилиш учун 1-N-винилимидазолнинг радикал полимерланиши бензол эритмасида инерт муҳитда ( $N_2$  атмосферасида)  $60^\circ C$  ҳароратда азоизомой кислотасининг динитрили (ДАК, 1 масс.%) таъсирида 24 соат давомида олиб борилди. ПВИм сув ва бошқа эритувчиларда ёмон эрийди. Унинг гидрофиллигини ошириш учун Льюис кислоталари учун самарали допирловчи агентлар ҳисоблангани учун 3-бромпропиламин гидробромиди ва 2-амино-5-бром-1,3,4-тиадиазол танлаб олинди.

Модификациялаш жараёни ҳам инерт муҳитда  $60^\circ C$  ҳароратда 48 соат давомида амалга оширилди. ПВИм ни 3-бромпропиламин гидробромиди билан модификациялаш натижасида поли(1-N-винил-3-(3-аминопропил) (ПВИм-Про- $NH_2$ ) имидазолоний бромид) синтез қилинди (1-расм).



### 1-расм. Поли(1-N-винил-3-(3-аминопропил) имидазолоний бромид) синтези схемаси

ПВИМ ни 2-амино-5-бром-1,3,4-тиадиазол билан модификациялаш натижасида эса поли(1-N-винил-3-(2-амино-1,3,4-тиадиазол) (ПВИМ-Тиа-NH<sub>2</sub>) имидазолоний бромид) синтез қилинди (2-расм).



### 2-расм. Поли(1-N-винил-3-(2-амино-1,3,4-тиадиазол) имидазолоний бромид) синтези схемаси

Синтез қилинган ПВИМ, ПВИМ-Про-NH<sub>2</sub> ва ПВИМ-Тиа-NH<sub>2</sub> Фурье-ИК-спектроскопияси усули ёрдамида идентификация қилинди. Вольт-амперометрик ўлчаш натижалари синтез қилинган ПВИМ-Про-NH<sub>2</sub> ва ПВИМ-Тиа-NH<sub>2</sub> нинг супер электр ўтказувчанлик хусусиятларига эга эканлигини кўрсатди.

*In-situ* усулида АЦ иштирокида пирролнинг оксидланиш-қайтарилиши полимерланиши реакцияси орқали АЦ нинг эластиклиги ва эгилувчанлиги ҳамда ППирнинг электр ўтказувчанлиги ва бошқа хоссаларини ўзида жамлаган АЦ/ППир композити синтез қилинди.

Синтез қилинган АЦ/ППир композицион материалнинг сирт морфологияси СЭМ ва АСМ усуллари ёрдамида тадқиқ этилди. Тоза ППир микроўлчамли сферик шаклдаги глобуляр тузилишга эга. АЦ/ППир композит материалнинг сирт морфологияси ҳам яққол гетероген тузилишга эга. Тоза ППирдан фарқли томони шундаки, АЦ/ППир композитининг сирти наноўлчамли заррачалардан ташкил топган. СЭМ тадқиқотлари натижаларини АКМ таҳлили тасдиқлайди.

АКМ-тадқиқоти натижалари АЦ/ППир композитининг сирти гетеротузилишга эга бўлиб, унда ўлчамлари 4 нм дан 40 нм гача бўлган таёқчасимон кўринишдаги морфология эканлигини кўрсатди. Бундай ўзига хос сталагмитни эслатувчи наноўлчамли структурага эга бўлган АЦ/ППир нафақат суперэлектр ўтказувчан хоссаларга эга бўлиб қолмасдан, балки ўлчам эффекти туфайли сенсорлик хусусиятларини ҳам намоён қилиши мумкин.

Маълумки, MoS<sub>2</sub> дихалькогениди ўзига хос электр, оптик, биологик ва механик хусусиятлари туфайли охириги йилларда катта қизиқиш уйғотмоқда [6]. MoS<sub>2</sub> ни синтез қилиш жараёнини бошқариш орқали унинг тузилиш морфологияси ва физик-кимёвий хоссаларини қўлланиш соҳалари талабларига мос равишда йўналтириш имконини беради [7]. ПАНИ эса конъюгирланган полимер бўлиб, допирланиш даражасига мос равишда бошқариладиган электр ўтказувчанлик хусусиятига эгадир [8]. Шу сабабли мазкур тадқиқот ишида ПАНИ ва MoS<sub>2</sub> нинг хоссаларини ўзида жамлаган ҳамда синергетик эффектга эга бўлган гибрид композит синтез қилиш мақсад қилинди.

ПАНИ/MoS<sub>2</sub> гибрид композити *in-situ* усулда амалга оширилди. Бунинг учун дастлаб гидротермал усулда MoS<sub>2</sub> синтез қилинди. Кейинги босқичда эса MoS<sub>2</sub> иштирокида анилиннинг оксидланиш қайтарилиш полимерланиши ёрдамида ПАНИ/MoS<sub>2</sub> гибрид композити олинди. Олинган ПАНИ/MoS<sub>2</sub> гибрид композитининг тузилиш хусусиятлари FTIR, СЭМ ва EDX усулларида ёрдамида тадқиқ этилди. СЭМ микротасвирлари ПАНИ/MoS<sub>2</sub> гибрид композити нано-ва субмикрон (300-500 нм) ўлчамдаги агрегатлар ва таёқчасимон заррачалардан иборат гетеротузилишли морфологияга эга эканлигини кўрсатди.

ПАНИ/MoS<sub>2</sub> гибрид композитининг фотокаталитик фаоллиги метилен кўки бўёғининг 10 мг/л концентрацияли сувли эритмасини куёш нури таъсирида рангсизлантириш (деструкциялаш) реакцияси орқали баҳоланди.

---

---

АДАБИЁТЛАР

1. J.Thunberg, T.Kalogeropoulos, et al. In situ synthesis of conductive polypyrrole in electrospun cellulose nanofibers: scaffold for neutral tissue engineering. *Cellulose* (2015) 22, pp.1459–1467.
2. Yussuf, Abdirahman, et al. "Synthesis and characterization of conductive polypyrrole: the influence of the oxidants and monomer on the electrical, thermal, and morphological properties. *International Journal of Polymer Science* (2018). <https://doi.org/10.1155/2018/4191747>.
3. Hemant K. Chitte<sup>1</sup>, Narendra V. Bhat, Vasant E. Walunj, Ganesh N. Shinde<sup>3</sup> "Synthesis of Polypyrrole Using Ferric Chloride (FeCl<sub>3</sub>) as Oxidant Together with Some Dopants for Use in Gas Sensors" *Journal of Sensor Technology*, 2011, 1, pp.47-56.
- [4]. Murat Özyalçın, Zuhale Küçükyavuz. Synthesis, characterization and electrical properties of iodinated poly(N-vinyl imidazole) // *Synthetic Metals* 87 (1997): pp. 123-126.
- [5]. H.L. Peng, J.B. Zhang, J.Y. Zhang, F.Y. Zhong, P.K. Wu, K. Huang, J.P. Fan, F. Liu, Chitosan-derived mesoporous carbon with ultrahigh pore volume for amine impregnation and highly efficient CO<sub>2</sub> capture // *Chem. Eng. J.* 359 (2019) 1159–1165.
- [6]. Mark A. Lukowski, Andrew S. Daniel, Fei Meng, Audrey Forticaux, Linsen Li, Song Jin // Enhanced hydrogen evolution catalysis from chemically exfoliated metallic MoS<sub>2</sub> nanosheets. *J. Am. Chem. Soc.* 2013, 135, 28, pp. 10274-10277.
- [7]. Wenyan Yin, Jie Yu, Fengting Lv, Liang Yan, Li Rong Zheng, Zhanjun Gu, Yuliang Zhao // Functionalized nano-MoS<sub>2</sub> with peroxidase catalytic and near-infrared photothermal activities for safe and synergetic wound antibacterial applications. *ACS Nano* 2016, 10, 12, pp. 11000-11011.
- [8]. Midya, A.; Ghorai, A.; Mukherjee, S.; Maiti, R.; Ray, S. K., Hydrothermal growth of few-layer 2H-MoS<sub>2</sub> for heterojunction photodetector and visible-light-induced photocatalytic applications. *J. Mater. Chem. A.* 2016, 4 (12), pp. 4534-4543.