

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/89



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J2-2406
Naslov projekta	Priprava eno in več dimenzionalnih nanostruktur polianilina in substituiranih polianilinov v ionskih tekočinah
Vodja projekta	6126 Majda Žigon
Tip projekta	J Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4173
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	104 Kemijski inštitut
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.04 Materiali 2.04.03 Polimerni materiali
Družbeno-ekonomski cilj	13.02 Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.05
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.05 Materiali

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

Zaradi vedno večjega pomena nanotehnologij je veliko pozornosti posvečene nanostrukturam prevodnega polianilina (PANI) s potencialno boljšimi lastnostmi za širok spekter aplikacij. Ker zaradi nenadzorovane reakcije

polimerizacije nastajajo nehomogene zmesi delcev različnih oblik in velikosti, je priprava nanostruktur PANI z definiranimi oblikami in velikostmi še vedno velik izziv. Priprava novih nanostruktur poteka brez poznavanja splošnih pravil in so rezultati več ali manj prepuščeni naključju. Eden novejših načinov za pripravo PANI nanodelcev je uporaba ionskih tekočin - kot topilo ali dodatek, pri čemer vrsta ionske tekočine in eksperimentalni pogoji bistveno vplivajo na morfologijo in lastnosti pripravljenih nanodelcev.

Sistematično smo raziskali pripravo prevodnih nanostruktur PANI s kemijsko oksidacijo v raztopinah ionskih tekočin z namenom, da ugotovimo zakonitosti pri nastanku nanostruktur. Sintetizirali smo nanostrukturirani PANI z različnimi morfologijami. Pripravili smo ga z oksidativno polimerizacijo anilina z amonijevem peroksodisulfatom (APS) kot oksidantom v kislih vodnih raztopinah ionskih tekočin. Raziskali smo vpliv reakcijskih pogojev, kot so molsko razmerje anilina in ionske tekočine, začetne koncentracije anilina in vpliv različnih vrst ionskih tekočin na morfologijo in lastnosti sintetiziranih PANI. Uporabili smo imidazolijeve, piridinijeve, pirolidinijeve in kvaterne amonijeve ionske tekočine. Pri imidazolijevih ionskih tekočinah smo spreminjali dolžino stranske verige in sicer smo uporabili metilno, etilno, butilno, oktilno, decilno in heksadecilno stransko verigo. Z vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM) smo ugotovili, da se morfologija PANI bistveno spremeni, ko anilin polimeriziramo v prisotnosti ionskih tekočin. Nanodelci polianilina imajo eno- do tridimenzionalne oblike, od nanožičk do zapletenih tridimenzionalnih struktur, za razliko od aglomeriranih granularnih nanostruktur čistega PANI. Največji vpliv na morfologijo imata vrsta ionske tekočine in molsko razmerje med anilinom in ionsko tekočino. Z uporabo UV-Vis, IR in Raman spektroskopije pa tudi velikostne izključitvene kromatografije smo ugotovili, da reakcijski pogoji praktično ne vplivajo na kemijsko strukturo in porazdelitev molskih mas PANI. Zato sklepamo, da ionska tekočina ne vpliva na mehanizem polimerizacije anilina s peroksodisulfatnimi anioni. Iz rezultatov dinamičnega sipanja svetlobe (DLS) sklepamo, da se ionske tekočine obnašajo kot surfaktanti in tvorijo različne vrste micel, odvisno od vrste in koncentracije ionske tekočine. Zato sklepamo, da lahko delujejo pri polimerizaciji anilina kot mehak templat. Struktura micel se spremeni, ko dodamo APS in anilin, pri čemer nastanejo nove micelne strukture, ki delujejo kot mehak templat in urejajo molekule monomera, oligomerov ter nastajajoče PANI molekule v različne nanostrukture: cevaste micelle lahko vodijo do nanožičk, lamelarne pa do PANI lamel.

ANG

Because of the growing importance of nanotechnology increasing attention is given to nanostructured polyaniline (PANI) with improved properties for a wide spectrum of applications. Because of the relatively uncontrolled polymerization the products tend to be blends of particles of different shapes and sizes and, consequently, the preparation of PANI nanostructures with defined shape and sizes remains an unsolved challenge. Presently, the preparation of new nanostructures is performed without understanding the general rules and results are therefore more or less coincidental. One of the novel ways to prepare PANI nanoparticles is by using ionic liquids – as solvents or additives, where type of ionic liquid and experimental conditions have an essential effect on morphology and properties of the formed nanoparticles.

We have systematically investigated the synthesis of PANI nanostructures with chemical oxidation in solutions of ionic liquids with the aim to determine

general principles for the formation of their nanoparticles. Nanostructured PANIs of various morphologies were synthesized by the oxidative polymerization of aniline with ammonium peroxydisulfate in acidic aqueous medium containing ionic liquids with imidazolium, pyridinium, pyrrolidinium and quaternary ammonium cations. In the case of imidazolium type ionic liquids, the length of one of the side chains was varied using methyl, ethyl, butyl, octyl, decyl and hexadecyl groups. The influence of the reaction conditions such as the aniline to ionic liquid mole ratio, the initial aniline concentration and the type of the ionic liquid on the morphology and properties of formed PANIs was investigated. The presence of ionic liquids in the reaction mixture controls the PANI morphology toward nanowires and various complex three-dimensional structures, as it was observed by the scanning electron microscopy (SEM). These nanostructures strongly contrast with the agglomerated granular particles - morphology pattern typical of PANIs prepared by the standard procedure. The type of ionic liquid and the aniline to ionic liquid mole ratio have the highest impact on the PANI morphology. The UV-Vis, IR and Raman spectra as well as SEC analyses of PANIs have shown that the chemical structure and molecular-weight characteristics are almost not affected by ionic liquids, which indicates that their presence does not affect formation of PANI molecules but only their consecutive assembly during aniline polymerization with peroxydisulfate anions. The analysis done by the DLS method indicated that ionic liquids form micelles which can act as soft templates that assemble aniline molecules and/or growing PANI chains into particular nanostructures and/or their precursors. As the micelle architecture is a function of the type of IL and the IL/aniline concentration ratio, differently structured PANI nanoparticles can be formed: columnar micelles can give rise to nanowires and lamellar micelles to PANI lamellas.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Namen raziskovalnega projekta je bil s sistematičnim pristopom raziskati pripravo prevodnih nanostruktur PANI s kemijsko oksidacijo v ionskih tekočinah in njihovih raztopinah, da ugotovimo zakonitosti pri nastanku nanostruktur PANI.

Uporabili smo različne ionske tekočine kot dodatek k standardni reakcijski zmesi za kemijsko polimerizacijo anilina z APS v kislem vodnem mediju. Za sistematično raziskavo priprave PANI nanodelcev z uporabo ionskih tekočin smo spreminjali eksperimentalne pogoje in vrsto ionske tekočine ter dolžino alkilne verige pri imidazolijevih ionskih tekočinah, da bi ugotovili njihov vpliv na lastnosti in morfologijo PANI. Pripravili smo različne prevodne PANI nanostrukture z visokimi izkoristki. Ionske tekočine, ki smo jih izbrali, so bile tipa 1-alkil-3-metilimidazolijev klorid z različnimi dolžinami alkilne verige: etilna, butilna, oktilna, decilna in heksadecilna alkilna veriga. Da bi določili vpliv velikosti in strukture glavne skupine na lastnosti in morfologijo PANI, smo ob imidazolijevih ionskih tekočinah uporabili tudi ionske tekočine s kvarterno amonijevo (metiltributilamonijev klorid), piridinijevo (1-butil-4-metilpiridinijev klorid) in pirolidinijevo (1-butil-1-metilpirolidinijev klorid) glavno skupino.

Ugotovili smo, da ionske tekočine kot dodatek v reakcijski mešanice za polimerizacijo ANI bistveno vplivajo na morfologijo PANI, ne pa na njegovo molekularno strukturo, ne glede na uporabljeno molsko razmerje anilin/ionska tekočina. To smo dokazali s FTIR, UV-Vis in Raman spektroskopijo. Dodatek ionske tekočine tudi ne vpliva na povprečja molskih

mas, izkoristke reakcij in električne prevodnosti PANI. S spreminjanjem razmerja anilin/ionska tekočina lahko vodimo reakcijo tako, da dobimo PANI z dominantno morfologijo nanožičk ali dvodimenzionalnih struktur, ki se bistveno razlikujejo od PANI, pripravljenega pri enakih pogojih brez ionske tekočine, ki ima močno aglomerirano granularno morfologijo. Reakcijski pogoji, kot so začetna koncentracija anilina in mešanje reakcije imajo le manjši (vendar ne zanemarljiv) vpliv na lastnosti in morfologijo PANI.

Ker so bili eksperimentalni pogoji pri vseh reakcijah enaki, spreminjala se je le vrsta ionske tekočine in molsko razmerje anilin/ionska tekočina, in ker spektroskopski rezultati ne pokažejo nobenih bistvenih razlik v molekularni strukturi PANI, sklepamo, da je izključno le ionska tekočina razlog za razlike v morfologiji. V primeru imidazolijevih ionskih tekočin smo ugotovili, da daljša kot je stranska veriga ionske tekočine, nižje je potrebno razmerje anilin/ionska tekočina, da dobimo dobro definirane PANI nanožičke. Vendar pri daljših stranskih verigah višja molska razmerja vodijo do aglomeriranih delcev nepravilnih oblik.

Ugotovili smo tudi, da struktura glavne skupine ionske tekočine bistveno vpliva na morfologijo PANI. Imidazolijeve in piridinijeve ionske tekočine, ki imajo podobno strukturo glavne skupine, vodijo do podobnih PANI nanostruktur, kvarterne amonijeve soli, ki pa imajo manjšo glavno skupino, pa primarno vodijo do lamelarnih struktur pri enakem molskem razmerju anilin/ionska tekočina. To nakazuje, da zlaganje ionskih tekočin v urejene strukture ni odvisno le od dolžine stranske verige, ampak tudi od velikosti in interakcij glavne skupine.

Iz DLS rezultatov je bilo razvidno, da ionske tekočine lahko delujejo kot surfaktanti, da glede na koncentracijo tvorijo različne vrste micel in da APS in anilin spremenita njihov način organizacije, kar vodi do nastanka novih micelnih struktur. Ionske tekočine tako delujejo kot mehak templat, saj uredijo monomer in nastajajoče PANI molekule v določene nanostrukture. Različne micelne strukture vodijo do različnih PANI nanostruktur: iz podolgovatih micel dobimo nanožičke, iz lamelarnih micel pa dvodimenzionalne PANI nanostrukture. Najbolj definirane nanodelce glede na njihovo porazdelitev po velikosti in obliki smo dobili z 1-etil-3-metilimidazolijevim in 1-butil-3-metilimidazolijevim kloridom pri molskem razmerju anilin/ionska tekočina = 1/1, kjer smo dobili nanožičke z relativno ozko porazdelitvijo velikosti. Najbolje definirane lamelarne strukture smo dobili z tributilmetilamonijevim kloridom, ki pa jih je spremljala precejšnja količina nepravilno oblikovanih delcev.

Raziskave in objave rezultatov so potekale v sodelovanju z raziskovalno skupino prof. J. Vohlidala, Oddelek za fizikalno in makromolekularno kemijo, Fakulteta za znanost, Karlova Univerza, Praga, Češka republika, kjer smo tudi izvedli snemanje Raman spektrov, saj imajo nov najsodobnejši Raman spektrometer z laserji treh valovnih dolžin ($\lambda = 532, 633$ in 780 nm), ki pokrivajo različne dele optičnega spektra PANI. To nam je omogočilo, da smo s pomočjo resonančnega Raman efekta in disperzijskega Raman efekta razrešili strukturne razlike naših PANI vzorcev. Rezultate smo prediskutirali tudi z dr. J. Stejskalom in njegovo raziskovalno skupino z Inštituta za makromolekularno kemijo, Akademija za znanost Češke Republike, Praga, Češka Republika.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Ocenjujemo, da je smo uspešno realizirali zastavljene raziskovalne cilje kot

so bili načrtovani v projektu. Sintetizirali smo serijo nanostrukturiranih polianilinov različnih morfologij, pripravljenih z različnimi ionskimi tekočinami, in uspelo nam je postaviti in potrditi mehanizem nastanka različnih PANI nanostruktur v vodnih raztopinah ionskih tekočin. Vse dosežene rezultate smo objavili v revijah s faktorjem vpliva. Rezultate smo tudi predstavili na več mednarodnih konferencah.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Ni bilo bistvenih sprememb programa raziskovalnega projekta.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	4460570	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Vpliv ionskih tekočin na nastanek nanostruktur polianilina pri kemijski polimerizaciji anilina v kislem vodnem mediju
		<i>ANG</i>	Ionic liquid-induced formation of polyaniline nanostructures during the chemical polymerization of aniline in an acidic aqueous medium
	Opis	<i>SLO</i>	Pripravili smo nanostrukturirani polianilin (PANI) različnih morfologij v kisli vodni raztopini ionske tekočine, 1-butyl-3-metilimidazolijevega klorida. Raziskali smo vpliv različnih reakcijskih pogojev, kot sta molsko razmerje med anilinom in ionsko tekočino in začetna koncentracija anilina, na morfologijo in lastnosti PANI. Pripravili smo nanožičke, nanoploščice in kompleksne tridimenzionalne strukture PANI. Reakcijski pogoji niso vplivali na kemijsko strukturo in karakteristike molskih mas, ki smo jih določili z FT-IR, UV-Vis in SEC. To pomeni, da se mehanizem polimerizacije anilina ni spremenil ampak, da tionska tekočina deluje kot mehak templat. Prevodnost PANI vzorcev je bila reda velikost 10 ⁻² S/cm.
		<i>ANG</i>	Nanostructured polyanilines (PANIs) with a variety of morphologies were synthesized in acidic aqueous solutions with an added ionic liquid. 1-butyl-3-methylimidazolium chloride. The influence of various reaction conditions. i.e., the molar ratio of aniline to ionic liquid and initial aniline concentration. on the morphology and properties of the synthesized PANIs were investigated. The morphologies of the PANIs. as studied by scanning electron microscopy (SEM). range from nanowires to complex three-dimensional structures and were influenced particularly by the molar ratio of aniline to ionic liquid. The chemical structure and molecular-weight characteristics. as determined by Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR). UV-Vis spectroscopy and size-exclusion chromatography (SEC). were not affected by the reaction conditions. indicating that the aniline polymerization mechanism did not change in the presence of the ionic liquid. which acted as a soft template. The conductivities of the prepared PANI samples, as measured by impedance spectroscopy, were of the order of 10 ⁻² S/cm.
	Objavljeno v	Elsevier Sequoia; Synthetic metals; 2010; Vol. 160; str. 1761-1766; Impact Factor: 1.871; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.13; Avtorji / Authors: Pahovnik David, Žagar Ema, Vohlídal Jiří, Žigon Majda	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	4764954	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Kopolimeri 2-metoksianilina s 2- in 3-aminobenzensulfonsko in 2- in 3-aminobenzojsko kislino

	ANG	Copolymers of 2-methoxyaniline with 2- and 3-aminobenzenesulfonic and 2- and 3-aminobenzoic acids
Opis	SLO	Raziskovali smo vpliv reakcijskih pogojev – molsko razmerje monomerov, molsko razmerje oksidant/monomeri, reakcijski čas, temperaturo reakcije in koncentracijo HCl na strukturo, prevodnost in spektre delno samodopiranih kopolimerov 2-metoksianilina (OMA) z anilinskima kislinama (ANIA) 2- in 3-aminobenzojske in 2- in 3-aminobenzensulfonske kisline. Uporabili smo ICP-AES/elementno analizo, SEC, NMR, FTIR, UV-Vis in impedančno spektroskopijo. Molski delež enot OMA, F1, v P(OMA/ANIA) kopolimeru je vedno večji od deleža OMA, f1, v mešanici monomerov, saj je OMA veliko bolj reaktivna od vseh ANIA zaradi elektron donorskega učinka metoksi skupine. Povečanje f1 vedno poveča izkoristek polimerizacije in molsko maso polimera P(OMA/ANIA). Podstehiometrična količina oksidanta ali krajši čas reakcije vodita do večjega deleža OMA v kopolimerni verigi. Povečanje kislost reakcijske zmesi je povečalo izkoristek, molsko maso in F1 v P(OMA/ANIA), medtem ko je višja temperatura reakcije imela ravno nasprotni učinek. Nenavadno zmanjšanje izkoristka (hitrosti reakcije) s povečanjem T je povezana z večjo populacijo manj reaktivnih ANIA enot na koncih rastoče polimerne verige. Električna prevodnost P(OMA/ANIA) je bila reda velikost 0.05-2.5 mS/cm, kar je značilno za polprevodnike, in raste približno eksponentno z F1, in se precej razlikuje med P(OMA/ANIA) s sulfonsko in karboksilno skupino. Nasprotno pa smo odkrili skupno povezavo za vse P(OMA/ANIA) med prevodnostjo in relativno intenziteto Q-pasu v UV-Vis spektrih. Zmanjšanje prevodnosti z naraščajočim deležem enot ANIA v P(OMA/ANIA) je v soglasju z elektrostatično vezavo pozitivnih polaronov in bipolaronov z imobiliziranimi protiioni.
	ANG	The effect of the reaction conditions - feed monomer ratio, oxidant/monomers ratio, reaction time, reaction temperature, T, and HCl concentration - on the structure, conductivity and spectra of partly self-doped copolymers of 2-methoxyaniline (OMA) with the anilinic acids (ANIA) 2- and 3-aminobenzoic and the 2- and 3-aminobenzenesulfonic acids was studied using ICP-AES/elemental analysis, size exclusion chromatography, NMR, FT-IR, UV-vis and impedance spectroscopy. The molar fraction of the OMA units, F1, in a P(OMA/ANIA) copolymer always exceeded the OMA fraction, f1, in the feed monomer mixture since the OMA is much more reactive than any ANIA due to the electron-donating effect of the methoxy group. Increasing f1 consistently increased the yield and the molecular weight (MW) of the P(OMA/ANIA), and with an under-stoichiometric amount of oxidant or a shortened reaction time this favored the incorporation of the OMA into the copolymer chains. Increasing the acidity of the reaction mixture increased the yield, MW and F1 of the P(OMA/ANIA)s, while increasing T gave just the opposite effects. The unusual decrease in the yield (reaction rate) with an increase in the T was related to the increased population of low-reactivity ANIA units at the growing-chain-end positions. The electrical conductivity of the P(OMA/ANIA)s lies in the region typical for semiconductors (0.05-2.5 mS/cm) and is roughly an exponential growth function of F1 that differs significantly for P(OMA/ANIA)s with sulfonic and carboxylic groups. In contrast, a conjoint correlation for all P(OMA/ANIA)s was found between conductivity and the relative intensity of the UV/vis Q-band. The decrease in conductivity with the increasing fraction of ANIA units in the P(OMA/ANIA) is in accord with the electrostatic binding of positive polarons and bipolarons (electronic charge carriers) with immobilized counter-anions.
Objavljeno v		Elsevier Sequoia; Synthetic metals; 2011; Vol. 161; str. 1845-1855; Impact Factor: 1.829; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.27; Avtorji / Authors: Mav Golež Ida, Pahovnik David, Bláha Michal, Žigon Majda, Vohlídal Jiří
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

3.	COBISS ID	5192986	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Vpliv kationov na morfologijo polianilina	
		<i>ANG</i> Effect of cations on polyaniline morphology	
	Opis	<i>SLO</i> Z uporabo različnih anorganskih in organskih kloridov smo pripravili nanostrukturirani polianilin različnih morfologij s kemijsko oksidativno polimerizacijo z amonijevim peroksodisulfatom v 1 M HCl. Naš namen je bil, določiti učinek kationov dodanih elektrolitov na morfologijo, spektroskopske lastnosti in prevodnost pripravljenih polianilinov. Kloridi osnovnih kovin: NaCl in CaCl ₂ niso imele bistvenega vpliva na morfologijo, medtem ko so AlCl ₃ in organskih elektrolitov bistveno vplivali na morfologijo PANI. Vpliv organskih elektrolitov, ki so ionske tekočine, je mogoče razložiti z njihovim urejanjem v vodnih raztopinah v micelne strukture, ki delujejo kot mehak templat za nastajajoče PANI nanostrukture. AlCl ₃ pa vpliva na morfologijo zaradi nastanka [AlCl ₄] ⁻ ionov, ki nastanejo pri reakciji s HCl.	
		<i>ANG</i> Nanostructured polyanilines of different morphologies were prepared by chemical polymerization of aniline with ammonium peroxodisulfate in aqueous HCl using various inorganic and organic chlorides as additives with the aim to determine the effect of cations of the added electrolyte on the morphology, spectroscopic characteristics, and conductivity of formed polyanilines. Chlorides of basic metals: NaCl and CaCl ₂ did not show any significant effect while AlCl ₃ and organic electrolytes were found to influence the morphology of polyanilines. The effect of organic-electrolyte additives, which actually are ionic liquids, is explained by the organization of their molecules to micellar structures that act as soft templates for emerging polyaniline nanoparticles. The effect of AlCl ₃ is ascribed to the transformation of its molecules to [AlCl ₄] ⁻ anions.	
	Objavljeno v	Veda; Chemické zvesti; 2013; str. I-VI; Impact Factor: 1.096; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.001; Avtorji / Authors: Pahovnik David, Žagar Ema, Vohlídal Jiří, Žigon Majda	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	5194522	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Nanostrukture polianilina pripravljene v kislinskih vodnih raztopinah ionskih tekočin, ki delujejo kot mehak templat	
		<i>ANG</i> Polyaniline nanostructures prepared in acidic aqueous solutions of ionic liquids acting as soft templates	
	Opis	<i>SLO</i> Sintetizirali smo nanostrukturirani polianilin (PANI) različnih morfologij s polimerizacijo anilina z amonijevim peroksodisulfatom v kislinski vodni raztopini ionskih tekočin (IT) z imidazolijevim, piridinijevim in kvarternim amonijevim kationom. Raziskali smo vpliv tipa ionske tekočine in molskega razmerja anilin/IT na morfologijo in lastnosti PANI. Dodatek ionskih tekočin v reakcijske mešanice vodi do PANI morfologije k nanožičkam in različnim dvo- in tri-dimenzionalnim strukturam, za razliko od aglomeriranega granularnega PANI, pripravljenega brez IT. Z UV-Vis, IR in Raman spektroskopijo smo potrdili, da nobena od ionskih tekočin ne vpliva kemijsko strukturo. To pomeni, da IT ne vplivajo na nastanek PANI molekul ampak samo na njihovo organizacijo med polimerizacijo. Z DLS merjenjem smo ugotovili, da IT in njihove mešanice z oksidantom in anilinom tvorijo v 1 M HCl urejene micelarne strukture. Micelarne strukture delujejo kot mehak templat, ki organizira rastoče PANI verige in/ali molekule anilina v določene nanostrukture oziroma njihove prekursorje. Glede na to, da je struktura PANI nanodelcev odvisna od tipa ionske tekočine in molskega razmerja anilin/IT.	
		Nanostructured polyanilines (PANI) with various morphology were synthesized by polymerization of aniline with ammonium peroxodisulfate in acidic aqueous medium containing ionic liquids (ILs) with imidazolium,	

	ANG	pyridinium and quaternary ammonium cations. The influence of the type of IL and the aniline/IL mole ratio on the morphology and properties of formed PANIs was investigated. ILs added to reaction mixture control the PANI morphology toward nanowires or various complex two- and three-dimensional structures in contrast to the morphology of agglomerated granular particles that is typical of PANIs prepared in the absence of IL. The UV-Vis, IR and Raman spectra of PANIs showed that the used ILs do not affect the chemical structure of PANI, which indicates that they do not affect the formation of PANI molecules but only their assembling during polymerization. The DLS measurements indicate that ILs as well as their mixtures with an oxidant and aniline form in 1 M HCl ordered micellar structures. The micellar structures most likely act as soft templates that assemble growing PANI chains and/or aniline molecules into particular nanostructures and/or their precursors. The fact that the structure of PANI nanoparticles is, in general, a function of the type of IL and IL/aniline concentration ratio, indicates that the architecture of micelles depends on the same variables.
Objavljeno v		Pergamon Press; European Polymer Journal; 2013; Str. 1-23, [12] str. pril.; Impact Factor: 2.739; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.978; A': 1; Avtorji / Authors: Pahovnik David, Žagar Ema, Kogej Ksenija, Vohlídal Jiří, Žigon Majda
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁷

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	5067546 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Vpliv ionskih tekočin na nastanek nanostruktur polianilina
		ANG Effect of ionic liquids on the formation of polyaniline nanostructures
	Opis	SLO Sintetizirali smo nanostrukturirani polianilin (PANI) z različnimi morfologijami. Pripravili smo ga z oksidativno polimerizacijo anilina z amonijevem peroksodisulfatom (APS) kot iniciatorjem v kislinskih vodnih raztopinah ionskih tekočin. Raziskali smo vpliv molskega razmerja anilina in ionske tekočine in vpliv različnih vrst ionskih tekočin na morfologijo in lastnosti sintetiziranih PANI. Uporabili smo imidazolijske, piridinijeve in kvaterne amonijeve ionske tekočine. Pri imidazolijskih ionskih tekočinah smo spreminjali dolžino stranske verige in sicer smo uporabili metilno, etilno, butilno, oktilno, decilno in heksadecilno stransko verigo. Z vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM) smo ugotovili, da se morfologija PANI bistveno spremeni, ko anilin polimeriziramo v prisotnosti ionskih tekočin. Nanodelci polianilina imajo eno- do tridimenzionalne oblike, od nanožičk do zapletenih tridimenzionalnih struktur, za razliko od aglomeriranih granularnih nanostruktur čistega PANI. Z uporabo UV-Vis, IR in Raman spektroskopije pa tudi velikostne izključitvene kromatografije smo ugotovili, da reakcijski pogoji praktično ne vplivajo na kemijsko strukturo in porazdelitev molskih mas PANI. Zato sklepamo, da ionska tekočina ne vpliva na mehanizem polimerizacije anilina s peroksodisulfatnimi anioni. Rezultati dinamičnega sipanja svetlobe (DLS) nakazujejo, da se ionske tekočine obnašajo kot surfaktanti in tvorijo različne vrste micel, odvisno od vrste in koncentracije ionske tekočine. Struktura micel se spremeni, ko dodamo APS in anilin, pri čemer nastanejo nove micelne strukture, ki delujejo kot mehaki templat in urejajo molekule monomera, oligomerov ter nastajajoče PANI molekule različne nanostrukture: cevaste micelle lahko vodijo do nanožičk, lamelarne pa do PANI lamel.
		Nanostructured polyanilines (PANI) of various morphologies were

		<p>synthesized by polymerization of aniline with ammonium peroxodisulfate in acidic aqueous medium. The influence of the type of IL and the aniline/IL mole ratio on the morphology and properties of formed PANIs was investigated. Ionic liquids used (IL) with imidazolium, pyridinium and quaternary ammonium cations were used. In the series of imidazolium ILs the length of the alkyl side chain was varied. The presence of ionic liquids in the reaction mixture controls the PANI morphology toward nanowires and various complex two- and three-dimensional structures, in contrast to the agglomerated granular particles, which is typical morphology of PANIs prepared in the absence of IL, as it was observed by the scanning electron microscopy (SEM). The UV-Vis, IR and Raman spectra of PANIs showed that the used ILs do not affect the chemical structure of PANI, which indicates that they do not affect the formation of PANI molecules but only their assembling during polymerization. The DLS measurements indicate that ILs as well as their mixtures with an oxidant and aniline form in 1 M HCl ordered micellar structures. The micellar structures most likely act as soft templates that assemble growing PANI chains and/or aniline molecules into particular nanostructures and/or their precursors. The fact that the structure of PANI nanoparticles is, in general, a function of the type of IL and IL/aniline concentration ratio, indicates that the architecture of micelles depends on the same variables.</p>	
Šifra	B.04	Vabljen predavanje	
Objavljeno v	FKKT; Slovenski kemijski dnevi 2012, Portorož, 12.-14. september 2012; 2012; Str. [1-8]; Avtorji / Authors: Pahovnik David, Žagar Ema, Kogej Ksenija, Vohlídal Jiří, Žigon Majda		
Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)		
2.	COBISS ID	261579520	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv ionskih tekočin na nastanek nanostruktur polianilina
		ANG	Ionic-liquid-induced formation of polyaniline nanostructures
	Opis	SLO	<p>Mentorstvo doktorandom: M. Žigon je bila mentorica doktorandu Davidu Pahovniku na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani. David Pahovnik je doktorsko disertacijo zagovarjal 20.4.2012. Sintetizirali smo nanostrukturirani polianilin (PANI) z različnimi morfologijami. Pripravili smo ga z oksidativno polimerizacijo anilina z amonijevem peroksodisulfatom (APS) kot iniciatorjem v kislinskih vodnih raztopinah ionskih tekočin. Raziskali smo vpliv reakcijskih pogojev, kot so molsko razmerje anilina in ionske tekočine, začetne koncentracije anilina in vpliv različnih vrst ionskih tekočin na morfologijo in lastnosti sintetiziranih PANI. Uporabili smo imidazolijeve, piridinijeve, pirolidinijeve in kvaterne amonijeve ionske tekočine. Pri imidazolijevih ionskih tekočinah smo spreminjali dolžino stranske verige in sicer smo uporabili metilno, etilno, butilno, oktilno, decilno in heksadecilno stransko verigo. Z vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM) smo ugotovili, da se morfologija PANI bistveno spremeni, ko anilin polimeriziramo v prisotnosti ionskih tekočin. Nanodelci polianilina imajo eno- do tridimenzionalne oblike, od nanožičk do zapletenih tridimenzionalnih struktur, za razliko od aglomeriranih granularnih nanostruktur čistega PANI. Največji vpliv na morfologijo imata vrsta ionske tekočine in molsko razmerje med anilinom in ionsko tekočino. Z uporabo UV-Vis, IR in Raman spektroskopije pa tudi velikostne izključitvene kromatografije smo ugotovili, da reakcijski pogoji praktično ne vplivajo na kemijsko strukturo in porazdelitev molskih mas PANI. Zato sklepamo, da ionska tekočina ne vpliva na mehanizem polimerizacije anilina s peroksodisulfatnimi anioni. Iz rezultatov dinamičnega sipanja svetlobe (DLS) sklepamo, da se ionske tekočine obnašajo kot surfaktanti in tvorijo različne vrste micel, odvisno od vrste in koncentracije ionske tekočine. Zato sklepamo, da lahko delujejo pri polimerizaciji anilina kot mehaki templat.</p>

		Struktura micel se spremeni, ko dodamo APS in anilin, pri čemer nastanejo nove micelne strukture, ki delujejo kot mehaki templat in urejajo molekule monomera, oligomerov ter nastajajoče PANI molekule v različne nanostrukture: cevaste micelle lahko vodijo do nanožičk, lamelarne pa do PANI lamel.				
	ANG	<p>Mentorship to a Ph.D. student: M. Žigon was a mentor to David Pahovnik at the Faculty of Chemistry and Chemical Technology, University of Ljubljana. David Pahovnik defended his Ph.D. thesis on /20/04/2012.</p> <p>Nanostructured polyanilines (PANIs) of various morphologies were synthesized by the oxidative polymerization of aniline with ammonium peroxydisulfate in acidic aqueous medium containing ionic liquids with imidazolium, pyridinium, pyrrolidinium and quaternary ammonium cations. In the case of imidazolium type ionic liquids, the length of one of the side chains was varied using methyl, ethyl, butyl, octyl, decyl and hexadecyl groups. The influence of the reaction conditions such as the aniline to ionic liquid mole ratio, the initial aniline concentration and the type of the ionic liquid on the morphology and properties of formed PANIs was investigated. The presence of ionic liquids in the reaction mixture controls the PANI morphology toward nanowires and various complex three-dimensional structures, as it was observed by the scanning electron microscopy (SEM). These nanostructures strongly contrast with the agglomerated granular particles - morphology pattern typical of PANIs prepared by the standard procedure. The type of ionic liquid and the aniline to ionic liquid mole ratio have the highest impact on the PANI morphology. The UV-Vis, IR and Raman spectra as well as size-exclusion chromatography analyses of PANIs have shown that the chemical structure and molecular-weight characteristics are almost not affected by ionic liquids, which indicates that their presence does not affect formation of PANI molecules but only their consecutive assembly during aniline polymerization with peroxydisulfate anions. The analysis done by the dynamic light scattering method indicated that ionic liquids form micelles in 1M HCl. The micelles most likely act as soft templates that assemble aniline molecules and/or growing PANI chains into particular nanostructures and/or their precursors. As the micelle architecture is, in general, a function of the type of IL and the IL/aniline concentration ratio, differently structured PANI nanoparticles can be formed: columnar micelles can give rise to nanowires and lamellar micelles to PANI lamellas.</p>				
	Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom				
	Objavljeno v	[D. Pahovnik]; 2012; 163 f.; Avtorji / Authors: Pahovnik David				
	Tipologija	2.08 Doktorska disertacija				
3.	COBISS ID	4282650 Vir: COBISS.SI				
	Naslov	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>Nanostrukture polianilina, pripravljene v vodnih raztopinah ionskih tekočin</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Nanostructured polyaniline prepared in aqueous ionic liquid solutions</td> </tr> </table>	SLO	Nanostrukture polianilina, pripravljene v vodnih raztopinah ionskih tekočin	ANG	Nanostructured polyaniline prepared in aqueous ionic liquid solutions
SLO	Nanostrukture polianilina, pripravljene v vodnih raztopinah ionskih tekočin					
ANG	Nanostructured polyaniline prepared in aqueous ionic liquid solutions					
	Opis	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>S kemijsko oksidacijo anilina v kisli vodni raztopini ionske tekočine, 3-butyl-1-metilimidazolijevega klorida, z amonijevev persulfatom kot oksidantom, smo pripravili različne nanostrukture polianilina. V tem prispevku smo predstavili korelacije med eksperimentalnimi pogoji, kot so izbrana molska razmerja anilina in ionske tekočine, različna začetna koncentracija anilina, in lastnostmi ter morfologijo pripravljenega polianilina. Nanodelci so bili okarakterizirani z vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM), sprektroskopskimi metodami (NMR, IR, UV-VIS), velikostno izključitveno kromatografijo (SEC), termičnimi metodami (diferenčno dinamično kalorimetrijo, DSC, in termogravimetrijo, TGA) ter impedančno spektroskopijo.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>We prepared nanostructured PANI by chemical oxidation of aniline using an acidic water solution of the ionic liquid 1-butyl-3-methylimidazolium</td> </tr> </table>	SLO	S kemijsko oksidacijo anilina v kisli vodni raztopini ionske tekočine, 3-butyl-1-metilimidazolijevega klorida, z amonijevev persulfatom kot oksidantom, smo pripravili različne nanostrukture polianilina. V tem prispevku smo predstavili korelacije med eksperimentalnimi pogoji, kot so izbrana molska razmerja anilina in ionske tekočine, različna začetna koncentracija anilina, in lastnostmi ter morfologijo pripravljenega polianilina. Nanodelci so bili okarakterizirani z vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM), sprektroskopskimi metodami (NMR, IR, UV-VIS), velikostno izključitveno kromatografijo (SEC), termičnimi metodami (diferenčno dinamično kalorimetrijo, DSC, in termogravimetrijo, TGA) ter impedančno spektroskopijo.		We prepared nanostructured PANI by chemical oxidation of aniline using an acidic water solution of the ionic liquid 1-butyl-3-methylimidazolium
SLO	S kemijsko oksidacijo anilina v kisli vodni raztopini ionske tekočine, 3-butyl-1-metilimidazolijevega klorida, z amonijevev persulfatom kot oksidantom, smo pripravili različne nanostrukture polianilina. V tem prispevku smo predstavili korelacije med eksperimentalnimi pogoji, kot so izbrana molska razmerja anilina in ionske tekočine, različna začetna koncentracija anilina, in lastnostmi ter morfologijo pripravljenega polianilina. Nanodelci so bili okarakterizirani z vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM), sprektroskopskimi metodami (NMR, IR, UV-VIS), velikostno izključitveno kromatografijo (SEC), termičnimi metodami (diferenčno dinamično kalorimetrijo, DSC, in termogravimetrijo, TGA) ter impedančno spektroskopijo.					
	We prepared nanostructured PANI by chemical oxidation of aniline using an acidic water solution of the ionic liquid 1-butyl-3-methylimidazolium					

			chloride and ammonium persulfate as an oxidant. In this contribution we presented the correlation between experimental conditions, i.e. selected molar ratios of the ionic liquid and aniline, different starting aniline concentration, and the properties as well as morphology of the formed PANI. The nanoparticles were characterized using scanning electronic microscopy (SEM), spectroscopic methods (NMR, IR, UV-VIS), size exclusion chromatography (SEC), thermal methods (differential scanning calorimetry – DSC and thermogravimetric analysis – TGA) and impedance spectroscopy.
	Šifra	B.06	Drugo
	Objavljeno v	FKKT; Slovenski kemijski dnevi 2009, Maribor, 24. in 25. september 2009; 2009; Str. 1-7; Avtorji / Authors: Pahovnik David, Žagar Ema, Vohlídal Jiří, Žigon Majda	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
4.	COBISS ID	5052186	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nastanek nanostruktur polianilina s pomočjo ionskih tekočin
		ANG	Ionic-liquid-induced formation of polyaniline nanostructures
	Opis	SLO	Pripravili smo nanostrukturirani polianilin (PANI) različnih morfologij z oksidativno polimerizacijo anilina z amonijevim peroksodisulfatom v kisli vodni raztopini ionskih tekočin z imidazolijevimi, piridinijevimi, pirolidinijevimi in kvarternimi amonijevimi kationi. Raziskali smo vpliv tipa ionske tekočine in molskega razmerja anilin/ionska tekočina na morfologijo in lastnosti PANI. Ugotovili smo, da ionske tekočine delujejo kot mehak templat, ki uredijo rastoče PANI molekule v določene nanostrukture. To smo potrdili z DLS meritvami, ki so pokazale, da se ionske tekočine resnično uredijo v vodni raztopini in da dodatek anilina in oksidant spremeni njihovo ureditev. Ti rezultati kažejo, da se ionske tekočine obnašajo kot surfaktanti, ki tvorijo različne micelne strukture, odvisno od tipa ionske tekočine in njihove koncentracije. Micele nato delujejo kot mehak templat, ki uredi rastoče PANI molekule v nanostrukture: iz cevastih micel nastanejo nanožičke, iz lamelarnih pa dvodimenzionalne PANI strukture.
		ANG	Nanostructured polyanilines (PANIs) of various morphologies were synthesized by the oxidative polymerization of aniline with ammonium peroxodisulfate (APS) in acidic aqueous medium containing ionic liquids with imidazolium, pyridinium, pyrrolidinium and quaternary ammonium cations. The influence of the type of the ionic liquid and the aniline to ionic liquid mole ratio on the morphology and properties of formed PANIs was investigated. Our investigation suggests that species of IL form soft templates that assemble growing PANI molecules into particular nanostructures. This idea was supported by the DLS measurements that showed that ILs did get organized in the solution and that the added oxidant and aniline changed this organization. DLS results indicate that ILs behave as surfactants and can form various types of micelles depending on the type and concentration of IL. These micelles can then act as soft templates assembling monomer and growing PANI molecules into the resulting nanostructures: the columnar micelles can give rise to nanowires and the lamellar ones to PANI lamellas.
	Šifra	B.06	Drugo
	Objavljeno v	Virginia Polytechnic Institute and State University; IUPAC MACRO 2012 Extended Abstracts; 2012; Str. [1]; Avtorji / Authors: Pahovnik David, Žagar Ema, Vohlídal Jiří, Žigon Majda	
	Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	
5.	COBISS ID	4461082	Vir: COBISS.SI

Naslov	SLO	Raznovrstne nanostrukture polianilina pripravljene v vodnih raztopinah ionskih tekočin
	ANG	Versatile polyaniline nanostructures prepared in aqueous ionic liquids solutions
Opis	SLO	Nanostrukture polianilina (PANI) imajo velik potencial za uporabo v različnih aplikacijah, saj združujejo lastnosti organskih prevodnikov z lastnostmi materialov z veliko specifično površino. Pripravili smo nanostrukture PANI različnih morfologij v kislilnih vodnih raztopinah ionskih tekočin, predvsem tipa 3-alkil-1-metilimidazolijevih kloridov. Raziskali smo vpliv tipa ionske tekočine in reakcijskih pogojev (molsko razmerje anilin/ionska tekočina in začetna koncentracija anilina) na morfologijo in lastnosti sintetiziranega PANI. Pripravili smo PANI v obliki od nanožičk do kompleksnih tridimenzionalnih struktur. Oblika PANI nanostruktur je bila najbolj odvisna od molskega razmerja anilin/ionska tekočina. Ionska tekočina ne vpliva na molekularno strukturo in karakteristike molskih mas PANI, kar pomeni, da ne vpliva na mehanizem polimerizacije.
	ANG	Polyaniline (PANI) nanostructures combine properties of organic conductors with properties of materials with large surface area, which makes them a very promising material for applications in various fields. We prepared nanostructured PANI of different morphologies in acidic aqueous solutions with water miscible ionic liquids, mainly 3-alkyl-1-methylimidazolium chlorides. The influence of the type of an ionic liquid as well as the effects of varying reaction conditions, i.e. molar ratio of aniline to ionic liquid and initial aniline concentration, on morphology and properties of synthesized PANI were investigated. The morphologies of PANI as studied by scanning electron microscopy (SEM) range from nanowires to complex three dimensional structures and were influenced particularly by the molar ratio of aniline to ionic liquid. The chemical structure and molecular weight characteristics as determined by FT-IR, UV-Vis spectroscopy and size exclusion chromatography (SEC), were not affected by reaction conditions indicating that aniline polymerization mechanism was not changed in the presence of the ionic liquid.
Šifra	B.06	Drugo
Objavljeno v	International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2010, ICSM, Kyoto, Japan, July 4-9, 2010. Abstract book. [S. l.: s. n.]; Abstract book; 2010; Str. 272; Avtorji / Authors: Pahovnik David, Žagar Ema, Vohlídal Jiří, Žigon Majda	
Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

Člana projektne skupine M. Huskić in M. Žigon sta aktivno sodelovala pri organizaciji domačih in mednarodnih znanstvenih konferenc (člana programskih in/ali organizacijskih odborov). Habilitirana člana projektne skupine (M. Huskić, M. Žigon) sta sodelovala v pedagoškem procesu na Visoki šoli za tehnologijo polimerov v Slovenj Gradcu s predavanji in M. Žigon s predavanji in z mentorstvom doktorandu na Univerzi v Ljubljani.

V reviji Chemistry International, glasilu Mednarodne zveze za čisto in uporabno kemijo, (IUPAC, International Union of Pure and Applied Chemistry, vol. 34, št.1, januar-februar 2012, str. 29-30), je bil objavljen članek M. Žigon o Konferenci o prevodnih polimerih (Conducting Polymers; Formation, Structure, Properties and Applications), ki je bila 10-14. 7. 2011 v Pragi. Konferenca se je udeležila kot uradna predstavnica IUPAC in sodelovala v slavnostnih nagovorih na otvoritvi konference. [COBISS.SI-ID 4928538]

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1.Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Znanstveno področje prevodnih konjugiranih polimerov, med katerimi je polianilin eden izmed najpomembnejših predstavnikov, se uvršča med eno izmed najbolj aktualnih področij polimerne znanosti, na kar kaže tudi izjemno število objav v mednarodni znanstveni periodiki. Posebna pozornost se v zadnjih letih namenja eno in večdimenzionalnim nanostrukturam polianilina, ki so tema tega projekta. Tematika sodi v področje nanoznanosti in nanotehnologij in predstavlja trenutno eno od najbolj propulzivnih raziskovalnih področij. Izvirnost predlaganega projekta je v ugotavljanju zakonitosti pri nastanku nanostruktur PANI v ionskih tekočinah in njihovih raztopinah ter boljšemu razumevanju medsebojnega vpliva eksperimentalnih parametrov. S sistematičnim pristopom k raziskavi vplivov na nastanek in lastnosti eno in večdimenzionalnih nanodelcev PANI smo ugotovili korelacije med naravo ionske tekočine in obliko ter velikostjo PANI nanostruktur in njihovimi lastnostmi in s tem postavili temelj za nadaljnje raziskave nanostruktur polianilina in s tem tudi za njihovo uporabo. Nova spoznanja smo objavili v mednarodnih znanstvenih revijah s faktorjem vpliva, ter rezultate predstavili na mednarodnih in domačih konferencah.

ANG

Znanstveno področje prevodnih konjugiranih polimerov, med katerimi je polianilin eden izmed najpomembnejših predstavnikov, se uvršča med eno izmed najbolj aktualnih področij polimerne znanosti, na kar kaže tudi izjemno število objav v mednarodni znanstveni periodiki. Posebna pozornost se v zadnjih letih namenja eno in večdimenzionalnim nanostrukturam polianilina, ki so tema tega projekta. Tematika sodi v področje nanoznanosti in nanotehnologij in predstavlja trenutno eno od najbolj propulzivnih raziskovalnih področij. Izvirnost predlaganega projekta je v ugotavljanju zakonitosti pri nastanku nanostruktur PANI v ionskih tekočinah in njihovih raztopinah ter boljšemu razumevanju medsebojnega vpliva eksperimentalnih parametrov. S sistematičnim pristopom k raziskavi vplivov na nastanek in lastnosti eno in večdimenzionalnih nanodelcev PANI smo ugotovili korelacije med naravo ionske tekočine in obliko ter velikostjo PANI nanostruktur in njihovimi lastnostmi in s tem postavili temelj za nadaljnje raziskave nanostruktur polianilina in s tem tudi za njihovo uporabo. Nova spoznanja smo objavili v mednarodnih znanstvenih revijah s faktorjem vpliva, ter rezultate predstavili na mednarodnih in domačih konferencah.

10.2.Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Dobre kemijske, električne in optične lastnosti PANI so zanimive za aplikacije na različnih področjih, kot so shranjevanje in transformacija energije (alternativni viri energije, zbrisljivo shranjevanje informacij, nelinearna optika, ščitenje pred elektromagnetnim delovanjem) kot tudi za antikorozijsko zaščito, katalizatorje, indikatorje, senzorje, membrane ipd. Z uporabo eno ali večdimenzionalnih nanostruktur PANI, ki naj bi imele izboljšane lastnosti v primerjavi s produkti, pripravljenimi s konvencionalnimi postopki, se uporabni potencial še dodatno poveča, med drugim tudi na področje biomedicinskih aplikacij. Glede na to, da je v Sloveniji močna industrija premazov in na znano dejstvo, da je PANI učinkovita komponenta v antikorozijskih premazih, bodo nanodelci, pripravljeni z našim postopkom, ki nam omogoča večjo kontrolo nad velikostjo in obliko PANI nanostruktur lahko neposredno uporabni za slovensko industrijo premazov, pa tudi za druge industrijske panoge, kjer se kažejo potrebe po tovrstnih materialih.

ANG

Good chemical, electrical and optical properties of PANI are interesting for diverse applications, e.g. storage and transformation of energy (alternative energy sources, erasable information storage units, nonlinear optics, electromagnetic shields etc.) as well as for anticorrosion protection, catalysts, indicators, sensors, membranes etc. By using one and multidimensional PANI nanostructures, that are expected to have improved properties in comparison to those prepared by conventional procedures, the potential applicability of PANI will be expanded, for example to the field of biomedical applications. Since Slovenia has a strong industrial branch for coatings and, knowing the fact, that PANI is an effective component in anticorrosion coatings, the nanoparticles, prepared by our procedure, which gives more control over the size and shape of PANI nanoparticles, will be useful for the Slovenian coatings industry and also for other

industrial branches that have expressed a need for such materials.
--

11. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

		<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

12.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					

G.04.01.	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar

--

13.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹²

	Sofinancer		
1.	Naziv		
	Naslov		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra	
		1.	
		2.	
		3.	
		4.	
		5.	
	Komentar		
	Ocena		

14.Izjemni dosežek v letu 2012¹³**14.1. Izjemni znanstveni dosežek**

Sistematično smo raziskali pripravo prevodnih nanostruktur PANI s kemijsko oksidacijo v raztopinah različnih ionskih tekočin (IT). PANI nanostrukture smo pripravili z amonijevem peroksodisulfatom (APS) v kislinskih vodnih raztopinah IT. Morfologija PANI se bistveno spremeni, ko anilin polimeriziramo v prisotnosti IT in sicer lahko dobimo od nanožičk do tridimenzionalnih struktur, za razliko od aglomeriranih granularnih nanostruktur čistega PANI. Največji vpliv na morfologijo imata vrsta IT in molsko razmerje anilin/IT. S uporabo spektroskopskih tehnik smo ugotovili, da reakcijski pogoji ne vplivajo na kemijsko strukturo PANI, kar pomeni, da IT ne vpliva na mehanizem polimerizacije anilina. Iz rezultatov dinamičnega sipanja svetlobe sklepamo, da se IT obnašajo kot surfaktanti in tvorijo različne vrste micel, odvisno od vrste in koncentracije IT ter dodanega APS in anilina, ki delujejo kot mehaki templat in urejajo molekule monomera oziroma nastajajočih PANI molekul v različne nanostrukture.

14.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščenca oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Kemijski inštitut

Majda Žigon

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	14.3.2013
-----------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/89

¹ Opredelite raziskovalno področje po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevajalna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani agencije (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

² Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

⁵ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁷ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁹ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹¹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹² Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹³ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2012 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priložitev/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2013 v1.00
58-34-F6-E5-5E-50-40-3C-85-3F-76-25-DA-03-05-1A-FD-7A-2C-02

MATERIALI

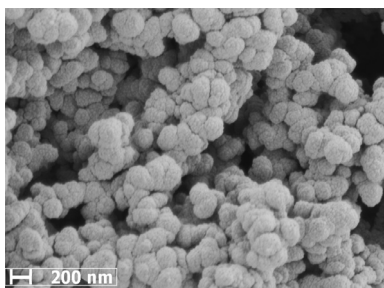
Področje: 2.04.03 – Polimerni materiali

Dosežek: Priprava eno in več dimenzionalnih nanostruktur polianilina v kislih vodnih raztopinah ionskih tekočin

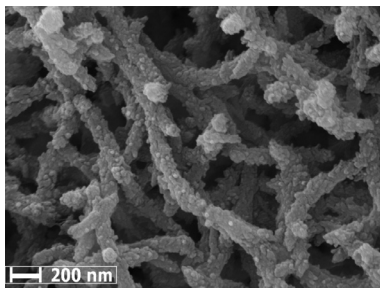
Vir: PAHOVNIK, David, ŽAGAR, Ema, KOGEJ, Ksenija, VOHLÍDAL, Jiří, ŽIGON, Majda. Polyaniline nanostructures prepared in acidic aqueous solutions of ionic liquids acting as soft templates. *Eur. Polym. J.*, 2013, str. 1-23, doi: 10.1016/j.eurpolymj.2013.02.019. [COBISS.SI-ID 5194522]

PAHOVNIK, David, ŽAGAR, Ema, VOHLÍDAL, Jiří, ŽIGON, Majda. Effect of cations on polyaniline morphology. *Chem. Pap.*, 2013, str. I-VI, doi: 10.2478/s11696-013-0352-6. [COBISS.SI-ID 5192986]

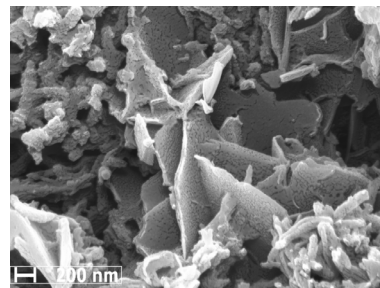
PAHOVNIK, David, ŽAGAR, Ema, VOHLÍDAL, Jiří, ŽIGON, Majda. Ionic liquid-induced formation of polyaniline nanostructures during the chemical polymerization of aniline in an acidic aqueous medium. *Synth. met.*, 2010, vol. 160, str. 1761-1766. [COBISS.SI-ID 4460570]



Polianilin brez
ionske tekočine



Polianilin z
CN1C=NC(Bu)=N1.[Cl-]



Polianilin z
CN(C)(C)C.[Cl-]

Sistematično smo raziskali pripravo prevodnih nanostruktur PANI s kemijsko oksidacijo v raztopinah ionskih tekočinah z namenom, da ugotovimo zakonitosti pri nastanku nanostruktur. PANI nanostrukture smo pripravili z amonijevem peroksodisulfatom (APS) v kislih vodnih raztopinah ionskih tekočin. Uporabili smo imidazolijeve, piridinijeve, pirolidinijeve in kvaterne amonijeve ionske tekočine. Morfologija PANI se bistveno spremeni, ko anilin polimeriziramo v prisotnosti ionskih tekočin in sicer lahko dobimo od nanožičk do zapletenih tridimenzionalnih struktur, za razliko od aglomeriranih granularnih nanostruktur čistega PANI. Največji vpliv na morfologijo imata vrsta ionske tekočine in molsko razmerje med anilinom in ionsko tekočino. Z uporabo spektroskopskih tehnik smo ugotovili, da reakcijski pogoji praktično ne vplivajo na kemijsko strukturo PANI. Zato sklepamo, da ionska tekočina ne vpliva na mehanizem polimerizacije anilina. Iz rezultatov dinamičnega sipanja svetlobe sklepamo, da se ionske tekočine obnašajo kot surfaktanti in tvorijo različne vrste micel, odvisno od vrste in koncentracije ionske tekočine ter dodanega APS in anilina, ki delujejo kot mehaki templat in urejajo molekule monomera oziroma nastajajočih PANI molekul v različne nanostrukture.