وزارت علوم تحقیقات و فناوری

دانشگاه دامغان

دانشکده شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد
(شیمی-گرایش آلی)

سنتز و شناسایی پلی‌آنیلین و نانوکامپوزیت‌های پلی‌آنیلین/نقره؛ پلی‌پیرول و نانوکامپوزیت‌های پلی‌پیرول/نقره

توسط :

مرضیه برزگر

استاد راهنما :

دکتر حسین بهنیافر

شهریور 1390

وزارت علوم تحقیقات و فناوری

دانشگاه دامغان

دانشکده شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد
(شیمی-گرایش آلی)

سنتز و شناسایی پلی‌آنیلین و نانوکامپوزیت‌های پلی‌آنیلین *ا*نقره؛ پلی‌پیرول و نانوکامپوزیت‌های پلی‌پیرول *ا*نقره

توسط :

مرضیه برزگر

استاد راهنما :

دکتر حسین بهنیافر

شهریور 1390

به نام خدا

سنتز و شناسایی پلی‌آ نیلین و نانوکامپوزیت‌های پلی‌آ نیلین *ا*نقره؛ پلی‌پیرول و نانوکامپوزیت‌های پلی‌پیرول *ا*نقره

به وسیله‌ی:

مرضیه برزگر

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی
از فعالیتهای لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد شیمی

در رشته‌ی:

شیمی (گرایش آلی)

از دانشگاه دامغان

ارزیابی و تأیید شده توسط کمیته داوران با درجه : عالی

1- دکتر حسین بهنیافر، دانشیار شیمی پلیمر- آلی دانشکده شیمی دانشگاه دامغان (استاد راهنما) .....
2- دکتر سید قاسم آقاپور، استادیار شیمی آلی دانشکده شیمی دانشگاه دامغان (استاد داور) .....
3- دکتر سید علی پورموسوی، استادیار شیمی آلی دانشکده شیمی دانشگاه دامغان (استاد داور) .....
4- دکتر احمد سلیمان‌پور، استادیار شیمی تجزیه دانشکده شیمی دانشگاه دامغان (نماینده تحصیلات تکمیلی) .....

شهریور 1390

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به عزیزترین عزیزانم

پدر و مادرم

به پاس فداکاری‌هایشان

سپاسگزاری

اکنون که به یاری خدا تدوین و نگارش این پایان نامه به اتمام رسیده است، بر خود لازم می-دانم که از همه عزیزانی که در به ثمر رسیدن این تحقیق موثر بوده‌اند سپاسگزاری نمایم. در ابتد از خانواده عزیزم، به خصوص پدر و مادرم که بهترین سال‌های زندگی‌شان را به‌پای فرزندان خود ریخته‌اند و همواره و در همه حال، حامی و پشتیبان من بودند، کمال تشکر و قدردانی را به جا می‌آورم. از استاد راهنمای عزیز و ارجمندم جناب آقای دکتر حسین بهنیافر به خاطر راهنمایی‌ها، کمک‌های ارزشمند و دلسوزی‌هایشان و از جناب آقای دکتر مهدی باقری محققی رئیس آزمایشگاه تحقیقاتی حالت جامد به‌خاطر راهنمایی‌هایشان سپاسگزاری می‌نمایم. از همه دوستان و همچنین همکارانم در آزمایشگاه، سپاسگزاری می‌کنم و از صمیم قلب برایشان آرزوی سلامت و سعادت دارم و امیدوارم در تمامی مراحل زندگی‌شان موفق باشند.

چکیده

سنتز و شناسایی پلی‌آنیلین و نانوکامپوزیت‌های پلی‌آنیلین/نقره؛
پلی‌پیرول و نانوکامپوزیت‌های پلی‌پیرول/نقره

به وسیله‌ی:

مرضیه برزگر

برای تهیه نانوکامپوزیت پلی‌آنیلین/ نقره (PANI/Ag) با استفاده از محلول کلوئیدی یا پودرهای ریز نانوذره‌های نقره از قبل تهیه شده با حضور و عدم حضور سورفکتانت آنیونی سدیم دودسیل‌بنزن‌سولفونات (DBSNa) و نیز شتاب‌دهنده‌ی واکنش *p*- فنیلن‌دی‌آمین مسیری ساده به کار رفته است. علاوه بر این، نانوهیبرید پلی‌پیرول/ نقره (PPy/Ag) همانند روشی که برای تهیه نانوکامپوزیت PANI/Ag در غیاب *p*- فنیلن‌دی‌آمین به کار رفت تهیه گردید. برای مقایسه نتایج به دست آمده دو نمونه خالص از PANI و PPy تحت شرایط یکسان به وسیله آمونیم‌پراکسی‌دی‌سولفات (APS) به عنوان اکسیدکننده‌ی واکنش تهیه شد. آنالیز XRD وجود نقره فلزی با اندازه‌ی 20-30 nm را در کامپوزیت تأیید کرد. در حالی که طیف مرئی کامپوزیت PANI پایه دو پیک با بیشینه جذب 600 nm و 300 را نشان داده است. برای نمک‌های PANI این دو بیشینه جذب در حدود 800 nm و 400 ظاهر شده است. تصاویر SEM نمونه‌ها مورفولوژی کروی‌شکلی را نشان می‌دهد که از یکنواختی مناسبی برخوردارند. تجزیه کامل مواد آلی شامل الیگومرهای ANI و PANI مانند الیگومرهای Py و PPy در محدوده‌ی دمایی 400-600°C قرار گرفته است. اندازه‌گیری رسانایی نمونه‌های نانوکامپوزیت به طور آشکار نشان داد که این گروه از مواد می‌توانند جزء پلیمرهای رسانا طبقه‌بندی شوند.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

1- پلیمرهای رسانای جریان الکتریسته..... 1

1-1- دوپینگ در پلیمرهای رسانا..... 4

1-1-1- دوپینگ اکسایشی-کاهشی..... 5

1-1-2- دوپینگ غیر اکسایشی-کاهشی..... 7

1-2- مکانیسم رسانایی در پلیمرهای رسانا..... 8

1-3- اندازه‌گیری رسانایی..... 12

2- پلی‌آنیلین..... 14

2-1- ساختار پلی‌آنیلین..... 16

2-2- سنتز پلی‌آنیلین..... 21

2-2-1- سنتز پلی‌آنیلین به روش شیمیایی..... 22

2-2-1-1- سنتز پلی‌آنیلین به روش کلوئیدی..... 23

2-2-1-2- پلیمری‌شدن امولسیونی..... 25

2-2-2- سنتز پلی‌آنیلین به روش الکتروشیمیایی..... 26

3- کامپوزیت فلز-پلی‌آنیلین..... 29

4- پژوهش‌های اخیر پیرامون نانوکامپوزیت‌های فلز و اکسیدفلز/PANI..... 33

5- پلی‌پیرول..... 55

5-1- روش‌های سنتز پلی‌پیرول..... 56

1-1-5- سنتز پلی‌پیرول به روش شیمیایی..... 56
2-1-5- سنتز پلی‌پیرول به روش الکتروشیمیایی..... 58
6- هدف طرح پژوهشی جاری..... 62

فصل دوم: بخش تجربی

2-1- مواد شیمیایی..... 64
2-2- دستگاهوری..... 64
2-3- تهیه نمونه‌های خالص، نانوذره نقره و کامپوزیت‌ها..... 66
2-3-1- تهیه امرالدین پایه (EB) خالص با روش غیر امولسیونی در محیط خنثی..... 66
2-3-2- تهیه نمک امرالدین (ES) خالص با روش غیر امولسیونی در محیط اسیدی..... 66
2-3-3- تهیه ES خالص به روش امولسیونی..... 66
2-3-4- تهیه EB خالص از ES خالص..... 67
2-3-5- تهیه نانوذره‌های جامد نقره..... 67
2-3-6- تهیه نانوکامپوزیت PANI(ES)/Ag با استفاده از نانوذره‌های جامد نقره با روش امولسیونی..... 68
2-3-7- سنتز نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش غیر امولسیونی..... 68
2-3-8- تهیه نانوکامپوزیت PANI(ES)/Ag با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش امولسیونی... 69
2-3-9- تهیه نانوکامپوزیت PANI(ES)/Ag با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش امولسیونی در حضور شتاب‌دهنده‌ی PDA..... 70
2-3-10- تهیه نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag از PANI(ES)/Ag..... 71
2-3-11- تهیه PPy خالص به روش امولسیونی..... 71
2-3-12- تهیه نانوکامپوزیت PPy/Ag با روش امولسیونی با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی..... 72

فصل سوم: بحث و نتیجه‌گیری

3-1- تهیه PANI خالص 74

3-2- تهیه نانوکامپوزیت PANI/Ag 86

3-3- تهیه PPy خالص و تهیه نانوکامپوزیت PANI/Ag 111

3-4- نتیجه‌گیری 119

منابع 121

پیوست 1: تصاویر دستگاه‌های مورد استفاده 127

پیوست 2: واژه‌نامه فارسی- انگلیسی 134

جدول‌ها

عنوان و شماره **صفحه**

جدول 1-2: تأثیر اسید روی نمک PANI..... 52

جدول 1-1: عوامل اکسیدکننده مورد استفاده برای پلیمری‌شدن پیرول در حلال‌های آلی و آبی..... 57

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل 1-1: ساختار شیمیایی برخی از پلیمرهای رسانا..... 3

شکل 1-2: مقایسه رسانایی برخی از پلیمرهای مزدوج دوپه شده با دیگر مواد، از کوارتز (نارسانا) تا مس (رسانا)..... 4

شکل 1-3: ساختار سولیتون p-دوپینگ ترانس پلی‌استیلن..... 5

شکل 1-4: دوپانت‌های مختلف، نوع دوپینگ و رسانایی بیشینه در بعضی از پلیمرهای رسانای ذاتی..... 7

شکل 1-5: دوپینگ فرم امرالدین پلی‌آنیلین با محلول هیدروکلریک اسید..... 7

شکل 1-6: (الف) و (ب) فواصل انرژی الکترونی مواد در حالت‌های مختلف رسانایی..... 8

شکل 1-7: ساختار پلارون (الف) و بای‌پلارون (ب) تحت تأثیر اکسایش نوع p-دوپینگ در زنجیر پلی استیلن..... 9

شکل 1-8: تشکیل پلارون و بای‌پلارون تحت تأثیر فرآیند اکسایش نوع p-دوپینگ در پلی‌پیرول..... 10

شکل 1-9: تغییر ساختار پیوندی پلی‌پیرول در اثر دوپینگ (الف) میزان کم دوپینگ؛ تشکیل پلارون ; (ب) میزان متوسط دوپینگ؛ تشکیل بای‌پلارون; (ج) میزان بالای دوپینگ؛ تشکیل باندهای بای‌پلارون. 11

شکل 1-10: طول (L)، عرض (W) و ضخامت نمونه (t) برای اندازه‌گیری رسانایی..... 13

شکل 1-11: اندازه‌گیری رسانایی مواد با روش چهار میله‌ای..... 14

شکل 1-12: اتصال‌های سر به سر، دم به دم و سر به دم پلی‌آنیلین..... 17

شکل 1-13: حالت‌های مختلف اکسایش و کاهش پلی‌آنیلین..... 18

شکل 1-14: حالت‌های مختلف پلی‌آنیلین و تغییرهای داخلی آن..... 20

شکل 1-15: فرمول تعمیم یافته پلی‌آنیلین..... 21

شکل 1-16: مکانیسم پلیمری‌شدن شیمیایی آنیلین (سر به دم) 23

شکل 1- 17: میکروگراف SEM ذره‌های کلوئیدی پلی‌آنیلین در حضور پایدارکننده PVP..... 25

شکل 1-18: سامانه‌ی سه الکترودی سنتز الکتروشیمیایی PANI..... 27

شکل 1-19: میکروگراف SEM از رسوب نانوگلوله‌های پلی‌آنیلین تزئین شده با نانوذره‌های طلا..... 34

شکل 1-20: تصاویر TEM از یک نانوگلوله‌ی پلی‌آنیلین تزئین شده با نانوذره‌های طلا (الف) و چند نانو-گلوله‌ی پلی‌آنیلین تزئین شده با نانوذره‌های طلا که به هم پیوسته‌اند (ب) 34

شکل 1-21: تصاویر TEM از (الف) PANI خالص، (ب) نانوکامپوزیت PANI و ذره‌های طلا تهیه شده پس از وارد کردن پایدارکننده PVP به محلول کلوئیدی طلا..... 35

شکل 1-22: میکروگراف (الف) SEM و (ب) TEM میکروورقه‌های کامپوزیت PANI-Pd تهیه شده از $PdCl_2$ به مونومر آنیلین با نسبت مولی اولیه 0/5:1..... 36

شکل 1-23: دیفرکتوگرام XRD از (الف) PANI تهیه شده با استفاده از APS به عنوان اکسیدانت؛ (ب) کامپوزیت PANI-Pd تهیه شده در $PdCl_2$ و مونومر آنیلین با نسبت مولی اولیه 0/2:1؛ (ج) کامپوزیت PANI-Pd تهیه شده در $PdCl_2$ و مونومر آنیلین با نسبت مولی اولیه 0/5:1..... 37

شکل 1-24: رسانایی و مقدار PANI از کامپوزیت میکروورقه‌های PANI-Pd به عنوان تابعی از نسبت مولی اولیه $PdCl_2$ به مونومر آنیلین..... 38

شکل 1-25: لگاریتم رسانایی در مقابل دما برای PANI و تهیه کامپوزیت PANI-Pd با نسبت مولی اولیه $PdCl_2$ به مونومر آنیلین 0/2:1..... 39

شکل 1-26: میکروگراف SEM حاصل از نانوکامپوزیت PANI-Fe/AOT..... 40

شکل 1-27: طیف FT-IR از نانوکامپوزیت PANI-AOT-Pt..... 41

شکل 1-28: میکروگراف SEM از نانوکامپوزیت PANI-AOT-Pt..... 42

شکل 1-29: میکروگراف SEM از نانوفیبر (الف) PANI، (ب) PANI-Ag و (ج) PANI-Pt..... 43

شکل 1-30: تصاویر TEM از نانوفیبر (الف) PANI، (ب) PANI-Ag و (ج) PANI-Pt..... 43

شکل 1-31: منحنی‌های ترموگراویمتری از نانوفیبر (الف) PANI، (ب) PANI-Ag و (ج) PANI-Pt..... 45

شکل 1-32: دیفرکتوگرام WXRD از (الف) نانوذره‌های SiO_2، (ب) ذره‌های کامپوزیت PANI/nano-SiO_2 و (ج) PANI دوپه شده..... 46

شکل 1-33: تصاویر TEM از (الف) نانوذره‌های SiO_2 و (ب) کامپوزیت PANI/nano-SiO_2..... 47

شکل 1-34: ترموگرام TGA از (الف) نانوذره‌های SiO_2، (ب) کامپوزیت PANI/nano-SiO_2 و (ج) پلی‌آنیلین دوپه شده..... 48

شکل 1-35: ترموگرام TGA از (الف) نانوذره‌های TiO_2 و (ب) کامپوزیت PANI/nano-TiO_2..... 49

شکل 1-36: دیفرکتوگرام WXRD از (الف) نانوذره‌های TiO_2، (ب) کامپوزیت PANI/nano-TiO_2 و (ج) PANI دوپه شده..... 50

شکل 1-37: تصویر TEM از کامپوزیت PANI/nano-TiO_2..... 51

شکل 1-38: واکنش نقره نیترات با نمک پلی‌آنیلین و تولید فلز نقره و پرنیگرآنیلین..... 53

شکل 1-39: کامپوزیت PANI-Ag توسط کاهش نقره نیترات با پلی‌آنیلین پروتونه شده با هیدرو-کلریک اسید (بالایی)، سولفوریک اسید (وسطی) تارتاریک اسید (پایینی)..... 53

شکل 1-40: تصاویر TEM از (الف) نانوذره‌های Ag خالص، (ب) PANI خالص، (ج) کامپوزیت PANI-Ag و (د) توده‌ای از نانوذره‌های Ag در کامپوزیت PANI-Ag..... 54

شکل 1-41: سنتز پلی‌پیرول با استفاده از اکسیدانت $FeCl_3$..... 58

شکل 1-42: مسیرهای واکنش ممکن برای اتصال پیرول-پیرول در پلیمری‌شدن..... 60

شکل 1-43: مکانیسم تشکیل پلی‌پیرول به روش الکتروشیمیایی..... 61

شکل 1-44: واکنش اختتام پلی‌پیرول..... 62

شکل 3-1: طیف FT-IR از EB خالص تهیه شده با روش غیر امولسیونی در محیط خنثی..... 75

شکل 3-2: طیف جذبی UV-Vis (DMSO) از EB خالص تهیه شده با روش غیر امولسیونی در محیط خنثی..... 75

شکل 3-3: میکروگراف SEM از EB خالص تهیه شده با روش غیر امولسیونی در محیط خنثی..... 76

شکل 3-4: طیف FT-IR از ES خالص تهیه شده با روش غیر امولسیونی در محیط اسیدی..... 77

شکل 3-5: طیف جذبی UV-Vis (DMSO) از ES خالص تهیه شده با روش غیر امولسیونی در محیط اسیدی..... 77

شکل 3-6: میکروگراف SEM از ES خالص تهیه شده با روش غیر امولسیونی در محیط اسیدی..... 78

شکل 3-7: طیف FT-IR از EB خالص تهیه شده با روش غیر امولسیونی در محیط اسیدی..... 79

شکل 3-8: طیف جذبی UV-Vis (DMSO) از EB خالص تهیه شده با روش غیر امولسیونی در محیط اسیدی..... 79

شکل 3-9: میکروگراف SEM از EB خالص تهیه شده با روش غیر امولسیونی در محیط اسیدی..... 80

شکل 3-10: طیف FT-IR از ES خالص تهیه شده با روش امولسیونی..... 81

شکل 3-11: طیف جذبی UV-Vis (DMSO) از ES خالص تهیه شده با روش امولسیونی..... 81

شکل 3-12: میکروگراف SEM از ES خالص تهیه شده با روش امولسیونی..... 82

شکل 3-13: طیف FT-IR از EB خالص تهیه شده با روش امولسیونی..... 83

شکل 3-14: طیف جذبی UV-Vis (DMSO) از EB خالص تهیه شده با روش امولسیونی..... 83

شکل 3-15: میکروگراف SEM از EB خالص تهیه شده با روش امولسیونی..... 84

شکل 3-16: تصویر TEM از EB خالص تهیه شده با روش امولسیونی..... 84

شکل 3-17: دیفرکتوگرام XRD از EB خالص تهیه شده با روش امولسیونی..... 85

شکل 3-18: ترموگرام TGA از EB خالص تهیه شده با روش امولسیونی..... 86

شکل 3-19: طیف FT-IR نانوکامپوزیت PANI(ES)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های جامد نقره.. 88

شکل 3-20: طیف جذبی UV-Vis (DMSO) نانوکامپوزیت PANI(ES)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های جامد نقره..... 89

شکل 3-21: میکروگراف SEM نانوکامپوزیت PANI(ES)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های جامد نقره..... 89

شکل 3-22: طیف FT-IR نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های جامد نقره.. 90

شکل 3-23: طیف جذبی UV-Vis (DMSO) نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های جامد نقره..... 91

شکل 3-24: میکروگراف SEM نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های جامد نقره..... 91

شکل 3-25: تصویر TEM نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های جامد نقره..... 92

شکل 3-26: دیفرکتوگرام XRD نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های جامد نقره..... 93

شکل 3-27: ترموگرام TGA نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های جامد نقره..... 94

شکل 3-28: طیف FT-IR نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش غیر امولسیونی..... 95

شکل 3-29: طیف جذبی UV-Vis (DMSO) نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش غیر امولسیونی..... 96

شکل 3-30: میکروگراف SEM نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش غیر امولسیونی..... 96

شکل 3-31: دیفرکتوگرام XRD نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش غیر امولسیونی..... 97

شکل 3-32: طیف FT-IR نانوکامپوزیت PANI(ES)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش امولسیونی..... 98

شکل 3-33: طیف جذبی UV-Vis (DMSO) نانوکامپوزیت PANI(ES)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش امولسیونی..... 99

شکل 3-34: میکروگراف SEM نانوکامپوزیت PANI(ES)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های نقره

کلوئیدی با روش امولسیونی..... 99

شکل 3-35: طیف FT-IR نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش امولسیونی..... 100

شکل 3-36: طیف جذبی UV-Vis (DMSO) نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش امولسیونی..... 101

شکل 3-37: میکروگراف SEM نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش امولسیونی..... 101

شکل 3-38: تصویر TEM نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش امولسیونی..... 102

شکل 3-39: دیفرکتوگرام XRD نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش امولسیونی..... 103

شکل 3-40: ترموگرام TGA نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش امولسیونی..... 104

شکل 3-41: طیف FT-IR نانوکامپوزیت PANI(ES)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش امولسیونی در حضور شتاب‌دهنده‌ی PDA..... 105

شکل 3-42: طیف جذبی UV-Vis (DMSO) نانوکامپوزیت PANI(ES)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش امولسیونی در حضور شتاب‌دهنده‌ی PDA..... 106

شکل 3-43: میکروگراف SEM نانوکامپوزیت PANI(ES)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش امولسیونی در حضور شتاب‌دهنده‌ی PDA..... 106

شکل 3-44: طیف FT-IR نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش امولسیونی در حضور شتاب‌دهنده‌ی PDA..... 107

شکل 3-45: طیف جذبی UV-Vis (DMSO) نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش امولسیونی در حضور شتاب‌دهنده‌ی PDA..... 108

شکل 3-46: میکروگراف SEM نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش امولسیونی در حضور شتاب‌دهنده‌ی PDA 109

شکل 3-47: تصویر TEM نانوکامپوزیتPANI(EB)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش امولسیونی در حضور شتاب‌دهنده‌ی PDA 109

شکل 3-48: دیفرکتوگرام XRD نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش امولسیونی در حضور شتاب‌دهنده‌ی PDA 110

شکل 3-49: ترموگرام TGA نانوکامپوزیت PANI(EB)/Ag تهیه شده با استفاده از نانوذره‌های نقره کلوئیدی با روش امولسیونی در حضور شتاب‌دهنده‌ی PDA 111

شکل 3-50: طیف FT-IR از PPy خالص 112

شکل 3-51 طیف جذبی UV-Vis (DMSO) از PPy خالص 113

شکل 3-52: میکروگراف SEM از PPy خالص 113

شکل 3-53: دیفرکتوگرام XRD ازPPy خالص 114

شکل 3-54: طیف FT-IR نانوکامپوزیت PPy/Ag 115

شکل 3-55 طیف جذبی UV-Vis (DMSO) نانوکامپوزیت PPy/Ag 115

شکل 3-56: میکروگراف SEM نانوکامپوزیت PPy/Ag 116

شکل 3-57: تصویر TEM نانوکامپوزیت PPy/Ag 117

شکل 3-58: دیفرکتوگرام XRD نانوکامپوزیت PPy/Ag 118

شکل 3-59: ترموگرام TGA نانوکامپوزیت PPy/Ag 119

1- پلیمرهای رسانای جریان الکتریسته

پلیمرها یکی از مهم‌ترین مواد شناخته شده طی نیم‌قرن اخیر به شمار می‌روند. بخش قابل توجهی از توسعه و پیشرفت حقیقی در زمینه‌ی این مواد با کشف و مطالعه‌ی پلیمرهای رسانا آغاز شد. پلیمرهایی که از نظر الکتریکی رسانای جریان الکتریسته هستند دارای خواص متنوعی می‌باشند که این خواص مربوط به رفتار الکتروشیمیایی آن‌ها است. اهمیت این پلیمرها به اندازه‌ای است که در سال 2000 شیراکاوا[1] به همراه هیگر[2] و مک‌دیارمید[3] به علت پژوهش-های گسترده در این زمینه جایزه نوبل دریافت کردند [1،2].

در سال 1958 پلی‌استیلن برای اولین بار توسط ناتا[4] و همکارانش به صورت پودر سیاه رنگ سنتز شد و به عنوان یک نیم‌رسانا، هدایتی دربازه‌ی 10^{-11}-10^{-3} S cm^{-1} داشت [3]. مطالعات پیرامون این پلیمر نیم‌رسانا همراه با حاشیه‌های مبهم آن تا سال 1967 گسترش چندانی پیدا نکرد.

پیشرفت واقعی در پلیمرهای رسانا زمانی اتفاق افتاد که هدایت بالا و قابل مقایسه با هدایت فلزی در فیلم‌های پلی‌استیلن بلوری با واردسازی موادی به نام دوپانت‌های نوع p که در ادامه به آن‌ها خواهیم پرداخت مشاهده شد [1].

در سال 1973 یک کشف کلیدی که باعث تغییر در نظریه پلیمرهای رسانا شد این بود که دریافتند پلیمر معدنی پلی‌سولفور نیترید $(SN)_x$ بسیار رسانا است. هدایت آن در دمای اتاق در

[1] Shirakawa
[2] Heeger
[3] MacDiarmid
[4] Natta