بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده شیمی

تهیه و بررسی خواص نانوکامپوزیت‌های پلی(آمید-ایمید)/اکسیدروی فعال نوری جدید و پلی وینیل الکل/خاک رس اصلاح شده/اکسیدروی مشتق شده از آمینواسیدهای L-فنیل آلانین و L-تیروسین

پایان‌نامه کارشناسی ارشد شیمی آلی- پلیمر

مریم مدنی

استاد راهنما

پرفسور شادپور ملک‌پور

۱۳۸۹

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده شیمی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته شیمی آلی- پلیمر مریم مدنی

تحت عنوان

تهیه و بررسی خواص نانوکامپوزیت‌های پلی(آمید-ایمید)/اکسیدروی فعال نوری جدید و پلی وینیل الکل/خاک رس اصلاح شده/اکسیدروی مشتق شده از آمینواسیدهای L- فنیل آلانین و L- تیروسین

در تاریخ ۱۳۸۹/۱۱/۲۰ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت:

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه	پروفسور شادپور ملک‌پور
۲- استاد مشاور پایان‌نامه	دکتر کاظم کرمی
۳- استاد داور	دکتر حمید جواهریان نقاش
۴- استاد داور	پروفسور عبدالحسین دباغ
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	پروفسور بیژن نجفی

Isfahan University of Technology
Department of Chemistry

Preparation and Properties of Novel Optically Active Poly(amide-imide)/ZnO and Poly(vinyl alcohol)/Modified Cloisite Na^+/ZnO Nanocomposites Derived from L -Phenylalanine and L -Tyrosine Amino acids

A Thesis
Submitted in partial fulfillment of the requirements
for the degree of Master of Science

By
Maryam Madani

Evaluated and Approved by the Thesis Committee, on February 09, 2011

1- S. Mallakpour, Prof. (Supervisor)

2- K. Karami, Assist. Prof. (Advisor)

3- H. Javaherian Naghash, Assoc. Prof. (Examiner)

4- A. H. Dabbagh, Prof. (Examiner)

B. Najafi, Prof. (Department Graduate Coordinator)

به پاس محبت‌های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی‌کند

تقدیم به

پدر و مادر

مهربانم

تقدیر و تشکر

سپاس خدایی را که اول است بی آنکه پیش از او اولی باشد، و آخر است بی آنکه پس از او آخری باشد خدایی که دیده‌های بینندگان از دیدنش فرو مانده و اندیشه‌های توصیف کنندگان از وصفش عاجز شده‌اند.

از پدر و مادر عزیزم، والدینی که تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی بر بودنم، صمیمانه سپاسگزارم. از بهترین دوستان و یاران زندگیم، خواهر و برادران خوبم که در تمام مراحل زندگی مشوق و همراهم بودند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از استاد راهنمای بزرگوارم، جناب آقای پروفسور ملک پور که همواره در مراحل انجام پژوهش از راهنمایی‌ها و محبت‌های ارزنده ایشان برخوردار بوده‌ام، به خاطر تمامی لطف‌ها و حمایت‌هایشان نهایت تشکر و سپاس را دارم. آرزومندم که ایشان در تمامی مراحل زندگی موفق و سربلند باشند.

همچنین از جناب آقای دکتر کرمی که مشاوره‌ی این پایان نامه را بر عهده داشتند و جناب آقای دکتر جواهریان و دکتر دباغ که زحمت مطالعه و داوری پایان نامه را بر عهده گرفتند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از تمام دوستانم در آزمایشگاه تحقیقاتی پلیمر به خاطر کمک و هم فکری‌شان به خصوص، خانم‌ها زراعت پیشه، سلطانیان، اسدی، مسلمی و آقایان براتی، شاهنگی، دیناری و حاتمی بی نهایت سپاسگزارم. همچنین از دوستان بسیار خوبم در ورودی ۸۷ آلی کمال تشکر و امتنان را دارم.

و در پایان از هم اتاقی‌های بسیار عزیزم خانم‌ها قلی زاده، برنده، و لقمانی که خاطرات خوبی را با هم در خوابگاه داشتیم صمیمانه تشکر کرده و برای این عزیزان آرزوی موفقیت و خوشبختی دارم.

اگر قادر نیستی خود را بالا ببری همانند سیب باش تا با افتادنت اندیشه‌ای را بالا ببری...

مریم مدنی

بهمن ۱۳۸۹

چکیده

در طی این پروژه تحقیقاتی، یک‌سری نانوکامپوزیت‌های پلیمر/اکسید روی (ZnO) فعال نوری و زیست‌تخریب‌پذیر جدید بر پایه آمینواسید سنتز گردید. بدین منظور ابتدا پلی(آمید-ایمید) از طریق پلیمرشدن تراکمی *N*،*N*′-(پیروملیتوئیل)-بیس-L-فنیل آلانین دی اسید کلراید با ۴،۴′-دی آمینودی فنیل سولفون تهیه شد. طی واکنش‌های متعدد شرایط واکنش از نظر زمانی و دمایی بهینه گردید. پلیمر به دست آمده راندمان خوبی را نشان داد و ساختار شیمیایی پلیمر آن با استفاده از طیف‌سنجی FT-IR، ^{1}H-NMR و آنالیز عنصری شناسایی گردید. خواص حرارتی پلیمر نیز با استفاده از آنالیز حرارتی TGA مطالعه شد. دربخش دیگر پروژه، نانوذرات آبدوست ZnO، برای سازگاری با ماتریس پلیمری با معرف‌های KH570 و KH550 اصلاح گردیدند. سپس نانوکامپوزیت‌های PAI/ZnO با استفاده از امواج فراصوت تهیه شدند. نانوکامپوزیت‌های تهیه شده با استفاده از روش‌های مختلفی چون طیف‌سنجی FT-IR، XRD و مورفولوژی آنها توسط SEM، FE-SEM و TEM بررسی شد. نتایج FE-SEM و TEM نشان داده‌اند که نانوذرات ZnO به طور یکنواخت در ماتریس پلیمر پراکنده شده‌اند. خواص حرارتی نانوکامپوزیت‌ها نیز توسط TGA بررسی گردید. نتایج TGA نشان داد که خواص حرارتی نانوکامپوزیت‌ها با افزایش مقدار نانو ذرات بهبود پیدا کرده است. در قسمت دیگر، خاک رس با استفاده از آمینو اسید L-تیروسین توسط واکنش تبادل کاتیون اصلاح شد. این خاک رس اصلاح شده جدید با استفاده از FT-IR، XRD و TGA شناسایی شد. سپس نانوکامپوزیت‌های PVA با پراکنده‌کردن خاک رس اصلاح شده تهیه گردید. نتایج نشان داد که ساختارهای بین لایه‌ای و از هم‌گسیخته در نانوکامپوزیت PVA وجود دارد. داده‌های TGA نسبت به خالص مقایسه گردید و مشاهده شد که با مقدار کمی از خاک رس اصلاح شده پایداری حرارتی نانوکامپوزیت‌ها بهبود پیدا کرده است. همچنین طیف UV-Vis عبوری فیلم‌های PVA و نانوکامپوزیت‌های آن در ناحیه مرئی (nm ۸۰۰-۴۰۰) دارای شفافیت نسبتا خوبی هستند. در بخش آخر، نانوکامپوزیت‌های PVA حاوی نانوذرات ZnO با استفاده از نانوکامپوزیت خاک رس اصلاح شده-PVA تهیه شدند. نانوکامپوزیت‌های تهیه شده با استفاده روش‌های شناسایی از قبیل FT-IR و XRD، مورد بررسی قرار گرفتند و مورفولوژی آنها با استفاده SEM، FE-SEM و TEM مطالعه شد. خواص حرارتی نانوکامپوزیت‌های تهیه شده به کمک آنالیز حرارتی TGA مطالعه گردید. نتایج نشان داد که خواص حرارتی نانوکامپوزیت‌ها در حضور نانو ذرات ZnO بهبود پیدا کرده است. همچنین خواص نوری نانوکامپوزیت‌ها با استفاده از تکنیک UV-Vis بررسی شد. به علت داشتن قطعات آمینواسید در زنجیر پلیمری و نانوذرات ZnO سازگار با محیط زیست، انتظار می‌رود نانوکامپوزیت‌های تهیه شده زیست تخریب‌پذیر باشند.

کلمات کلیدی: پلیمر فعال نوری، نانوکامپوزیت، ZnO، معرف‌های اصلاح‌کننده، پایداری حرارتی، زیست‌تخریب‌پذیری.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

فهرست جداول ..... دوازده

فهرست طرح‌ها و شکل‌ها ..... سیزده

چکیده ۱

فصل اول: مقدمه

۱-۱- نانوکامپوزیت‌ها ۲

۱-۱-۱- تعریف و طبقه بندی نانوکامپوزیت‌ها ۲

۱-۱-۲- مزایا و معایب نانوکامپوزیت‌ها ۳

۱-۱-۳- نانوکامپوزیت‌های پلیمری ۳

۱-۱-۴- روش‌های مختلف تهیه نانوکامپوزیت‌های پلیمری ۳

۱-۱-۴-الف- پلیمرشدن درجا ۴

۱-۱-۴-ب- مخلوط‌سازی مستقیم ۴

۱-۱-۴-ج- فرآوری محلولی ۴

۱-۲- نانوذرات و خواص آن ۴

۱-۲-۱- نانوذرات اکسید روی ۵

۱-۳- سیلیکات‌های لایه‌ای ۶

۱-۳-۱- نانوکامپوزیت‌های پلیمر-خاک رس ۸

۱-۳-۲- روش‌های تهیه نانوکامپوزیت‌های پلیمر-خاک رس ۹

۱-۳-۳- ساختارهای نانوکامپوزیت‌های پلیمر-خاک رس ۹

۱-۴- معرف‌های اصلاح کننده ۱۰

۱-۴-۱- ساختار معرف‌های اصلاح کننده ۱۰

۱-۴-۲- مکانیسم معرف‌های اصلاح‌کننده ۱۱

۱-۴-۳- اصلاح سطح نانوذرات با استفاده از معرف‌های اصلاح کننده ۱۲
۱-۵- پلی‌آمیدها ۱۲
۱-۵-۱- روش‌های تهیه پلی آمیدها ۱۳
۱-۵-۱- الف- تهیه پلی آمیدها بوسیله تراکم دی اسید کلراید با دی آمین ها ۱۳
۱-۵-۱- ب- آمیدی کردن از طریق تراکم مستقیم ۱۴
۱-۵-۱- ج- پلیمر شدن حلقه گشایی ۱۴
۱-۵-۱- د- آمیدی کردن مستقیم ۱۴
۱-۶- پلی‌ایمیدها ۱۶
۱-۷- پلی(آمید- ایمید)ها ۱۷
۱-۸- نانوکامپوزیت‌های پلی‌آمید، پلی ایمید و پلی(آمید- ایمید) ۱۸
۱-۹- پلی(وینیل الکل) ۱۹
۱-۹-۱- سنتز PVA ۱۹
۱-۹-۲- خصوصیات و کاربردهای PVA ۱۹
۱-۱۰- پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر ۲۰
۱-۱۰-۱- کاربرد پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر ۲۱
۱-۱۱- پلیمرهای فعال نوری ۲۱
۱-۱۱-۱- کاربرد پلیمرهای فعال نوری ۲۳
۱-۱۲- هدف ۲۳

فصل دوم: بخش تجربی

۲-۱- مواد اولیه (تهیه و خالص‌سازی) ۲۴
۲-۲- دستگاه‌ها و تجهیزات ۲۴
۲-۳- تهیه پلی(آمید- ایمید) (۷) فعال نوری مشتق شده از PMDA (۱)، L- فنیل آلانین (۲) و دی‌آمین آروماتیک ۴،۴′- دی‌آمینو دی‌فنیل سولفون (۶) از طریق پلیمرشدن تراکمی ۲۶
۲-۳-۱- تهیه *N*،*N*′-(پیروملیتوئیل)-بیس-L-فنیل آلانین دی‌اسید (۴) ۲۶

۲-۳-۲- تهیه N،N'-(پیروملیتوئیل)-بیس-L- فنیل آلانین دی اسید کلراید (۵) ۲۶
۲-۳-۳- واکنش پلیمرشدن دی اسید کلراید (۵) با دی‌آمین آروماتیک ۴،'۴- دی آمینودی فنیل سولفون (۶)..... ۲۷
۲-۴- اصلاح سطح نانوذره اکسیدروی (ZnO) با معرف‌های اصلاح‌کننده ۲۸
۲-۴-۱- اصلاح سطح ZnO با معرف اصلاح‌کننده KH570 (گاما-متاکریلوکسی پروپیل تری متوکسی سیلان)..... ۲۸
۲-۴-۲- اصلاح سطح ZnO با معرف اصلاح‌کننده KH550 (گاما-آمینوپروپیل تری‌اتوکسی سیلان)..... ۲۸
۲-۵- نانوکامپوزیت‌های PAI/ZnO ۲۹
۲-۵-۱- تهیه نانوکامپوزیت‌های PAI/ZnO-KH570 ..... ۲۹
۲-۵-۲- تهیه نانوکامپوزیت‌های PAI/ZnO-KH550 ..... ۲۹
۲-۶- تهیه نانوکامپوزیت‌های پلی(وینیل الکل)/کلوزایت اصلاح شده/نانواکسیدروی (PVA/Cloisite Na^+/Tyr/ZnO) ۲۹
۲-۶-۱- تهیه نانوکامپوزیت‌های پلی(وینیل الکل)/کلوزایت اصلاح شده (PVA/Cloisite Na^+/Tyr) ۲۹
۲-۶-۲- تهیه نانوکامپوزیت‌های PVA/Cloisite Na^+/Tyr/ZnO ۳۰

فصل سوم: بحث ونتیجه‌گیری

۳-۱- تهیه پلی(آمید- ایمید) (۷) فعال نوری مشتق شده ازPMDA (۱)، L-فنیل آلانین (۲) و دی‌آمین آروماتیک۴،'۴-دی‌آمینو دی‌فنیل سولفون (۶) از طریق پلیمرشدن تراکمی ۳۱
۳-۱-۱- تهیه N،N'-(پیروملیتوئیل)- بیس-L- فنیل آلانین دی‌اسید (۴) ۳۱
۳-۱-۲- تهیه N،N'-(پیروملیتوئیل)- بیس-L- فنیل آلانین دی اسید کلراید (۵) ۳۳
۳-۱-۳- واکنش پلیمرشدن دی‌اسیدکلراید (۵) با دی‌آمین آروماتیک ۴،'۴-دی آمینودی فنیل سولفون (۶) از طریق پلیمرشدن تراکمی ۳۴
۳-۱-۴- شناسایی پلی(آمید- ایمید) ۳۵
۳-۱-۵- بررسی خواص حرارتی PAIv ۳۷
۳-۲- اصلاح سطح نانوذرات اکسیدروی (ZnO) با معرف‌های اصلاح‌کننده ۳۸
۳-۲-۱- اصلاح سطح ZnO با معرف اصلاح‌کننده KH570 (گاما-متاکریلوکسی پروپیل تری متوکسی سیلان)..... ۳۸
۳-۲-۲- اصلاح سطح ZnO با معرف اصلاح‌کننده KH550 (گاما-آمینوپروپیل تری‌اتوکسی سیلان)..... ۳۹

۳-۳- نانوکامپوزیت‌های PAI/ZnO ۴۱
۳-۳-۱- تهیه نانوکامپوزیت‌های PAI/ZnO-KH570 ..... ۴۱
۳-۳-۲- تهیه نانوکامپوزیت‌های PAI/ZnO-KH550 ..... ۴۱
۳-۴- شناسایی نانوکامپوزیت‌های PAI/ZnO ۴۲
۳-۵- بررسی طیف سنجی پراش پرتو- ایکس ۴۳
۳-۶- بررسی مشاهدات SEM و FE-SEM، نانوکامپوزیت‌های PAI/ZnO ۴۵
۳-۷- بررسی مشاهدات TEM از نانوکامپوزیت‌های PAI/ZnO ۴۷
۳-۸- بررسی خواص حرارتی نانوکامپوزیت‌های PAI/ZnO ۴۷
۳-۹- بررسی خواص نوری نانوکامپوزیت‌های PAI/ZnO ۴۹
۳-۱۰- تهیه نانوکامپوزیت‌های پلی(وینیل الکل)/کلوزایت اصلاح شده/نانواکسیدروی (PVA/Cloisite Na^+/Tyr/ZnO) ۵۱
۳-۱۰-۱- تهیه نانوکامپوزیت‌های پلی(وینیل الکل)/ کلوزایت اصلاح شده (PVA/Cloisite Na^+/Tyr) ۵۱
۳-۱۰-۲- تهیه نانوکامپوزیت‌های PVA/Cloisite Na^+/Tyr/ZnO ۵۲
۳-۱۱- شناسایی نانوکامپوزیت‌های PVA/Cloisite Na^+/Tyr و PVA/Cloisite Na^+/Tyr/ZnO ۵۲
۳-۱۲- بررسی طیف سنجی پراش پرتو- ایکس نانوکامپوزیت‌های PVA/Cloisite Na^+/Tyr و PVA/Cloisite Na^+/Tyr/ZnO ۵۴
۳-۱۳- بررسی مشاهدات SEM نانوکامپوزیت‌های PVA/Cloisite Na^+/Tyr و PVA/Cloisite Na^+/Tyr/ZnO ۵۷
۳-۱۴- بررسی مشاهدات TEM نانوکامپوزیت‌های PVA/Cloisite Na^+/Tyr و PVA/Cloisite Na^+/Tyr/ZnO ۵۸
۳-۱۵- بررسی خواص حرارتی نانوکامپوزیت‌های PVA/Cloisite Na^+/Tyr و PVA/Cloisite Na^+/Tyr/ZnO ۵۹
۳-۱۶- خواص نوری نانوکامپوزیت‌های PVA ۶۲
۳-۱۷- نتیجه‌گیری ۶۳
۳-۱۸- آینده‌نگری ۶۴
فهرست علائم اختصاری به‌کار رفته درمتن پایان‌نامه ۶۵
مراجع ۶۷
چکیده انگلیسی ۷۴

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۲-۱) آنالیز عنصری PAIv ۲۸

جدول (۳-۱) بهینه‌سازی شرایط واکنش تهیه PAIv ۳۵

جدول (۳-۲) نتایج آنالیز حرارتی PAIv ۳۷

جدول (۳-۳) نتایج آنالیز حرارتی نانوکامپوزیت‌های PAI/ZnO-KH570 ..... ۴۸

جدول (۳-۴) نتایج آنالیز حرارتی نانوکامپوزیت‌های PAI/ZnO-KH550 ..... ۴۸

جدول (۳-۵) موقعیت نوارهای جذبی UV-Vis پلیمر و نانوکامپوزیت‌های PAI/ZnO-KH570 ..... ۵۰

جدول (۳-۶) موقعیت نوارهای جذبی UV-Vis پلیمر و نانوکامپوزیت‌های PAI/ZnO-KH550 ..... ۵۱

جدول (۳-۷) نتایج آنالیز حرارتی نانوکامپوزیت‌های PVA/Colisite Na^+/Tyr ۶۱

جدول (۳-۸) نتایج آنالیز حرارتی نانوکامپوزیت‌های PVA/Colisite Na^+/Tyr/ZnO ۶۱

فهرست طرح‌ها و شکل‌ها

عنوان **صفحه**

طرح (۱-۱) ساختار کلی معرف‌های اصلاح کننده ۱۱

طرح (۱-۲) نمونه‌ای از معرف اصلاح کننده..... ۱۱

طرح (۱-۳) مکانیسم معرف‌های اصلاح کننده ۱۲

طرح (۱-۴) واکنش شاتن بومن..... ۱۳

طرح (۱-۵) پلیمر شدن محلول..... ۱۳

طرح (۱-۶) پلیمر شدن حلقه گشایی ۱۴

طرح (۱-۷) ۱۴

طرح (۱-۸) ۱۵

طرح (۱-۹) ۱۵

طرح (۱-۱۰) ۱۵

طرح (۱-۱۱) تعدادی از روش‌های تهیه پلی‌آمیدها..... ۱۶

طرح (۱-۱۲) ساختار کلی پلی‌ایمیدها ۱۶

طرح (۱-۱۳) نمونه‌ایی از واکنش تهیه پلی(ایمید)..... ۱۷

طرح (۱-۱۴) نمونه‌ای از پلی(آمید-ایمید)های دارای حلقه‌های ایمیدی..... ۱۸

طرح (۱-۱۵) پلی(وینیل الکل)..... ۱۹

طرح (۱-۱۶) توتومری شدن وینیل الکل به استالدهید..... ۱۹

طرح (۱-۱۷) نمونه‌ای از پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر..... ۲۱

طرح (۱-۱۸) نمونه‌ای از پلیمرهای فعال نوری..... ۲۲

طرح (۳-۱) مراحل تهیه دی‌اسید و دی‌اسید کلراید ۳۲

طرح (۳-۲) واکنش دی‌آمین (۶) و دی‌اسیدکلراید (۵) به روش تراکمی ۳۴

طرح (۳-۳) اصلاح سطح نانوذرات اکسیدروی با معرف اصلاح‌کننده KH570..... ۳۹

طرح (۳-۴) اصلاح سطح نانوذرات اکسیدروی با معرف اصلاح‌کننده KH550..... ۴۰

طرح (۳-۵) تهیه نانوکامپوزیت PAI/ZnO-KH570 ..... ۴۱
طرح (۳-۶) تهیه نانوکامپوزیت PAI/ZnO-KH550 ..... ۴۱

شکل (۱-۱) انواعی از شکل ذرات در ابعاد نانو ۵
شکل (۱-۲) انواع ساختارهای ZnO ۶
شکل(۱-۳) ساختار کلی فیلوسیلیکات ۷
شکل (۱-۴) واکنش تعویض یون بین آلکیل آمونیوم و خاک رس ۸
شکل (۱-۵) نحوه قرار گرفتن پلیمر در لایه‌های خاک رس ۸
شکل (۱-۶) انواع ساختارهای نانوکامپوزیت پلیمر-خاک رس ۱۰
شکل (۳-۱) طیف FT-IR (KBr)، دی اسید (۴) ۳۳
شکل (۳-۲) طیف FT-IR (KBr)، دی اسید کلراید (۵) ۳۳
شکل (۳-۳) طیف FT-IR (KBr)، PAIv ۳۵
شکل (۳-۴) طیف ^{1}H-NMR (۴۰۰ MHz) پلیمر (۷) ۳۶
شکل (۳-۴) (a) طیف بسط یافته ^{1}H-NMR (۴۰۰ MHz) پلیمر (۷) ۳۶
شکل (۳-۵) منحنی TGA مربوط به PAIv ۳۸
شکل (۳-۶) طیف‌های FT-IR از نانو ذرات (a) ZnO، (b) KH570، (c) نانو ذرات ZnO اصلاح شده باKH570 ..۳۹
شکل (۳-۷) طیف‌های FT-IR از KH550 و نانو ذرات ZnO اصلاح شده با KH550 ..... ۴۰
شکل (۳-۸) طیف‌های FT-IR نانوکامپوزیت‌ها با درصدهای مختلف ZnO-KH570 ..... ۴۲
شکل (۳-۹) طیف‌های FT-IR نانوکامپوزیت‌ها با درصدهای مختلف ZnO-KH550 ..... ۴۲
شکل (۳-۱۰) الگوی پراکندگی XRD (a) نانوذرات اکسیدروی، (b) نانوکامپوزیت PAI/ZnO-KH570 (۱۲٪)، (c) (۸٪)، (d) (۴٪) و (e) PAI خالص ۴۴
شکل (۳-۱۱) الگوی پراکندگی XRD نانوکامپوزیت PAI/ZnO-KH550 (۱۲٪) ۴۴
شکل (۳-۱۲) تصاویر (SEM) PAI (a)، (b) PAI/ZnO-KH570 (۱۲٪) و (c) PAI/ZnO-KH550 (۱۲٪) ۴۵
شکل (۳-۱۳) تصاویر FE-SEM مربوط به PAI ۴۶
شکل (۳-۱۴) تصاویر FE-SEM مربوط به PAI/ZnO-KH570 (۱۲٪) ۴۶

شکل (۳-۱۵) تصاویر FE-SEM مربوط به (٪۱۲) PAI/ZnO-KH550 ..... ۴۶
شکل (۳-۱۶) تصاویر TEM مربوط به (٪۱۲) PAI/ZnO-KH570 ..... ۴۷
شکل (۳-۱۷) تصاویر TEM مربوط به (٪۱۲) PAI/ZnO-KH550 ..... ۴۷
شکل (۳-۱۸) منحنی‌های TGA نانوکامپوزیت‌های PAI/ZnO-KH570 ..... ۴۹
شکل (۳-۱۹) منحنی‌های TGA نانوکامپوزیت‌های PAI/ZnO-KH550 ..... ۴۹
شکل (۳-۲۰) طیف UV-vis پلیمر، نانوذره اصلاح شده و نانوکامپوزیت‌های PAI/ZnO-KH570 ..... ۵۰
شکل (۳-۲۱) طیف UV-vis پلیمر، نانوذره اصلاح شده و نانوکامپوزیت‌های PAI/ZnO-KH550 ..... ۵۱
شکل (۳-۲۲) طیف‌های FT-IR، Tyr، $Cloisite\ Na^+$ و $Cloisite\ Na^+/Tyr$ ۵۳
شکل (۳-۲۳) طیف‌های FT-IR، $Cloisite\ Na^+/Tyr$ (a)، PVA (b)، PVA/$Cloisite\ Na^+/Tyr$ (٪۵) (c)، PVA/$Cloisite\ Na^+/Tyr$ (٪۱۰) (d)، PVA/$Cloisite\ Na^+/Tyr$ (٪۱۵) (e) PVA/$Cloisite\ Na^+/Tyr$ ۵۳
شکل (۳-۲۴) طیف‌های FT-IR نانوکامپوزیت‌های PVA/$Cloisite\ Na^+/Tyr$/ZnO تهیه شده با درصدهای مختلف ZnO ۵۴
شکل (۳-۲۵) الگوی پراکندگی XRD، $Cloisite\ Na^+$، $Cloisite\ Na^+/Tyr$ و نانوکامپوزیت‌های PVA/Colisite Na^+/Tyr ۵۵
شکل (۳-۲۶) شمای کلی اصلاح خاک رس و تهیه نانوکامپوزیت ۵۵
شکل (۳-۲۷) الگوی پراکندگی XRD، (٪۸) PVA/Colisite Na^+/Tyr/ZnO ۵۶
شکل (۳-۲۷) (a) الگوی پراکندگی بسط یافته XRD، (٪۸) PVA/Colisite Na^+/Tyr/ZnO ۵۶
شکل (۳-۲۸) تصاویر SEM مربوط به (٪۱۰) PVA/Colisite Na^+/Tyr ۵۷
شکل (۳-۲۹) تصاویر SEM مربوط به (٪۸) PVA/Colisite Na^+/Tyr/ZnO ۵۷
شکل (۳-۳۰) تصاویر TEM مربوط به (٪۱۰) PVA/Colisite Na^+/Tyr ۵۸
شکل (۳-۳۱) تصاویر TEM مربوط به (٪۸) PVA/Colisite Na^+/Tyr/ZnO ۵۹
شکل (۳-۳۲) منحنی‌های TGA $Cloisite\ Na^+$، $Cloisite\ Na^+/Tyr$، PVA و نانوکامپوزیت‌های PVA/Colisite Na^+/Tyr ۶۰
شکل (۳-۳۳) منحنی‌های TGA، PVA/Colisite Na^+/Tyr/ZnO (a) ٪۲، (b) ٪۴، (c) ٪۶، (d) ٪۸، (e) ٪۱۲ ..... ۶۰
شکل (۳-۳۴) طیف عبوری نانوکامپوزیت‌های PVA/Colisite Na^+/Tyr ۶۲

شکل (۳-۳۵) تصاویر تهیه شده از فیلم‌های نانوکامپوزیت‌های PVA/Colisite Na^+/Tyr ۶۲
شکل (۳-۳۶) طیف عبوری نانوکامپوزیت‌های PVA/Colisite Na^+/Tyr/ZnO..... ۶۳
شکل (۳-۳۷) طیف جذبی نانوکامپوزیت‌های PVA/Colisite Na^+/Tyr/ZnO..... ۶۳

فهرست علائم اختصاری به‌کار رفته درمتن پایان‌نامه

BaO	باریم اکسید
$[\alpha]_D^{25}$	چرخش ویژه اندازه‌گیری شده توسط لامپ دوتریم در $25^{o}C$
PAI	پلی(آمید-ایمید)
PVA	پلی(وینیل الکل)
PVEst	پلی(وینیل استر)
DMAc	*N,N*-دی‌متیل‌استامید
DMF	*N,N*-دی‌متیل‌فرمامید
PMDA	پیرومللیتیک‌دی‌انیدرید
ZnO	اکسیدروی
KH570	گامامتاکریلوکسی‌پروپیل‌تری‌متوکسی‌سیلان
KH550	گاماآمینوپروپیل‌تری‌اتوکسی‌سیلان
GPTMS	گلیسیدوکسی پروپیل تری‌متوکسی سیلان
TGA	آنالیز وزن‌سنجی گرمایی
NMR	رزونانس مغناطیسی هسته
SEM	میکروسکوپ الکترونی روبشی
FE-SEM	میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر زمینه
XRD	پراکندگی اشعه ایکس
TEM	میکروسکوپ الکترونی عبوری
TEA	تری‌اتیل آمین
$SOCl_2$	تیونیل کلراید
KBr	پتاسیم برماید
NaCl	سدیم کلراید
HCl	اسید کلریدریک
CH_2Cl_2	دی کلرومتان

Tyr	تیروسین
LOI	شاخص محدودکننده اکسیژن
λ_{max}	ماکزیمم جذب

فصل اول

مقدمه

۱-۱- نانوکامپوزیت‌ها

۱-۱-۱- تعریف و طبقه بندی نانوکامپوزیت‌ها

کامپوزیت به مواد مرکبی اطلاق می‌شود که از دو یا چند فاز مشخص تشکیل شده، به نحوی که فازها به صورت مجزا، خواص کاملا متفاوتی با یکدیگر داشته باشند. هدف از تهیه مواد کامپوزیتی، تقویت یکی از فازهای تشکیل دهنده آنها است. به فاز تقویت شده اصطلاحا فاز ماتریس[1] (فاز زمینه) گفته می‌شود. کامپوزیت‌های پلیمری که در آنها فاز زمینه، از نوع مواد پلیمری است، یکی از مهمترین دسته‌های مواد کامپوزیتی به شمار می‌آیند. کامپوزیت‌های پلیمری از نظر نوع فاز تقویت کننده به دو گروه کامپوزیت‌های لیفی و پودری تقسیم‌بندی می‌شوند. در کامپوزیت‌های لیفی، فاز تقویت‌کننده از رشته‌های کوتاه یا بلند الیاف تشکیل شده و در کامپوزیت‌های پودری، این فاز به صورت پودر یا ذرات ریز است.

علی‌رغم کارایی مطلوب فناوری کامپوزیت‌ها در تهیه مواد با خواص مطلوب، در اغلب موارد، مواد کامپوزیت پاسخگوی نیازهای صنعتی نبوده است. محققان به این نتیجه رسیده‌اند که چنانچه بتوان مواد را در مقیاس-های کوچک‌تر تهیه کرد، پیوندهایی که ماده با ابعاد کوچک با فازهای اطراف خود برقرار می‌کند، به مراتب قویتر از مقیاس‌های بزرگتر است. بر این اساس، شاخه جدیدی از مواد کامپوزیتی به نام نانوکامپوزیت‌ها، با ترکیبی از فناوری نانو و فناوری مواد کامپوزیت، ارائه و توسعه یافته است. بر اساس تعریف نانوکامپوزیت به ماده مرکبی گفته می‌شود که حداقل یکی از فازهای تشکیل‌دهنده آن دارای ابعاد نانو (بین ۱۰۰-۱ نانومتر) باشد. نانوکامپوزیت‌ها در مقایسه با سایر مواد کامپوزیتی، به دلیل داشتن خواص فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی برتر، کاربردهای وسیع‌تری دارند. برخی از

---

[1] Matrix