

وزارت علوم تحقیقات و فناوری



دانشگاه دامغان

دانشکده شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد

(شیمی-گرایش آلی)

روش امولسیون وارونه در تهیهی نانوامیزه‌ی پلی (۳-متیل تیوفن/تیتانیوم-
دی‌اکسید ($P3MTh/TiO_2$))

توسط :

الهه محمدی هچرود

استاد راهنما :

دکتر حسین بهنیا فر

شهریور ۱۳۹۱

وزارت علوم تحقیقات و فناوری

دانشگاه دامغان

دانشکده شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد

(شیمی-گرایش آلی)

روش امولسیون وارونه در تهیهی نانوامیزه‌ی پلی (۳-متیل تیوفن/تیتانیوم-
دی‌اکسید (P3MTh/TiO₂))

توسط :

الهه محمدی هچرود

استاد راهنما :

دکتر حسین بهنیا فر

شهریور ۱۳۹۱

به نام خدا

روش امولسیون وارونه در تهیهی نانوامیزه‌ی پلی (۳-متیل تیوفن) / تیتانیوم-
دی‌اکسید

به وسیله‌ی:

الهه محمدی هچرود

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 : **ب**

- ۱- دکتر حسین بهنیا فر، دانشیار شیمی پلیمر- آلی دانشکده شیمی دانشگاه دامغان (استاد راهنما)
- ۲- دکتر سید علی پورموسوی، دانشیار شیمی آلی دانشکده شیمی دانشگاه دامغان (استاد داور)
- ۳- دکتر سید قاسم آقاپور، استادیار شیمی آلی دانشکده شیمی دانشگاه دامغان (استاد داور)
- ۴- دکتر سید احمد نبوی، استادیار شیمی فیزیک دانشکده شیمی دانشگاه دامغان (نماینده تحصیلات تکمیلی)

شهریور ۱۳۹۱

چکیده

روش امولسیون وارونه در تهیه نانوامیزه پلی (۳-متیل تیوفن)/تیتانیوم دی اکسید (P3MTh/TiO₂)

به وسیله‌ی:

الهه محمدی هجرود

در پژوهش حاضر تلاش نمودیم با پیمودن مسیری جدید و کارآمد نانوامیزه پلی (۳-متیل تیوفن)/تیتانیوم دی-اکسید (P3MTh/TiO₂) را تهیه نماییم. این نانوامیزه در حلال‌های کلروفرم و تولوئن با استفاده از سورفکتانت آنیونی (NaDBS) و در حضور نانوذره‌های TiO₂ که از قبل از طریق حمام اولتراسونیک به‌طور یکنواخت در بستر واکنش توزیع شده بودند با روش اکسایش شیمیایی و با تکنیک امولسیون وارونه برای نخستین بار تهیه گردید. برای مقایسه نتایج به‌دست آمده و بررسی اثر حضور نانوذره بر محصول نمونه‌ی خالص از P3MTh تحت شرایط یکسان تهیه شد. آنالیز XRD وجود نانوذره‌های TiO₂ در نانوامیزه را تأیید نمود. نتایج طیف سنجی مادون قرمز (FT-IR) و فرابنفش مرئی (UV-vis) نمونه‌ها ساختار شیمیایی پلیمرها ی تهیه‌شده را مورد تأیید قرار داد. از تکنیک میکروسکوپ الکترونی نوری (TEM) برای بررسی چگونگی توزیع نانوذره‌ها در بستر نانوامیزه استفاده شد. از تکنیک‌های میکروسکوپ الکترونی پیمایشی (SEM) و گرماوزنی حرارتی (TGA) نیز به ترتیب برای بررسی موفقولوژی سطح و مقاومت حرارتی پلیمر بهره گرفته شد.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول: مقدمه
۲	پلی (۳-متیل تیوفن)(P3MTh).....
۷	۱-۱- تهیه P3MTh با روش شیمیایی.....
۱۰	۱-۱-۱- تکنیک پلیمری شدن امولسیون.....
۱۰	۱-۱-۱-۱- پلیمری شدن امولسیون بدون استفاده از عامل فعال سطحی.....
۱۱	۱-۱-۱-۲- پلیمری شدن امولسیون معکوس.....
۱۲	۱-۱-۱-۳- پلیمری شدن مینی امولسیون.....
۱۳	۱-۱-۱-۴- پلیمری شدن میکرو امولسیون.....
۱۴	۱-۱-۱-۵- پلیمری شدن امولسیون پیکرینگ.....
۱۴	۲-۱- سورفکتانت.....
۲۱	۳-۱- تیتانیوم دی اکسید.....
۲۵	۴-۱- پژوهش های اخیر پیرامون P3MTh و نانوامیزه های آن.....
۳۹	۵-۱- هدف این پژوهش.....
	فصل دوم: بخش تجربی
۴۲	۱-۲- مواد شیمیایی.....
۴۲	۲-۲- دستگاہوری.....
۴۴	۳-۲- تهیه P3MTh خالص با تکنیک امولسیون وارونه در حلال تولوئن.....

- ۴۵ ۴-۲-تهیه‌ی نانوامیژه‌ی P3MTh/TiO₂ با تکنیک امولسیون وارونه در حلال تولوئن.....
- ۴۶ ۵-۲-تهیه‌ی نانوامیژه‌ی P3MTh/TiO₂ با تکنیک امولسیون وارونه در حلال کلروفرم.....

فصل سوم: بحث و نتیجه‌گیری

- ۴۸ ۱-۳-بررسی تهیه‌ی P3MTh خالص در حلال تولوئن.....
- ۵۳ ۲-۳-بررسی تهیه‌ی نانوامیژه‌های P3MTh/TiO₂ تهیه‌شده در حلال‌های تولوئن و کلروفرم.....
- ۶۰ ۳-۳-مقایسه‌ی طیف‌ها و تصاویر مربوط به پلیمرهای سنتز شده.....
- ۶۵ ۴-۳-نتیجه‌گیری.....
- ۶۷ ۵-۳-منابع.....

جدول‌ها

صفحه	عنوان
۱۶	جدول ۱-۱: رایج‌ترین گروه‌های هیدروفیل که در سورفکتانت‌های تجاری در دسترس می‌باشند.....
۲۷	جدول ۱-۲: تاثیر مقادیر تولوئن در محلول مونومر بر روی خصوصیات آمیزه PMT-SBS.....
۲۸	جدول ۱-۳: نتایج رسانایی فیلم پلی(۳-متیل تیوفن) تهیه شده با الکترولیت پرکلرات لیتیم در غلظت‌های مختلف از فلوئوروسولفونیک اسید.....
۲۸	جدول ۱-۴: نتایج رسانایی فیلم پلی(۳-متیل تیوفن) تهیه شده با الکترولیت تترا بوتیل آمونیوم پرکلرات در غلظت‌های مختلف از فلوئوروسولفونیک اسید.....
۶۴	جدول ۱-۳: بهره‌ی زغال در دماهای مختلف.....

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۴	شکل ۱-۱- طیف FT-IR مربوط به P3MTh.....
۵	شکل ۲-۱- طیف UV-vis مربوط به P3MTh.....
۶	شکل ۳-۱- ترموگرام TGA مربوط به P3MTh.....
۶	شکل ۴-۱- تصویر SEM مربوط به P3MTh تهیه شده با روش اکسایش شیمیایی.....
۷	شکل ۵-۱- دیفرکتوگرام XRD مربوط به P3MTh.....
۸	شکل ۶-۱- مکانیسم سنتز شیمیایی P3MT به روش مک سولاق.....
۹	شکل ۷-۱- مکانیسم سنتز شیمیایی P3MT به روش ریکه.....
۹	شکل ۸-۱- واکنش سنتز شیمیایی P3MT به روش سوگیموتو.....
۱۵	شکل ۹-۱- قسمت هیدروفیل و هیدروفوب مولکول سورفکتانت.....
۱۸	شکل ۱۰-۱- جهت‌گیری ترجیحی مولکول‌های سورفکتانت.....
۱۸	شکل ۱۱-۱- شکل‌های مختلف مایسل.....
	شکل ۱۲-۱- نمایش شماتیک محلول روغن در آب و آب در روغن (O/W and W/O) میکروامولسیون‌ها شامل
۱۹	مشارکت سورفکتانت.....
۲۱	شکل ۱۳-۱- نحوه‌ی آرایش هشت وجهی‌های TiO_6 در سه فاز روتایل، آناتاز و بروکیت.....
	شکل ۱۴-۱- تصویر TEM پودرهای TiO_2 تهیه شده با روش هیدروترمال الف) به کمک امواج فراصوتی ب)
۲۳	معمولی.....
۲۵	شکل ۱۵-۱- میکروگراف TEM نانوپودر TiO_2 سنتز شده به روش CVC.....
۳۰	شکل ۱۶-۱- میکروگراف SEM الف) فیلم پلی(۳-متیل تیوفن) ب) فیلم پلی(۳-متیل تیوفن) سولفون‌دار شده...
۳۱	شکل ۱۷-۱- ساختار متخلخل PVDF در دو بزرگ‌نمایی الف) ۱ میکرومتر و ب) ۵ میکرومتر.....
۳۲	شکل ۱۸-۱- تصاویر SEM سنتز پلی(۳-متیل تیوفن) الف) در حلال کلروفرم و ب) مایع یونی.....

- شکل ۱-۱۹ نمایش ۱ نادوپه‌شدن و ۲ بارگیری پالادیم روی الکتروود پوشیده شده با فیلم پلی(۳-متیل تیوفن). ۳۵
- شکل ۱-۲۰ (مورفولوژی الف) الکتروود پلاتین پوشش داده شده با فیلم پلی(۳-متیل تیوفن) و (ب) ته‌نشینی نانو ذره پالادیم روی الکتروود پلاتین/پلی(۳-متیل تیوفن). ۳۵
- شکل ۱-۲۱ شکل ۱-۲۱ شمائی از یک سلول خورشیدی حساس شده به رنگ، S نشان دهنده رنگ حساس کننده و I_3/I^- واسطه انتقال بار است. ۳۸
- شکل ۱-۲۲ ساختار کلی یک سلول خورشیدی هیبریدی ساده. ۳۸
- شکل ۳-۱-طیف FT-IR مربوط به P3MTh خالص، تهیه شده در حلال تولوئن. ۴۹
- شکل ۳-۲-طیف UV-vis مربوط به P3MTh خالص تهیه شده در حلال تولوئن. ۵۰
- شکل ۳-۳-دیفرکتوگرام XRD از P3MTh خالص تهیه‌شده در حلال تولوئن. ۵۱
- شکل ۳-۴-میکروگراف (SEM) مربوط به P3MTh خالص تهیه‌شده در حلال تولوئن. ۵۲
- شکل ۳-۵-ترموگرام TGA از P3MTh خالص تهیه شده در حلال تولوئن. ۵۳
- شکل ۳-۶-طیف FT-IR نانوامیزه‌های P3MTh/TiO₂ تهیه‌شده در حلال‌های تولوئن و کلروفرم. ۵۴
- شکل ۳-۷-طیف جذبی UV-vis نانوامیزه‌های P3MTh/TiO₂ تهیه‌شده در حلال الف(تولوئن ب) کلروفرم. ۵۵
- شکل ۳-۸-دیفرکتوگرام XRD نانوامیزه‌های P3MTh/TiO₂ تهیه‌شده در حلال الف(تولوئن و ب) کلروفرم. ۵۶
- شکل ۳-۹-میکروگراف SEM نانوامیزه‌ی P3MTh/TiO₂ تهیه‌شده در حلال تولوئن در بزرگنمایی‌های متفاوت ۵۷
- شکل ۳-۱۰-میکروگراف SEM نانوامیزه‌ی P3MTh/TiO₂ تهیه‌شده در حلال کلروفرم در بزرگنمایی‌های متفاوت. ۵۸
- شکل ۳-۱۱-میکروگراف TEM نانوامیزه‌های P3MTh/TiO₂ تهیه‌شده در حلال تولوئن و کلروفرم. ۵۹
- شکل ۳-۱۲-ترموگرام TGA نانوامیزه‌های P3MTh/TiO₂ تهیه‌شده در حلال الف(تولوئن ب) کلروفرم. ۶۰
- شکل ۳-۱۳-مقایسه‌ی طیف FT-IR الف) P3MTh خالص، ب) نانوامیزه‌ی P3MTh/TiO₂ در حلال تولوئن، ج) نانوامیزه‌ی P3MTh/TiO₂ در حلال کلروفرم. ۶۱
- شکل ۳-۱۴-مقایسه‌ی طیف جذبی UV-vis الف) P3MTh خالص، ب) نانوامیزه‌ی P3MTh/TiO₂ در حلال تولوئن، ج) نانوامیزه‌ی P3MTh/TiO₂ در حلال کلروفرم. ۶۲
- شکل ۳-۱۵-مقایسه‌ی دیفرکتوگرام XRD الف) P3MTh خالص، ب) نانوامیزه‌ی P3MTh/TiO₂ در حلال تولوئن، ج) نانوامیزه‌ی P3MTh/TiO₂ در حلال کلروفرم، د) نانوپودر TiO₂. ۶۳

شکل ۳-۱۶- مقایسه‌ی میکروگراف SEM الف) P3MTh خالص، ب) نانوامیژه‌ی P3MTh/TiO₂ در حلال ۶۵
تولون، ج) نانوامیژه‌ی P3MTh/TiO₂ در حلال کلروفرم.....

شکل ۳-۱۷- مقایسه‌ی ترموگرام TGA الف) P3MTh خالص ب) نانوامیژه‌ی P3MTh/TiO₂ در حلال ۶۴
تولون، ج) نانوامیژه‌ی P3MTh/TiO₂ در حلال کلروفرم.....

مقدمه

پلی(۳-متیل تیوفن)

پلیمرهای رسانا دسته‌ای از مواد الکترونیکی هیجان‌انگیزی هستند که به واسطه داشتن ترکیبی از خواص الکتریکی و نوری فلزها یا نیمه‌هادی‌ها و خواص مکانیکی پلیمرها کاربردهای وسیعی یافته‌اند به طوری که با مطالعه‌ی درک و به‌کارگیری خواص شیمیایی و دینامیکی آنها یک خط ارتباطی به دنیای مولکولی و بیومولکولی به دست می‌آید که پایه‌ای برای توسعه‌ی سیستم‌های هوشمند وابسته از طریق پیشرفت ارتباطات درون سیستمی خواهد بود [۱]. اهمیت این پلیمرها به اندازه‌ای است که در سال ۲۰۰۰ شیراکاوا^۱ به همراه هیگر^۲ و مک‌دیارمید^۳ به علت پژوهش‌های گسترده در این زمینه جایزه نوبل دریافت کردند [۲]. در میان پلیمرهای رسانا، پلی(۳-متیل تیوفن) و مشتقات آن به دلیل ویژگی‌های قابل توجهی شامل الکتروکرومیسم، گرماتابشی، لومینسانس و قابلیت هدایت نور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند [۳].

1- Shirakawa

2- Heeger

3- MacDiarmid

السن بائومر^۱ و همکارانش اولین سنتز پلیمرهای حاصل از مونومرهای تیوفنی با گروه-های ۳-آلکیل را به طور گسترده بررسی کردند. معلوم شد که پلی ۳-آلکیل تیوفن های حاصل در حلال هایی از قبیل کلروفرم، دی کلرومتان، تتراهیدروفوران، تولوئن و نیتروبنزن قابل حل می-باشند. به علاوه این پلیمرها قابل ذوب نیز هستند و می توان آن ها را به فیلم یا فیبر تبدیل کرد. علت آن را به وجود زنجیرهای جانبی طویل و انعطاف پذیر که برهم کنش های بین زنجیری را کاهش می دهد نسبت دادند. استخلاف موجود در موقعیت ۳ نسبت به ناجور اتم گوگرد می تواند تا حدود زیادی خواص مکانیکی و الکتروشیمیایی پلیمر را تحت تأثیر قرار دهد. استخلاف موجود همچنین با تغییر پایداری رادیکال کاتیون اولیه قادر است رشد زنجیر پلیمر را کنترل کند. به عنوان مثال، نشان داده شد که وجود استخلاف متیل در موقعیت ۳ ناجور اتم گوگرد در مونومر تیوفن پتانسیل اکسایش مونومر را نسبت به تیوفن کاهش می دهد. همچنین رسانش پلی (۳-متیل تیوفن) در مواردی حدود ۱۰۰ برابر رسانایی پلی تیوفن است. حالت اخیر احتمالاً به سبب افزایش نظم زنجیر در اثر ورود یک استخلاف در موقعیت ۳ می باشد [۴].

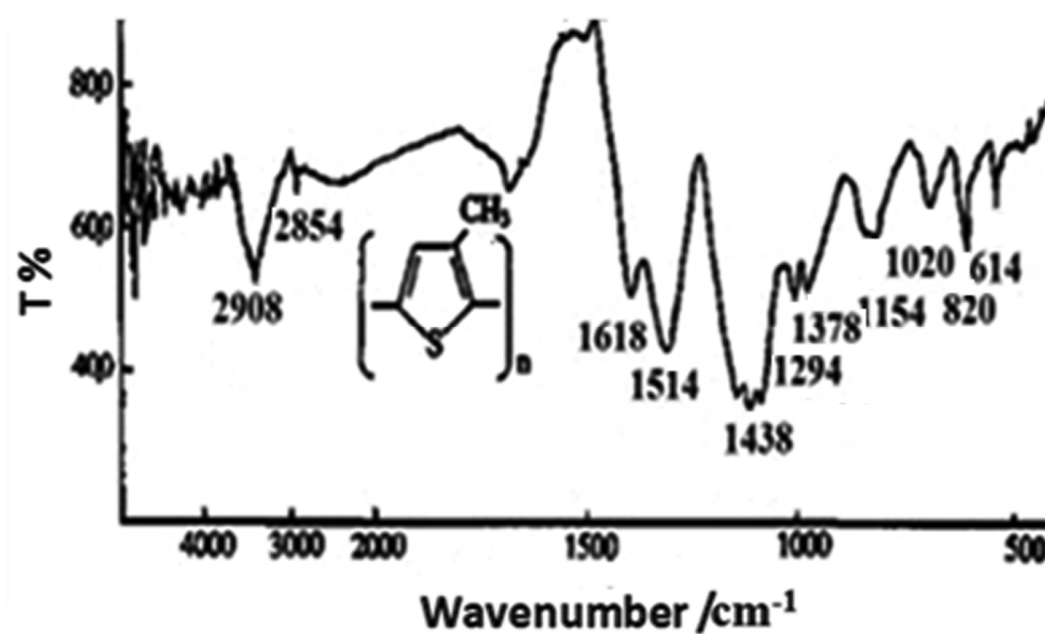
ساتو^۲ و همکاران نیز مقایسه ای بین تیوفن، ۳-متیل تیوفن و ۳-اتیل تیوفن داشتند. آن ها دریافتند که همه ی مونومرها می توانند اکسید شوند تا پلیمر تشکیل دهند اما پتانسیل های اکسایشی طبق، تیوفن < ۳-اتیل تیوفن < ۳-متیل تیوفن افزایش می یابد. در حقیقت ۳-متیل تیوفن راحت تر اکسید شده و پلیمر می دهد [۵].

تاکنون نانوامیزه های فراوانی از پلی (۳-متیل تیوفن) تهیه و معرفی شده اند. در این راستا تلاش های زیادی جهت تلفیق این پلیمرها با انواع نانوذره ها شامل فلزها و اکسی فلزها صورت گرفته است. فلزهایی که معمولاً برای این منظور بررسی می شوند شامل فلزهای نجیب همچون طلا، پالادیم و نقره می باشند. از سوی دیگر اکسی فلزهای رایج نیز شامل نانوپودرهایی از تیتانیوم-

1- Elsenbaumer

2- Sato

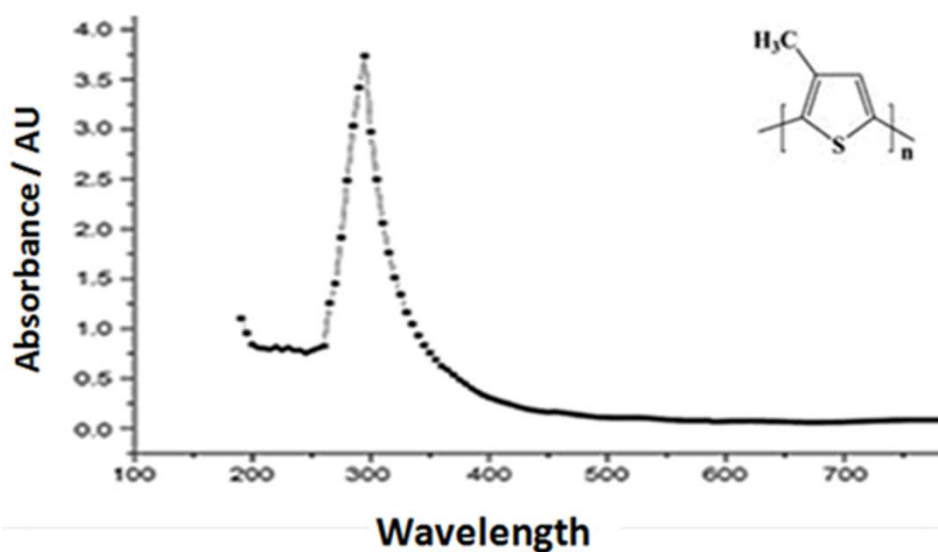
دی اکسید (TiO₂) و یا سیلیکا (SiO₂) می باشند. به طور رایج پلی (۳-متیل تیوفن) و نانوامیزه-های آن با آنالیزهایی همچون FT-IR، UV-vis، XRD، TGA و SEM شناسایی می شوند. در ادامه به ارایه و بررسی تصاویری می پردازیم که پلی (۳-متیل تیوفن) خالص را مورد شناسایی قرار می دهد. شکل ۱-۱ طیف فرسرخ پلی(۳-متیل تیوفن) را نشان می دهد.



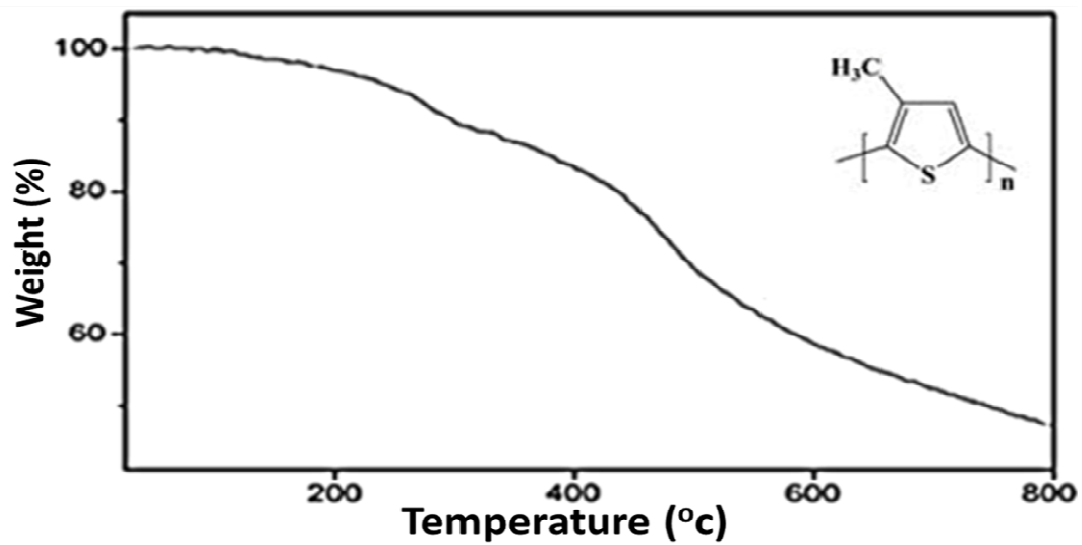
شکل ۱-۱ طیف FT-IR مربوط به P3MTh

همان طور که در طیف مشاهده می شود پیک مربوط به ارتعاش کششی متقارن و نامتقارن پیوند C=C حلقه ۳-متیل تیوفن به ترتیب در 1514cm^{-1} و 1618 و پیک شاخص مربوط به ارتعاش خمشی داخل و خارج صفحه پیوند C-H به ترتیب در ناحیه 1294cm^{-1} و 820 نمایان شده است. از طرفی پیک مربوط به ارتعاش پیوند C-S حلقه در ناحیه 614cm^{-1} ظاهر شد که نشان دهنده حضور حلقه تیوفن است. از سوی دیگر پیک مربوط به ارتعاش کششی متقارن و نامتقارن گروه متیل به ترتیب در 2854cm^{-1} و 2908 و پیک مربوط به ارتعاش خمشی داخل و

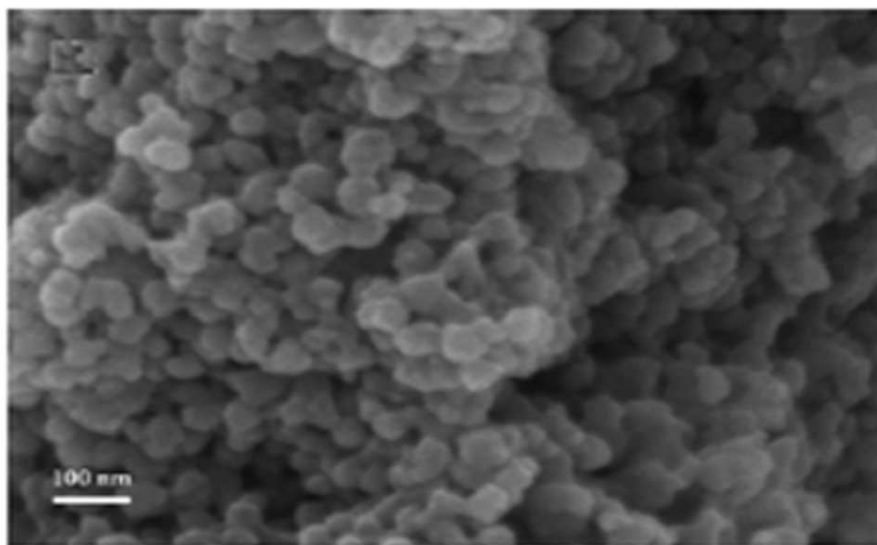
خارج صفحه‌ی متیل به ترتیب در 1378cm^{-1} و 1438 ظاهر شده‌اند. علاوه بر این ارتعاش تنفسی پیوند C-H حلقه در 1154cm^{-1} و ارتعاش خمشی پیوند C-H روی صفحه‌ی تیوفن در 1020cm^{-1} نمایان شده است [۶،۷]. شکل ۱-۲ نمایشگر طیف فرابنفش پلی (۳-متیل-تیوفن) می‌باشد همانگونه که طیف نشان می‌دهد نوار قوی در 295nm به انتقال $n \rightarrow \pi^*$ نسبت داده می‌شود [۸]. شکل ۱-۳ نیز ترموگرام حاصل از آنالیز گرماوزنی حرارتی را برای پلی (۳-متیل تیوفن) نشان می‌دهد. همانگونه که تصویر نشان می‌دهد دو تجزیه آشکار در طی تخریب حرارتی پلی (۳-متیل تیوفن) وجود دارد که این دو تجزیه به ترتیب در دمای 268 و 446°C اتفاق می‌افتد. شکل ۱-۴ تصویر کروی یکنواخت میکروسکوپ الکترون روبشی (SEM) پلی (۳-متیل تیوفن) را نشان می‌دهد [۹]. البته این گونه تصاویر بسته به نوع روش تهیه‌ی پلیمر می‌توانند تا حدود زیادی متفاوت باشند. شکل ۱-۵ نمایشگر پراش اشعه X برای پلی (۳-متیل-تیوفن) در بازه‌ی 40° - 5° است. همانگونه که دیفرکتوگرام نشان می‌دهد پیک شاخص این پلیمر در حدود 25° ظاهر شده است [۱۰].



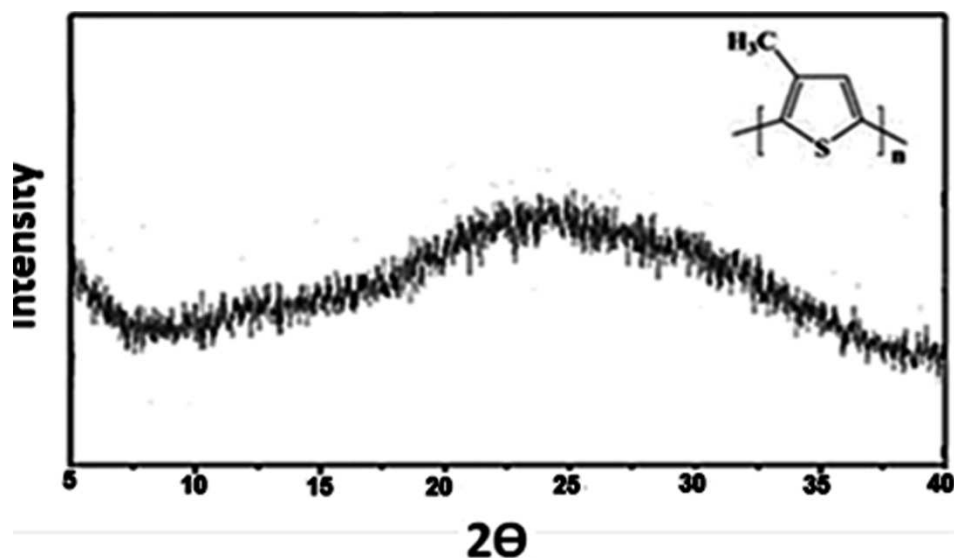
شکل ۱-۲ طیف UV-vis مربوط به P3MTh



شکل ۳-۱-۳ ترموگرام TGA مربوط به P3MTh



شکل ۴-۱-۴ تصویر SEM مربوط به P3MTh تهیه شده با روش اکسایش شیمیایی



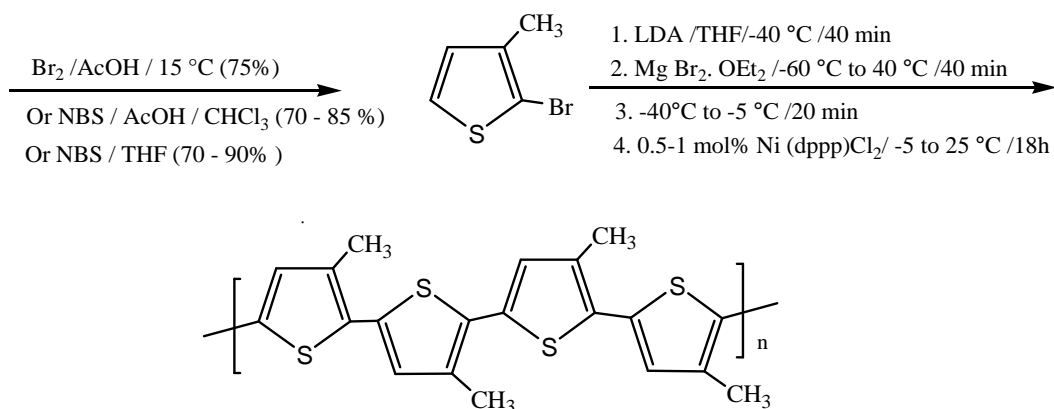
شکل ۱-۵ دیفرکتوگرام XRDP3MTh

۱-۱- تهیه P3MTh با روش شیمیایی

در روش شیمیایی ذره‌های مونومری با اکسنده‌ای مناسب اکسید می‌شوند و زنجیرها به تدریج رشد می‌یابند. پلیمر تهیه شده به روش شیمیایی به صورت پودرهای ریز می‌باشد. از مزایای این روش امکان کنترل ساختار به هنگام پلیمرشدن با انتخاب مونومر مناسب و بهره‌ی بالای واکنش می‌باشد و از معایب این روش چند مرحله‌ای بودن فرایند تولید است [۱۲، ۱۱].

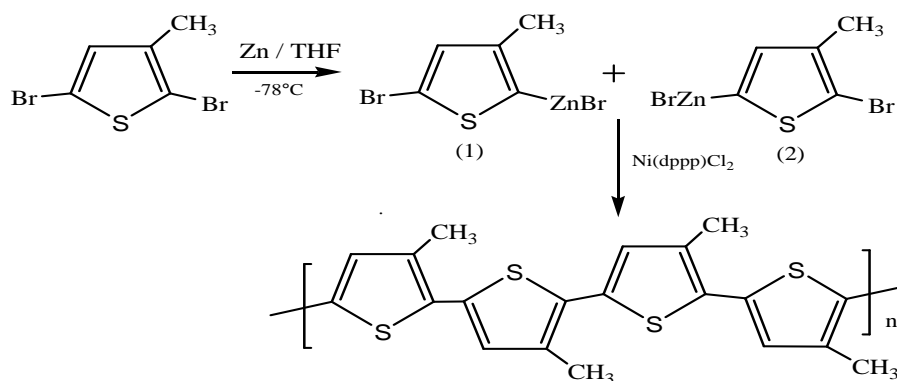
نخستین بار سنتز شیمیایی P3MTh با آرایش فضایی منظم به وسیله‌ی مک‌سولاق در سال ۱۹۹۲ کشف شد. این واکنش در چند مرحله انجام گرفته است. ابتدا واکنش با برم‌دار کردن انتخابی ۳-متیل تیوفن در موقعیت ۲ انجام شده، سپس ۲-برمو-۳-متیل تیوفن به دست آمده با لیتیم‌دی‌ایزوپروپیل‌آمید (LDA) به طور انتخابی لیتیم‌دار گردیده و در پی آن با واکنشگر گرینارد واکنش می‌دهد در مرحله‌ی آخر با کاتالیزور نیکل، P3MTh با ۹۸-۱۰۰٪

اتصال HT(اتصال های سربهدم)تولید می شود. پلیمرهای با اتصال HT رسانایی الکتریکی زیاد، خصوصیات نوری و شکل کریستالی دارند شکل ۱-۶ [۱۳].



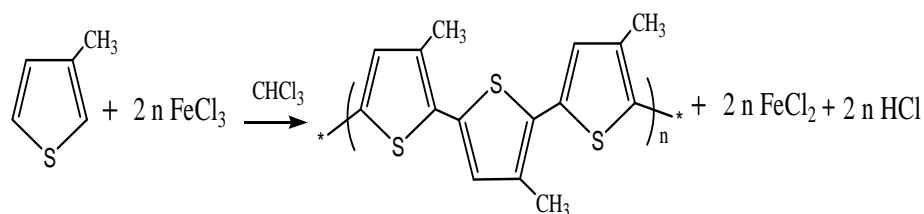
شکل ۱-۶ مکانیسم سنتز شیمیایی P3MT به روش مک سولاق

در پی آن در سال ۱۹۹۳، ریکه^۱ و همکارانش روش دیگری را مورد بررسی قرار دادند. واکنش-پذیری بالای کاتالیزور روی ۲،۵-دیبرمو-۳-متیل تیوفن یک مخلوط ایزومری از شکل های ۱ و ۲ می دهد. سپس ادامه واکنش با کاتالیزور نیکل به پلیمری با آرایش فضایی منظم ولی با کاتالیزور تری فنیل فسفونیوم پالادیم به پلیمری بی نظم منتج شده است شکل ۱-۷ [۱۴].



شکل ۷-۱ مکانیسم سنتز شیمیایی P3MT به روش ریکه

اگر چه هر دو روش بالا، پلی (۳-متیل تیوفنی) همگن با خصوصیات مناسب تولید کرده ولی محدودیت‌هایی از قبیل سنتز واکنش در دمای پایین، حفاظت در مقابل اکسیژن و رطوبت وجود داشته است. برای رهایی از این محدودیت‌ها، سوگیموتو^۱ P3MTh را نیز مانند تیوفن با FeCl_3 سنتز کرده است شکل ۸-۱ [۶].



شکل ۸-۱ واکنش سنتز شیمیایی P3MT به روش سوگیموتو

همچنین برای تهیه‌ی پلیمرها به روش شیمیایی تکنیک‌های متفاوتی وجود دارد که در ادامه تکنیک پلیمری‌شدن امولسیون و انواع آن را به اختصار توضیح می‌دهیم.

۱-۱-۱- تکنیک پلیمری شدن امولسیون

روش‌های پلیمری شدن مختلفی مانند پلیمری شدن توده‌ای یا پلیمری شدن محلولی از مسیر سینتیک‌های مختلفی مانند رادیکال آزاد یا یونی برای ساخت نانوامیزه‌های پلیمری امتحان شده‌اند. در میان این روش‌ها، پلیمری شدن امولسیونی به دلیل رفتار سینتیکی خاص خود مهم‌تر است [۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸]. امروزه انواع روش‌های پلیمری شدن امولسیونی به مهم‌ترین روش‌های تولید نانوامیزه‌های پلیمری تبدیل شده‌اند. این فرآیند شامل یک واکنش با شیمی رادیکال آزاد در یک محیط ناهمگن است که در این محیط مونومر، مونومرها یا محلول آنها در یک فاز پیوسته و به کمک یک امولسیفایر به شکل امولسیون پخش می‌شوند. محیط پلیمری شدن این سامانه نیز یک توزیع کلوئیدی از ذرات پلیمر یا محلول پلیمر است که لاتکس نامیده می‌شود. مزیت اصلی این روش ویسکوزیته کم مخلوط، آسانی کنترل حرارتی راکتور، امکان دستیابی به درجات تبدیل بسیار بالا، سرعت زیاد پلیمری شدن و قابلیت استفاده از محصول نهایی است. همچنین بسیاری وقت‌ها محلول این فرآیند مستقیماً و بدون هیچ جداسازی کاربرد صنعتی دارد که از آن جمله می‌توان به رزین‌ها و چسب‌ها اشاره نمود. از معایب این روش نیز مشکل بودن کنترل کیفیت نهایی پلیمر تولیدی می‌باشد. پلیمری شدن امولسیونی خود نیز به چندین روش انجام می‌شود.

۱-۱-۱-۱- پلیمری شدن امولسیونی بدون استفاده از عامل فعال سطحی

حضور عامل فعال سطحی خصوصاً در کاربردهای خاص لاتکس مانند کالیبره کردن و اندازه‌گیری اندازه حفره‌ها، یکی از معایب پلیمری شدن امولسیونی به شمار می‌آید. در این مواقع جدا کردن عامل فعال سطحی از هر روشی می‌تواند به ناپایداری لاتکس و وقوع تجمع و انعقاد در سامانه منجر گردد. از مزایای پلیمری شدن امولسیونی بدون عامل فعال سطحی پاسخ‌گویی به