

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دانشگاه علوم پایه دامغان
دانشکده شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد
(شیمی گرایش آلی - پلیمر)

پلی (اتر-ایمید)های کاملاً آروماتیک جدید:
سنتز، شناسایی و بررسی خواص

توسط :

حمید صادقی

استاد راهنما :

دکتر حسین بهنیا فر

۱۳۸۸ / ۲ / ۱۰

بهمن ۱۳۸۷

۱۱۱۷۲۰

بسم الله الرحمن الرحيم

پلی (اثر- ایمید) های کاملاً آروماتیک جدید: سنتز، شناسایی
و بررسی خواص

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی

بعنوان بخشی از فعالیتهای لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد شیمی


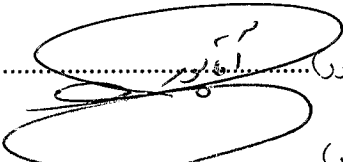
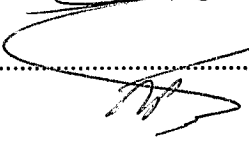
گرایش شیمی آلی - پلیمر

از دانشگاه علوم پایه دامغان

توسط:

حمید صادقی

ارزیابی و تصویب توسط کمیته داوران با درجه: عالی

- ۱- دکتر حسین بهنیافر، استادیار شیمی آلی - پلیمر (استاد راهنما) 
- ۲- دکتر سید قاسم آقاپور، استادیار شیمی آلی (داور) 
- ۳- دکتر علیرضا پورعلی، استادیار شیمی آلی (داور) 

بهمن ۱۳۸۷

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم

و

برادران عزیزم

که دریای محبتشان را کرانی نیست و جبران زحمات بی دریغشان را توانی نیست.
وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان برایم مهر، آنانکه فروغ نگاهشان، گرمی
کلامشان و روشنی رویشان سایه‌های جاودان زندگیم هستند.

تقدیر و تشکر

اکنون که با عنایت پروردگار، تدوین و نگارش این رساله پایان یافته است، بر خود لازم می‌دانم از تمام بزرگوارانی که در به فرجام رساندن آن مرا از گنجینه‌ی علم و حکمت و سرچشمه‌ی بذل و معرفت خود بهره‌مند ساختند تقدیر و تشکر نمایم.

از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر حسین بهنیافر به خاطر تمامی زحمات و راهنمایی‌های ارزنده‌شان در طول مدت تحصیل و فعالیت پژوهشی‌ام صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نمایم.

از جناب آقای دکتر سید ابوالقاسم آقاپور و جناب آقای دکتر علیرضا پورعلی که زحمت مطالعه و داوری این پایان‌نامه را بر عهده داشتند نهایت تشکر را دارم. همچنین از زحمات بی‌شائبه استاد گرامی جناب آقای دکتر سید علی پورموسوی که همواره مشوق و یاریگر من در طول دوران تحصیل بوده و از هیچ لطفی نسبت به من دریغ ننموده‌اند کمال تشکر را دارم.

از تمامی دوستانم در آزمایشگاه‌های شیمی آلی، معدنی، شیمی فیزیک و تجزیه که با محبت‌های خود خاطرهای خوش برای من به یادگار گذاشتند تشکر می‌کنم.

چکیده

پلی (اتر-ایمید)های کاملاً آروماتیک جدید: سنتز، شناسایی و بررسی خواص

بوسیله‌ی:

حمید صادقی

دسته‌ای جدید از پلی‌ایمیدهای فلوئوردار کاملاً آروماتیک بوسیله‌ی پلی‌ایمیدی‌شدن شیمیایی یک دی‌آمین بر پایه‌ی دی‌فنیل‌اتر به نام ۲،۲-بیس (۵،۴،۳-تری فلوئوروفنیل)-۴،۴-دی‌آمینو-دی‌فنیل‌اتر (FPAPE) با پیروملیتیک‌دی‌انیدرید (PMDA) و ۳،۳،۴،۴-تتراکربوکسیلیک‌دی‌انیدرید (BTDA) تهیه شد. به منظور اهداف مقایسه‌ای دو پلی‌ایمید مرجع نیز طی واکنش ۴،۴-دی‌آمینو‌دی‌فنیل‌اتر (DADPE) با همان کومونومرها تحت شرایط مشابه تهیه شد. کلیه‌ی پلیمرها به طور کامل با روشهای طیف‌سنجی FT-IR و NMR شناسایی شدند. اوزان مولکولی متوسط وزنی و عددی (\overline{M}_w و \overline{M}_n) با استفاده از کروماتوگرافی ژل-تراوا (GPC) تعیین شد. به کمک مقایسه با پلیمرهای مرجع، اثرات حلقه‌های شدیداً فلوئوردار فنیل متصل شده به زنجیرهای درشت‌مولکولی بر برخی از خواص همچون انحلال‌پذیری، بلورینگی، پایداری حرارتی و کیفیت فیلم بررسی شد. پلیمرهای حاصل از FPAPE از انحلال‌پذیری خوب در انواع حلال‌های آلی مانند N-متیل-۲-پیرولیدون (NMP)، N,N-دی‌متیل‌استامید (DMAC)، N,N-دی‌متیل‌فرمامید (DMF) و دی‌متیل‌سولفوکسید (DMSO) برخوردار بودند. مقادیر $T_{d5\%}$ و $T_{d10\%}$ حاصل از گرمانگارهای TGA نشان داد که این پلی‌ایمیدها از گرماتابی بسیار خوب بهره می‌برند. این مطالعه نشان داد که پلی‌ایمیدهای دارای گروه‌های متصل‌شده‌ی جانبی فنیل حاوی فلوئور انحلال‌پذیری بیشتر و مقادیر T_g بالاتری در قیاس با نمونه‌های فاقد چنین گروه‌هایی دارند. به علاوه، فیلم‌های نازک آنها در مقایسه با دو پلیمر مرجع از انعطاف‌پذیری و شفافیت بیشتری برخوردار است.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول : مقدمه	
۱-۱- پلیمرهای با عملکرد بالا.....	۲
۲-۱- پلی ایمیدهای آروماتیک.....	۴
۳-۱- تهیه پلی ایمیدهای آروماتیک.....	۱۰
۴-۱- بهینه‌سازی خواص پلی ایمیدها و ارتباط آنها با ساختار.....	۱۷
۵-۱- تحقیقات اخیر پیرامون سنتز و بررسی خواص پلی ایمیدهای آروماتیک.....	۲۴
۶-۱- هدف تحقیق.....	۴۸
فصل دوم: بخش تجربی	
۱-۲- مواد شیمیایی.....	۵۱
۲-۲- دستگاهوری.....	۵۱
۳-۲- سنتز مونومر.....	۵۲
۱-۳-۲- سنتز ۲،۲- بیس (۳،۴،۵- تری فلوئوروفنیل)-۴،۴-دی‌نیترودی‌فنیل اتر (FPNPE)....	۵۲
۲-۳-۲- سنتز ۲،۲- بیس (۳،۴،۵- تری فلوئوروفنیل)-۴،۴-دی‌آمینو دی‌فنیل اتر (FPAPE) ..	۵۳
۴-۲- سنتز پلیمرها.....	۵۴
۵-۲- تهیه فیلم پلیمرها.....	۵۵
۶-۲- تعیین گرانیروی درونی محلول پلیمرها.....	۵۵
۷-۲- تعیین انحلال پذیری پلیمرها.....	۵۶

۵۶	..... ۲-۸- سایر آنالیزها.....
فصل سوم: بحث و نتیجه گیری	
۵۸	..... ۳-۱- سنتز مونومر.....
۵۸	..... ۳-۱-۱- سنتز ۲،۲- بیس (۳،۴،۵- تری فلوئورو فنیل)-۴،۴- دی نیترو دی فنیل اتر (FPNPE).....
۶۴	..... ۳-۱-۲- سنتز ۲،۲- بیس (۳،۴،۵- تری فلوئورو فنیل)-۴،۴- دی آمینو دی فنیل اتر (FPAPE).....
۶۸	..... ۳-۲- تهیه پلی ایمیدهای فلوئوردار.....
۷۷	..... ۳-۳- بررسی برخی از خواص پلیمرها.....
۸۳	..... ۳-۴- نتیجه گیری.....
۸۵	..... پیوست ۱.....
۸۸	..... پیوست ۲: فهرست واژگان.....
۹۳	..... منابع.....

فهرست شکلها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱ واکنش تهیه کاپتون.....	۶
شکل ۲-۱ واکنش تهیه اولتم.....	۷
شکل ۳-۱ طرح کلی تهیه پلی(تر-ایمید)ها.....	۸
شکل ۴-۱ ساختار عمومی تورلون.....	۸
شکل ۵-۱ ساختار اسکای باند- TM ۷۰۰.....	۹
شکل ۶-۱ ساختار شیمیایی PMR-15.....	۹
شکل ۷-۱ واکنش انواع بیس فتول با ترکیبات کلردار نیتروآروماتیک.....	۱۰
شکل ۸-۱ تهیه دی آمین از فلوئورنون.....	۱۰
شکل ۹-۱ تشکیل دی نیترو از ترکیبات هالوژن دار نیتروآروماتیک.....	۱۱
شکل ۱۰-۱ کاهش ترکیبات نیتروآروماتیک و نوآرایی بنزیدین برای تهیه دی آمین.....	۱۱
شکل ۱۱-۱ تهیه دی نیترو از تری فنیل فسفین اکسید.....	۱۲
شکل ۱۲-۱ استفاده از واکنش فریدل کرافتس برای تهیه دی نیترو.....	۱۲
شکل ۱۳-۱ ساختار تعدادی از دی انیدریدهای تجاری موجود.....	۱۳
شکل ۱۴-۱ استفاده از واکنش افزایش حلقه برای تهیه دی انیدرید.....	۱۳
شکل ۱۵-۱ سنتز دی انیدرید دارای گروه آویزان پارا- نیترو فنیل.....	۱۳
شکل ۱۶-۱ طرح کلی واکنش دی آمین با دی انیدرید.....	۱۵
شکل ۱۷-۱ مقیاس واکنش پذیری به عنوان تابعی از الکترونخواهی برای دی انیدریدها و پتانسیل یونش برای دی آمینها.....	۱۵

- شکل ۱۸-۱ تهیه پلی‌ایمید طی واکنش دی‌ایزوسیاناتها و دی‌انیدریدها..... ۱۶
- شکل ۱۹-۱ تهیه پلی‌ایمید با استفاده از N,N - بیس (تری‌متیل‌سابلیل) دی‌آمینها و دی‌انیدریدها..... ۱۶
- شکل ۲۰-۱ تهیه پلی‌ایمید با استفاده از دی‌تیوانیدریدها و دی‌آمینها..... ۱۷
- شکل ۲۱-۱ تهیه پلی‌ایمید با استفاده از ترانس ایمیدیزاسیون..... ۱۷
- شکل ۲۲-۱ گروههای حجیم بکار رفته برای تهیه برخی از پلی‌ایمیدهای انحلال‌پذیر..... ۲۱
- شکل ۲۳-۱ اثر استخلافهای قطبی بر روی دمای انتقال شیشه..... ۲۲
- شکل ۲۴-۱ نمودار نشان دهنده ضریب انبساط حرارتی مواد آلی و معدنی..... ۲۳
- شکل ۲۵-۱ مونومرهای مورد استفاده برای تهیه پلی‌ایمیدهای میله مانند با ضریب انبساط حرارتی کم..... ۲۴
- شکل ۲۶-۱ تهیه پلی‌ایمیدهای حاوی گروههای CF_3 ، لولاهای اتری و حلقه‌ی جانبی فنیل..... ۲۶
- شکل ۲۷-۱ منحنی های TGA پلی‌ایمیدهای آروماتیک شکل ۱-۲۶..... ۲۸
- شکل ۲۸-۱ تهیه پلی‌ایمیدهای فلوئوردار آروماتیک حاوی اتصالهای O- و CO-..... ۲۹
- شکل ۲۹-۱ تهیه پلی‌ایمیدهای فلوئوردار از $4,4'$ -[۲,۲,۲]-تری‌فلورو-۱-(۳،۵-دی‌تری‌فلئورومتیل-فنیل) اتیلیدن [دی‌فتالیک‌انیدرید]..... ۳۱
- شکل ۳۰-۱ سرعتهای انحلال‌پذیری پلی‌ایمیدهای فلوئوردار در حلالهای متفاوت..... ۳۲
- شکل ۳۱-۱ منحنی های DSC پلی‌ایمیدهای فلوئوردار شکل ۱-۲۹..... ۳۳
- شکل ۳۲-۱ منحنی های TGA پلی‌ایمیدهای فلوئوردار شکل ۱-۲۹..... ۳۳
- شکل ۳۳-۱ الگوهای تفرق اشعه X پلی‌ایمیدهای فلوئوردار شکل ۱-۲۹..... ۳۴
- شکل ۳۴-۱ تهیه پلی‌ایمیدهای حاوی اتصالهای فلوئور در ساختار..... ۳۵
- شکل ۳۵-۱ ترموگرامهای TGA پلی‌ایمیدهای شکل ۱-۲۹..... ۳۶
- شکل ۳۶-۱ تهیه پلی‌ایمیدهای دارای اتمهای فلوئور متصل به حلقه‌های فنیلنی..... ۳۸
- شکل ۳۷-۱ منحنی های DSC پلی‌ایمیدهای شکل ۱-۳۶..... ۳۹
- شکل ۳۸-۱ منحنی های TGA پلی‌ایمیدهای شکل ۱-۳۶..... ۴۰
- شکل ۳۹-۱ الگوهای تفرق اشعه X زاویه باز فیلمهای پلی‌ایمیدهای شکل ۱-۳۶..... ۴۰

- شکل ۱-۴۰ پلی‌ایمیدهای آروماتیک حاوی اتصالهای اتری و اتمهای برم متصل به حلقه‌های فنیلین..... ۴۱
- شکل ۱-۴۱ ترموگرامهای TGA و DSC برای پلی‌ایمید BPEIa شکل ۱-۴۰..... ۴۳
- شکل ۱-۴۲ پلی‌ایمیدهای آروماتیک حاوی گروه کلر متصل به واحد فنیلین..... ۴۴
- شکل ۱-۴۳ دیفرکتوگرام اشعه X زاویه باز برخی از پلی‌ایمید-ایمیدهای شکل ۱-۴۲..... ۴۶
- شکل ۱-۴۴ ترموگرام TGA پلی‌ایمید-ایمید III_f شکل ۱-۴۲..... ۴۷
- شکل ۱-۴۵ ترموگرام DSC پلی‌ایمید-ایمید III_j شکل ۱-۴۲..... ۴۷
- شکل ۱-۴۶ ساختار مونومرها و کومونومرهای طرح جاری..... ۴۸
- شکل ۳-۱ سنتز ۲،۲-دی‌نفتیل-۴،۴-دی‌نیتروبای فنیل با واکنش جفت‌شدن سوزوکی..... ۶۰
- شکل ۳-۲ تهیه پلیمر با واکنش پلیمریزاسیون سوزوکی..... ۶۱
- شکل ۳-۳ سنتز ۲،۲-بیس(۳،۴،۵-تری‌فلوئوروفنیل)-۴،۴-دی‌نیترودی‌فنیل اتر (FPNPE)..... ۶۲
- شکل ۳-۴ طیف FT-IR ۲،۲-بیس(۳،۴،۵-تری‌فلوئوروفنیل)-۴،۴-دی‌نیترودی‌فنیل اتر (FPNPE)..... ۶۳
- شکل ۳-۵ طیف ¹H-NMR ۲،۲-بیس(۳،۴،۵-تری‌فلوئوروفنیل)-۴،۴-دی‌نیترودی‌فنیل اتر (FPNPE)..... ۶۴
- شکل ۳-۶ طیف ¹³C-NMR ۲،۲-بیس(۳،۴،۵-تری‌فلوئوروفنیل)-۴،۴-دی‌نیترودی‌فنیل اتر (FPNPE)..... ۶۵
- شکل ۳-۷ سنتز ۲،۲-بیس(۳،۴،۵-تری‌فلوئوروفنیل)-۴،۴-دی‌آمینودی‌فنیل اتر (FPAPE)..... ۶۶
- شکل ۳-۸ طیف FT-IR ۲،۲-بیس(۳،۴،۵-تری‌فلوئوروفنیل)-۴،۴-دی‌آمینودی‌فنیل اتر (FPAPE)..... ۶۷
- شکل ۳-۹ طیف ¹H-NMR ۲،۲-بیس(۳،۴،۵-تری‌فلوئوروفنیل)-۴،۴-دی‌آمینودی‌فنیل اتر (FPAPE)..... ۶۸
- شکل ۳-۱۰ طیف ¹³C-NMR ۲،۲-بیس(۳،۴،۵-تری‌فلوئوروفنیل)-۴،۴-دی‌آمینودی‌فنیل اتر (FPAPE)..... ۶۹
- شکل ۳-۱۱ پلی‌ایمیدی شدن شیمیایی برای تهیه یک پلی‌ایمید آروماتیک..... ۷۰
- شکل ۳-۱۲ تهیه پلیمر FPAPE/BTDA با روش پلیمری شدن تراکمی شیمیایی..... ۷۳

۷۳	..... شکل ۳-۱۳ ساختار شیمیایی چهار پلی‌ایمید طرح جاری
۷۵	..... شکل ۳-۱۴ طیف UV پلیمر FPAPe/BTDA
۷۷	..... شکل ۳-۱۵ طیف FT-IR پلیمر FPAPe/BTDA
۷۸	..... شکل ۳-۱۶ طیف ¹ H-NMR پلیمر FPAPe/BTDA
	شکل ۳-۱۷ دیفرکتوگرام XRD پلیمرهای (الف): FPAPe/PMDA (ب): FPAPe/BTDA
۷۹	..... (ج): DADPe/PMDA
۸۱	..... شکل ۳-۱۸ ترموگرامهای TGA برای پلیمرهای (الف): FPAPe/PMDA (ب): FPAPe/BTDA
۸۲	..... شکل ۳-۱۹ ترموگرامهای DSC برای پلیمرهای (الف): FPAPe/PMDA (ب): PAPE/BTDA

فهرست جدولها

صفحه	عنوان و شماره
۳	جدول ۱-۱ ساختار شیمیایی و رفتار حرارتی برخی از انواع پلیمرهای با عملکرد بالا.....
۵	جدول ۲-۱ ساختار شیمیایی برخی از پلی‌ایمیدهای تجاری همراه با مقدار عددی T_g آنها.....
۱۹	جدول ۳-۱ دمای تبدیل شیشه‌ای برخی از پلی‌ایمیدهای آروماتیک انحلال پذیر.....
۲۱	جدول ۴-۱ اثر ساختار شیمیایی بر روی انحلال پذیری و دمای انتقال شیشه.....
۲۲	جدول ۵-۱ خواص پلی‌ایمیدهای انتخاب شده از مونومرهای حاوی گروههای انعطاف پذیر پلساز.....
۲۷	جدول ۶-۱ انحلال پذیری پلی‌ایمیدهای آروماتیک شکل ۱-۲۶ در حلالهای متفاوت.....
۲۷	جدول ۷-۱ خواص حرارتی پلی‌ایمیدهای آروماتیک شکل ۱-۲۶.....
۲۹	جدول ۸-۱ گرانیروی ذاتی پلی‌ایمیدهای شکل ۱-۲۸.....
۳۰	جدول ۹-۱ انحلال پذیری پلی‌ایمیدهای شکل ۱-۲۸.....
۳۱	جدول ۱۰-۱ خواص حرارتی پلی‌ایمیدهای شکل ۱-۲۸.....
۳۲	جدول ۱۱-۱ انحلال پذیری پلی‌ایمیدهای فلئوئوردار شکل ۱-۲۹.....
۳۴	جدول ۱۲-۱ ویژگیهای حرارتی پلی‌ایمیدهای فلئوئوردار شکل ۱-۲۹.....
۳۶	جدول ۱۳-۱ انحلال پذیری پلی‌ایمیدهای شکل ۱-۳۴.....
۳۷	جدول ۱۴-۱ ویژگیهای حرارتی نمونه‌های پلی‌ایمیدی شکل ۱-۳۴.....
۳۸	جدول ۱۵-۱ انحلال پذیری پلی‌ایمیدهای شکل ۱-۳۶.....
۳۹	جدول ۱۶-۱ ویژگیهای حرارتی پلی‌ایمیدهای شکل ۱-۳۶.....
۴۲	جدول ۱۷-۱ انحلال پذیری پلی‌ایمیدهای شکل ۱-۴۰.....
۴۳	جدول ۱۸-۱ ویژگیهای حرارتی پلی‌ایمیدهای شکل ۱-۴۰.....
۴۵	جدول ۱۹-۱ انحلال پذیری پلی‌(آمید-ایمید)های شکل ۱-۴۲.....

جدول ۱-۲۰ ویژگیهای حرارتی پلی(آمید-ایمید)های شکل ۱-۴۲.....	۴۶
جدول ۳-۱ سنتز و برخی از ویژگیهای چهار پلی‌ایمید.....	۷۵
جدول ۳-۲ نتایج آزمون بررسی رفتار حرارتی پلیمرها.....	۸۰
جدول ۳-۳ انحلال‌پذیری پلیمرها در چند حلال.....	۸۳

فصل اول

مقدمه

مقدمه

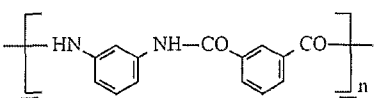
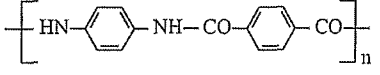
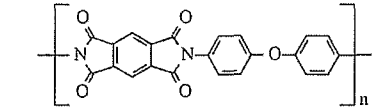
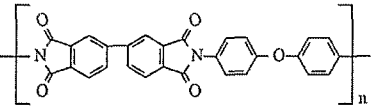
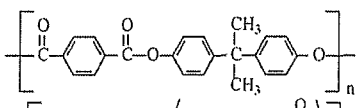
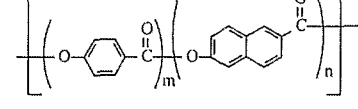
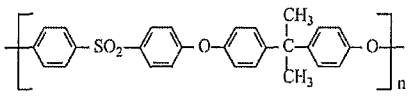
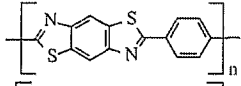
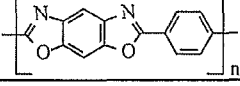
۱-۱- پلیمرهای با عملکرد بالا

در جهان امروز زندگی بدون پلیمرها تقریباً موضوعی غیرقابل فهم است و در واقع پلیمرها در زمره‌ی مهمترین مواد طراحی شده در قرن کنونی به شمار می‌روند. در این میان سنتز و توسعه پلیمرهای با عملکرد بالا در سه دهه گذشته بطور ویژه توجه بسیاری از محققان علوم پلیمری را به خود جلب کرده است. در مجموع، پلیمرهای با عملکرد بالا دارای مقاومت تغییر شکل عالی (فیزیکی) و مقاومت در مقابل فساد (شیمیایی) در دمای بالا و برای دوره زمانی طولانی می‌باشند. تحقیق برای پلیمرهای با عملکرد بالا از اواخر قرن بیستم همزمان با تقاضا برای صنایع نظامی، هوافضا، ماشین‌سازی، الکترونیک و بسیاری از کاربردهای صنعتی دیگر شروع شد. این کاربردها اغلب خواستار یک ترکیب بی‌نظیر از خواصی شامل قدرت بالا، مدول بالا، چقرمگی، پایداری شیمیایی و حرارتی برجسته و ثابت دی‌الکتریک کم می‌باشند. هیل^۱ و والکر^۲ در ابتدا متذکر شدند که اتصال قسمتهای آروماتیک به داخل زنجیرهای یک درشت-مولکول عموماً به افزایش مشخصی در پایداری حرارتی آن می‌انجامد [۱]. براین اساس، عمده‌ی کارهای تحقیقاتی به منظور تولید پلیمرهای گرماتاب به سمت ترکیبات آروماتیک هدایت شدند. از اینرو پلیمرهای با عملکرد بالا معمولاً شامل واحدهای آروماتیک بیشتری در ساختارشان می‌باشند. تاکنون برخی از پلیمرهای آروماتیک با عملکرد بالا و با خواص حرارتی مناسب مانند پلی‌آمیدها، پلی‌ایمیدها، پلی‌استرها، پلی‌سولفون‌ها و پلیمرهای هتروسیکلی آروماتیک به تولید تجاری رسیده‌اند (جدول ۱-۱). پلی‌آمیدها (آرامیدها)^۳ و پلی‌ایمیدهای (آرایمیدها)^۴ آروماتیک مانند فیبر کولار^۵ و فیلم کاپتون^۶ محصول شرکت شیمیایی دوپانت^۷، برای خواص مفید گوناگون خود مانند پایداری حرارتی عالی، مقاومت مکانیکی بالا، اشتعال-

1. Hill
 2. Walker
 3. aramids
 4. arimids
 5. kevlar®
 6. kapton®
 7. Dupont

پذیری کم، مقاومت شیمیایی و تابشی خوب و ثابت دی‌الکتریک اندک، برای مدت زمان طولانی مورد توجه قرار گرفته‌اند و بیش از دیگر پلیمرهای با عملکرد بالا علائق را به سمت خود جذب کرده‌اند [۲-۷].

جدول ۱-۱ ساختار شیمیایی و رفتار حرارتی برخی از انواع پلیمرهای آروماتیک با عملکرد بالا

$T_m(^{\circ}C)$	$T_g(^{\circ}C)$	پلیمر
پلی آمیدهای آروماتیک		
۴۳۵	۲۷۲	نومکس ^۱ 
—	—	کولار 
پلی ایمیدهای آروماتیک		
—	۳۹۹	کاپتون 
—	۳۰۳	اوپیلکس ^۲ 
پلی استر آروماتیک		
۳۰۰	۱۹۰	پلیمر-۳ 
۳۵۰	—	وکتران ^۳ 
پلی سولفون آروماتیک		
—	۱۸۹	PSF 
پلیمرهای هتروسیکلی آروماتیک		
—	—	PBT 
—	—	PBO 

۱. Nomex®
 ۲. Uplex R
 ۳. Vectran

۱-۲- پلی‌ایمیدهای آروماتیک

پلی‌ایمیدها اساساً موادی بی‌شکل با دماهای انتقال شیشه بالا می‌باشند. مقاومت پلی‌ایمیدها در برابر حلال‌های آلی بسیار خوب می‌باشد. پلی‌ایمیدها مقاومت اکسیداسیونی خوبی داشته و در شرایط اسیدی پایداری هیدرولیزی درخور توجهی از خود نشان می‌دهند و در این ارتباط قابل مقایسه با پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) بوده و بهتر از نایلون-۶،۶ می‌باشند. ولی پلی‌ایمیدها در شرایط قلیایی متحمل تخریب هیدرولیزی شده که قابل مقایسه با پلی‌کربنات‌ها و ضعیف‌تر از PET و نایلون-۶،۶ می‌باشند. پلی‌ایمیدها دارای مقاومت حرارتی خوب با امکان کاربری پیوسته در دماهای $300-350^{\circ}\text{C}$ می‌باشند که این مورد بویژه برای ساختارهایی که تنها دارای حلقه‌های آروماتیک‌اند بارزتر می‌باشد. پلی‌ایمیدهای کاملاً آروماتیک برای اغلب کاربردها بسیار "سخت" بوده و فرآیندپذیری آنها بوسیله‌ی انحلال‌پذیری کم و فقدان جریان مذاب محدود شده است.

مشکل فرآیندپذیری دشوار، در ابتدا برای مدتی بکارگیری پلی‌ایمیدهای آروماتیک را محدود ساخت. برای حل این مشکل ساختارهای گوناگونی از دی‌انیدریدها و دی‌آمینهای مناسب به عنوان مونومر برای افزایش انحلال‌پذیری و فرآیندپذیری ذوب بوسیله کاهش نظم مولکولی و فشردگی طراحی و سنتز شدند. این کار بوسیله تعبیه قسمت‌های انعطاف‌پذیر مثل بخش‌های آلیفاتیک، -O-، -S-، C=O، SO₂، C(CH₃)₂ یا C(CF₃)₂ در زنجیرهای پلی‌ایمیدی یا واردسازی گروه‌های جانبی حجیم مثل حلقه‌های فنیل یا گروه ترسیو بوتیل و همین‌طور استفاده از واکنش‌دهنده‌های "۳،۱- دی استخلاف‌شده" بجای واکنش‌دهنده‌های "۴،۱- استخلاف‌شده" انجام شد. پلی‌ایمیدهای آروماتیک بخاطر خواص مفید فراوان مانند خواص کششی عالی، ثابت دی‌الکتریک مناسب و پایداری حرارتی بالا، استفاده‌های وسیعی بعنوان مدارهای چاپی، دی‌الکتريک‌های بین‌لایه‌ای، جداکننده‌های مدار مجتمع (IC) و لایه‌های کم‌اثر-ساز پیدا کرده‌اند [۸-۹].

در واقع پلی‌ایمیدها می‌توانند بخاطر بسیاری از خواص جالب خود به عنوان یک دسته‌ی مهم از مواد طبقه بندی شوند. این دسته از مواد این قابلیت را دارند که بتوانند جایگزین شیشه یا فلز در بسیاری از کاربردهای صنعتی، بخصوص در صنایع نیمه‌رسانا و الکترونیک شوند.

خواص برجسته پلی‌ایمیدهای آروماتیک از استحکام زیاد و نیروهای بین مولکولی و درون مولکولی قوی بین زنجیره‌های درشت مولکولی ناشی می‌شود. ساختار شیمیایی برخی از پلی‌ایمیدهای آروماتیک تجاری موجود، در جدول ۲-۱ نشان داده شده است.

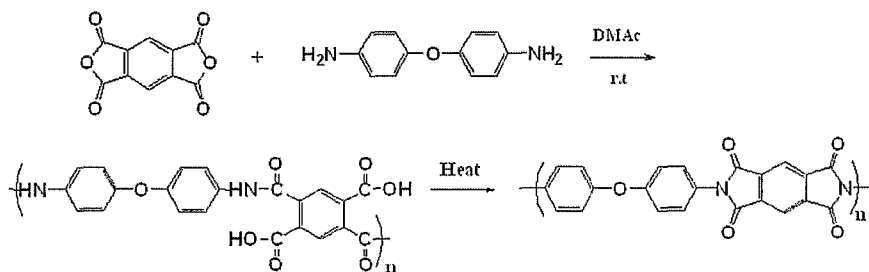
جدول ۲-۱ ساختار شیمیایی برخی از پلی‌ایمیدهای تجاری همراه با مقدار عددی T_g آنها

پلیمر	T_g ($^{\circ}\text{C}$)
اوپیلکس S	—
LARC-TPI	۲۶۴
PIS	۲۷۳
اولتم	۲۱۷
TPI جدید	۲۵۰
Sixel-33	۲۶۰

مطالعات جدید ثابت کرده است که پلی‌ایمیدهای مشتق شده از دی‌انیدریدها و دی‌آمینهای فلئوئودار، موادی پلیمری با عملکرد بالا، ثابت دی‌الکتریک کم و شفافیت نوری بالا می‌باشند [۱۰-۱۲]. الکترون‌گاتیویتهی بالای فلئوئور به قطبش‌پذیری کم پیوندهای C-F و کاهش ثابت دی‌الکتریک می‌انجامد. حضور اتصال گروه حجیم تری‌فلئوئورومتیل در ساختار زنجیر پلیمری

می‌تواند موجب افزایش انحلال‌پذیری شده و به کاهش تراکم زنجیر و بلورینگی ساختار نیز بیانجامد. پلی‌ایمیدهای فلئوئوردار آزمونهای اولیه برای ورود به صنایع الکترونیک و ساخت انواع نیمه‌رسانا را پشت سر گذاشته و از نظر جمعیت رشدی روزافزون دارند. اهمیت این دسته از پلیمرها تا جایی است که بسیاری از منابع پلیمری جدید بر این مورد اشتراک نظر دارند که هم‌اینک پیکان تحقیق در حوزه‌ی پلی‌ایمیدها به سوی تهیه و بررسی خواص پلی‌ایمیدهای فلئوئوردار هدف‌گیری شده است. از سوی دیگر، پلی‌ایمیدهای دارای گروه تری‌فنیل‌آمین به دلیل بهره‌گرفتن از یک سیستم مزدوج، دارای خواص فتوشیمیایی و الکتریکی و همچنین پایداری حرارتی بالایی می‌باشند. از اینرو این پلی‌ایمیدها ممکن است در ارگانوالمنت‌های الکترولومیناسانس بکار گرفته شوند [۱۳-۱۵].

دوپانت اولین پلی‌ایمید تجاری را که در واقع به خانواده پلی‌(اتر-ایمید)ها تعلق دارند در اوایل دهه شصت میلادی تحت نام کاپتون پیشنهاد داد که با واکنش تراکمی بین پیروملیتیک-دی‌انیدرید و ۴،۴'-دی‌آمینودی‌فنیل‌اتر ساخته شد (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱ واکنش تهیه کاپتون

کاپتون با دمای تغییر حالت استثنایی برابر 357°C در برابر اکسایش حرارتی پایداری بالایی دارد. در واقع تا این اواخر هیچ پلیمر آلی که تا این درجه حرارت مقاوم بوده و بطور مداوم در دمای 270°C به کار برده شود تولید تجاری نشده است. این پلیمر و دیگر پلی-ایمیدهای مشابه به شکل محلول‌های پلی‌(آمیک-اسید) نیز موجود می‌باشند که به عنوان لعاب سیمهای دمای بالا و عایق کاری سطوح صیقلی و پوشش فیبرهای شیشه و دیگر محصولات استفاده می‌شوند. دوپانت تاکنون محصولات مانندی عایق سیمها، روغنهای جلا، انواع فیلم