

صلى الله عليه وسلم



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده شیمی

**سنتز، شناسایی و تعیین ساختار کمپلکسهای چند هسته‌ای مس با مشتقات لیگاند
فنیل سیانامید**

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته شیمی معدنی

صغری جلیل پور کیوی

استاد راهنما

دکتر حسین چینی فروشان

۱۳۸۷



دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته شیمی معدنی خانم صغری جلیل پور کیوی
تحت عنوان

**سنتز، شناسایی و تعیین ساختار کمپلکسهای چند هسته‌ای مس با مشتقات لیگاند
فنیل سیانامید**

در تاریخ ۱۳۸۷/۲/۸ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه

دکتر حسین چینی‌فروشان

دکتر محمد حسین حبیبی

۲- استاد داور

دکتر حسن حدادزاده

۳- استاد داور

دکتر بیژن نجفی

۴- سرپرست تحصیلات دانشکده

الحمد لله الذی علم ما لم یعلم

الهی من همه هیچم، هر چه هست تویی

من همه زوالم، جاوید تویی

من همه نیازم، صمد تویی

این نیازمند چون همیشه تحمید گو و تسبیح خوان توست که بار دیگر به اندیشه اش پرواز، به چشمانش نور و به علمش برکت بخشیدی، تا این مرحله از زندگی را نیز با موفقیت سپری کند. به حق و به جاست از زحمات بسیار کسان که رهنما و رهنمونم بودند، با هزاران زبان و هزار گونه گفتار سپاس گزار باشم:

از خانواده عزیزم به خصوص پدر و مادرم که همواره پشتیبان و مشوق من بوده‌اند و همیشه مرحون محبت و مهربانی آنها خواهم بود سپاس گزارم و از خدا والاترین سرور و نیکویی را برای آنها خواستارم.

از راهنمایی‌ها و نظرات استاد راهنما، آقای دکتر چینی فروشان از جان و دل سپاس گزارم و در برابر تمامی راهنمایی‌هایشان منت می‌پذیرم.

از آقای دکتر امین زاده و آقای دکتر حدادزاده که در این مدت شاگردی ایشان نصیب من شد، سپاس گزارم و از خداوند سعادت‌ی جاودانه برای آنها خواستارم.

از دوستان خوبم، خانم‌ها بهاره شیرین فر، اکرم غلامی و زینب روحانی و آقایان مهدی صالحی، مهید مرشدی، احمد امیری و امین موذنی که در بسیاری جاها با تکیه بر فرزاندگی و مهر و دوستی آنها راه پیمودم از جان و دل تشکر و تقدیر می‌کنم و امید موفقیت‌شان را از خداوند مسئلت دارم.

همین طور از تمامی دوستانم که در این مرحله از زندگی مرا یاری کردند و وجودشان برایم آرامش و دلگرمی بود، سپاس گزارم. خداوندا، نور امید را در دل‌های آنان فروزان نگهدار و کامیابشان گردان.

خدایا در گذر زمان‌ها ما را به آن راه‌ها و جایگاه‌ها بکشان که تعالی روح ما و تجلی نور تو در آن است. مگذاور پیمان بلغزد و از رحیق شیرین کرامت و مهر و بزرگیت در جام تهی قلبمان بسیار ریز و سرشارمان کن از عشق و تکاپو.

فرزانه جلیل‌پور

اردیبهشت ۱۳۸۷

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

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که بهترین پشتیبان است
و به پاس محبت‌های بی‌دریغشان که هرگز فروکش نمی‌کند،
این مجموعه را به پدر و مادر عزیزم تقدیم می‌کنم.

.....	فهرست مطالب
.....	چکیده
	فصل اول اصول مقدماتی
۷	۱-۱- دیدگاه تاریخی
۱۲	۱-۱-۱- آشنایی با فلزات مولکولی
۱۶	۲-۱- طراحی، سنتز و خصوصیات مواد انتقال بار رسانای جدید
۱۶	۱-۲-۱- فلزات و ابررساناهایی که اساس دهندگی π دارند
۱۶	۲-۲-۱- فلزات و ابررساناهایی که اساس پذیرندگی π دارند
۱۶	۳-۲-۱- پذیرنده‌های $M(dmit)_2$
۱۷	۴-۲-۱- پذیرنده‌های DCNQI
۱۹	۳-۱- بررسی ساختار و خصوصیات لیگاندهای فنیل سیانامید
۱۹	۱-۳-۱- معرفی و تاریخچه لیگاندهای فنیل سیانامید
۱۹	۲-۳-۱- سنتز مشتقات فنیل سیانامیدی
۲۱	۳-۳-۱- خصوصیات طیفی لیگاندهای فنیل سیانامید
۲۱	۴-۳-۱- شیمی کوئوردیناسیون لیگاندهای فنیل سیانامید
۲۲	۵-۳-۱- فرم رزونانسی لیگاندهای فنیل سیانامید
۲۲	۴-۱- پیوند در ترکیبات کوئوردیناسیون
۲۲	۱-۴-۱- نظریه پیوند ظرفیت (VBT)
۲۳	۲-۴-۱- نظریه میدان بلور (CFT)
۲۴	۳-۴-۱- نظریه اوربیتال مولکولی (MOT)
۲۵	۴-۴-۱- مدل همپوشانی زاویه‌ای
۲۶	۵-۴-۱- نظریه میدان لیگاند (LFT)
۲۷	۵-۱- ساختار الکترونی کمپلکس‌های فلزات واسطه
۲۷	۱-۵-۱- مس (II)

۲۸	.....d ⁹ آرایش ۲-۵-۱
۲۸	..... ۳-۵-۱ کمپلکس های چهار کوئوردینه با تقارن کلی چهار وجهی
۲۹	..... ۴-۵-۱ کمپلکس های پنج کوئوردینه
۳۰	..... ۶-۱ مروری به کارهای گذشته
۳۰	..... ۱-۶-۱ کمپلکس منگنز
۳۱	..... ۲-۶-۱ کمپلکس های کبالت
۳۱	..... ۳-۶-۱ کمپلکس های نیکل، پالادیم و پلاتینیوم
۳۲	..... ۴-۶-۱ کمپلکس های مس و نقره
۳۴	..... ۷-۱ کاربردها

فصل دوم بخش تجربی

۳۵	..... ۱-۲ مقدمه
۳۶	..... ۲-۲ مشخصات مواد و دستگاههای مورد استفاده
۳۶	..... ۱-۲-۲ مواد و حلالها
۳۶	..... ۲-۲-۲ دستگاهها
۳۶	..... ۳-۲ لیگاند ۴- نیترو فنیل سیانامید
۳۶	..... ۱-۳-۲ سنتز ۴- نیترو فنیل سیانامید
۳۸	..... ۲-۳-۲ تبلور مجدد ۴- نیترو فنیل سیانامید
۳۸	..... ۴-۲ لیگاند ۴- فلورو فنیل سیانامید
۳۸	..... ۱-۴-۲ سنتز ۴- فلورو فنیل سیانامید
۳۹	..... ۲-۴-۲ تبلور مجدد ۴- فلورو فنیل سیانامید
۳۹	..... ۵-۲ لیگاند ۴- کلرو فنیل سیانامید
۳۹	..... ۱-۵-۲ سنتز ۴- کلرو فنیل سیانامید
۴۰	..... ۲-۵-۲ تبلور مجدد ۴- کلرو فنیل سیانامید
۴۱	..... ۶-۲ لیگاند ۴- برومو فنیل سیانامید
۴۱	..... ۱-۶-۲ سنتز ۴- برومو فنیل سیانامید
۴۱	..... ۲-۶-۲ تبلور مجدد ۴- برومو فنیل سیانامید
۴۲	..... ۷-۲ کمپلکس مس (II) - فنیل سیانامید

۴۲	..... ۱-۷-۲- سنتز کمپلکس مس-۴- نیترو فنیل سیانامید
۴۲	..... ۲-۷-۲- خالص سازی و تبلور کمپلکس مس-۴- نیترو فنیل سیانامید
۴۳	..... ۳-۷-۲- سنتز کمپلکس مس-۴- فلورو فنیل سیانامید
۴۳	..... ۴-۷-۲- سنتز کمپلکس مس-۴- کلرو فنیل سیانامید
۴۴	..... ۵-۷-۲- سنتز کمپلکس مس-۴- برومو فنیل سیانامید

فصل سوم بحث و نتیجه گیری

۴۵	..... ۱-۳- مقدمه
۴۵	..... ۳-۱-۱- طیف ارتعاشی لیگاند فنیل سیانامید در حالت آزاد
۵۱	..... ۳-۱-۲- بررسی طیف ارتعاشی کمپلکس های مس (II)- فنیل سیانامید
۵۷	..... ۳-۲- بررسی طیف الکترونی کمپلکس ها
۵۷	..... ۳-۲-۱- بررسی طیف الکترونی لیگاندهای سیانامید
۶۲	..... ۳-۲-۲- [Cu (4-NO ₂ -pcyd)] کمپلکس طیف الکترونی
۶۴	..... ۳-۲-۳- [Cu (4-F-pcyd)] کمپلکس طیف الکترونی
۶۶	..... ۳-۲-۴- [Cu (4-Cl-pcyd)] کمپلکس طیف الکترونی
۶۸	..... ۳-۲-۵- [Cu (4-Br-pcyd)] کمپلکس طیف الکترونی
۶۹	..... ۳-۳- بررسی ساختار بلوری کمپلکس مس (II) -۴- نیترو فنیل سیانامید
۷۱	..... ۳-۳-۱- بررسی ساختاری کمپلکس

چکیده

در این پایان نامه، لیگاندهای 4-NO₂ pcyd، 4-F pcyd، 4-Cl pcyd، 4-Br pcyd و کمپلکس‌های مس (II) با لیگاند 4-نیترو فنیل سیانامید، مس (II) با لیگاند 4-فلوئورو فنیل سیانامید، مس (II) با لیگاند 4-کلرو فنیل سیانامید، مس (II) با لیگاند 4-برومو فنیل سیانامید با امکان رسانایی سنتز و شناسایی شدند.

وجود حلقه فنیل و سه اتم گروه NCN، در این لیگاند، باعث ایجاد یک سیستم π پیوسته شده که موجب می‌شود این لیگاند خصلت π بسیار قوی داشته باشد کوئوردینه شدن این لیگاند از دو انتهای نیتریلی و آمینی NCN صورت می‌گیرد. این کمپلکس دارای ساختار هرم مربع القاعده انحراف یافته است. لیگاند دی‌متیل فراماید به صورت محوری بر روی آن استخلاف شده است. سایر لیگاندهای ذکر شده به صورت استوایی بر روی فلز کوئوردینه شده‌اند. در این کمپلکس به علت عدم وجود ممانعت فضایی، این امکان را برای لیگاند فنیل سیانامید فراهم ساخته که به صورت منظم و پلیمری به فلز کوئوردینه شود. این کمپلکس سنتز شده به علت داشتن ساختار پلیمری، فقط در حلال‌های DMF و DMSO قابلیت انحلال دارد. لیگاندهای فنیل سیانامید با استخلافات مختلف و کمپلکس‌های آن به کمک تکنیک‌های طیف‌سنجی IR و UV-vis، شناسایی شدند. کمپلکس $\{Cu(4-NO_2 pcyd)_2 DMF\}_n$ توسط پراش پرتو X تعیین ساختار شد.

فصل اول

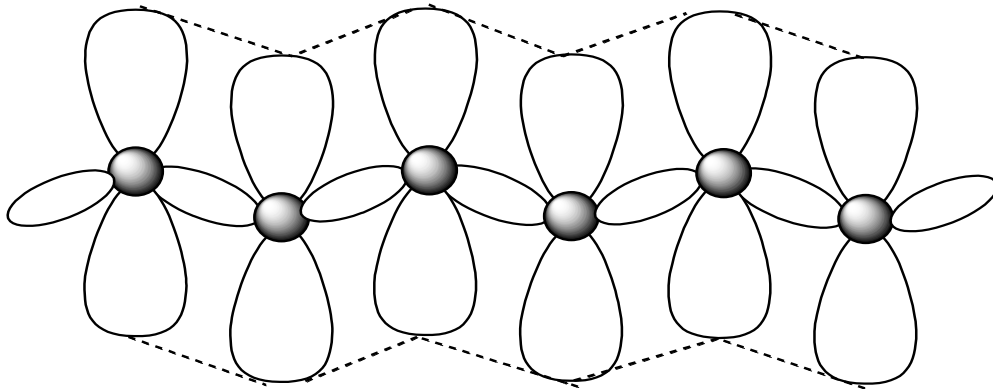
اصول مقدماتی

در دو دهه گذشته سنتز و بررسی خصوصیات مواد جدیدی که ویژگی حالت جامد غیر معمولی مثل رسانایی فلزی و ابررسانی را از خود نشان میدهند، مورد توجه بسیاری قرار گرفته است [۱].

در این مورد فلزات مولکولی (بیشتر نمک‌های دارای انتقال بار CT^۱) دارای اهمیت زیادی می‌باشند زیرا نه فقط رسانایی بالایی را از خود نشان می‌دهند بلکه از نظر خصوصیات نوری و مغناطیسی نیز بسیار مورد توجه هستند. تحقیقات در این زمینه از نظر افزایش توانمندی این مواد در حال پیشرفت است و دستگاه‌های الکترونیکی مولکولی و کاربردهای آن در صنعت باعث پیشرفت این مواد شده است. پیشرفت در دو زمینه پلیمرهای رسانا و نمک‌های انتقال بار به موازات هم در حال انجام است. رسانایی بالا در این نوع کمپلکس با ساختار کریستالی در مولکول‌های مسطحی که به صورت روبروی هم انباشته شده‌اند، مرتبط است.

^۱ . Charge-transfer

در گذشته، تحقیقات بسیاری در زمینه پلیمرهای رسانا آلی و ترکیبات پلیمری فلزی کوئوردیناسیونی انجام شده است. پلیمرهای آلی مثل پلی استیلن و پلی تیوفن، نه تنها به خاطر رسانایی بالا هم‌چنین به دلیل خصوصیات نوری آنها جالب توجه هستند. (شکل ۱-۳) [۲]



سیستم P_{π} غیر اشباع با الکترون غیر مستقر

شکل (۱-۱): ساختار غیر اشباع از پلی استیلن

همپوشانی π و برهمکنش‌های انتقال بار بین مولکول‌ها، باعث شده الکترون‌های π جفت نشده در طول انباشته‌های یک بعدی به طور جزئی غیر مستقر باشد. و این بدین معنی است که این کمپلکس‌ها می‌توانند در این جهت رسانایی الکتریکی داشته باشند [۳].

رسانایی در پلیمرهای خطی ناشی از سیستم π پیوسته‌ای است که به شدت با یکدیگر برهمکنش داشته و در تمام یا بخشی از مولکول وجود دارد [۴] و در این پدیده اغلب یک سیستم π گسترش یافته که از برهمکنش اوربیتال‌های

P_{π} محض مربوط به سیستم آلی و ترکیبی از اوربیتال های d_{π} فلز و P_{π} مربوط به لیگاند پل در پلیمرهای کوئور-دیناسیونی ناشی شده، منشاء گرفته است [۵].

پلیمرهای کوئور-دیناسیونی به خاطر خصوصیات مغناطیسی و رسانایی کاربرد بسیاری دارند [۶] محدودیت پیشرفت چنین سیستم هایی به دلیل مسیرهای سنتزی است که منجر به تولید محصولات نامناسب با وزن مولکولی پایین و غیر محلول می شوند و یا باعث تولید محصولات غیر قابل کنترل و شناسایی می گردد. بنابراین هدف ما در این پروژه بطور مستقیم در جهت توسعه استراتژی برای تولید ترکیبات با معماری مورد نظر می باشد.

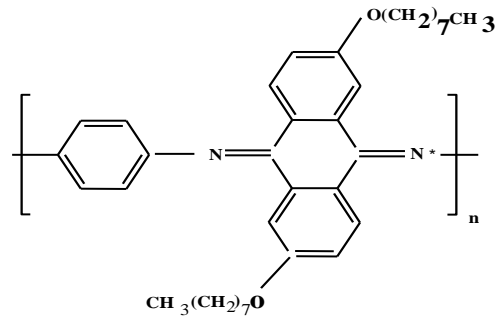
تلاش هایی که اخیراً صورت گرفته و به پیشرفت پلیمرهای رسانا وابسته است، را می توان به دو دسته تقسیم نمود :

- افزایش الیگومرهای معلق برای افزایش حلالیت پلیمر

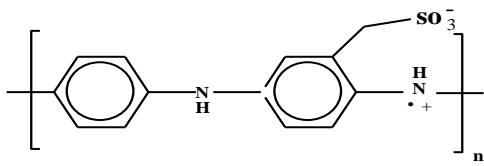
- توسعه استراتژی کنترل برای فرایندهای پلیمریزه شدن.

شکل (۱-۲) نمونه های گوناگونی از افزوده شدن گروه های معلق به پلی آنیلین و پلی تیوفن را نشان می دهد. در

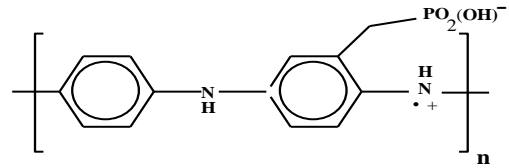
مطالعات دیگری، گروه های یونش پذیری مثل SO_3^- و $PO_2(OH)^-$ برای انحلال در آب جهت عمل کردن به عنوان تقویت کننده حد واسط به سیستم افزوده شده اند.



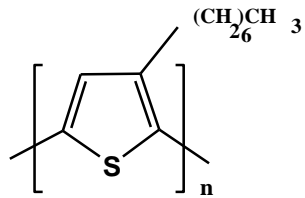
Poly(2,6-bis(octyloxy)anthraquinone p-phenylenediamine)



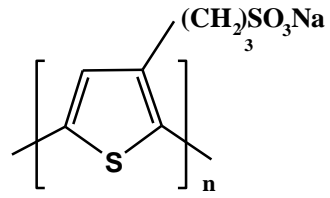
Poly(o-aminobenzylsulfonic acid)



Poly(o-aminobenzylphosphonic acid)



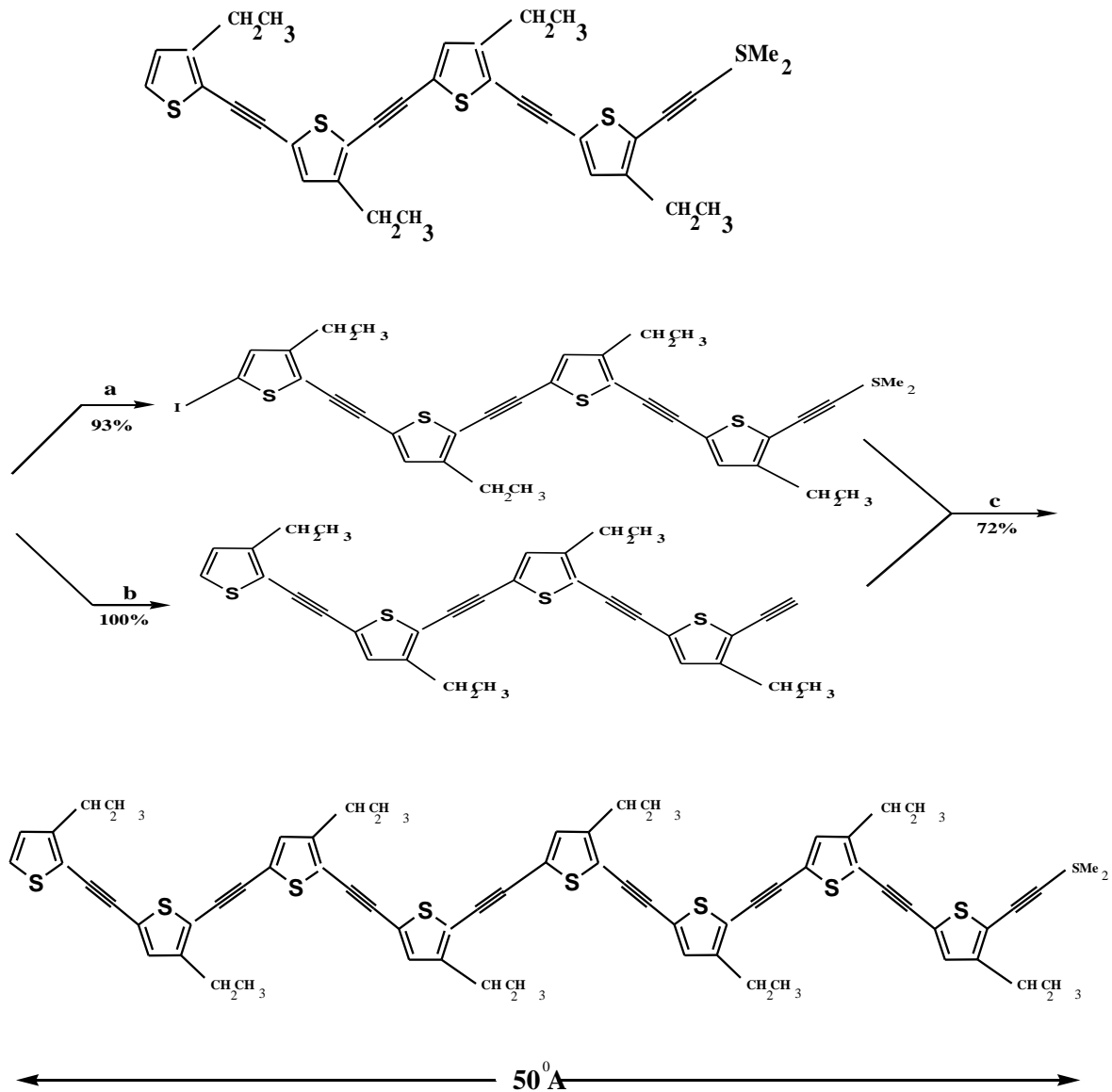
Poly(3-hexylthiophene)



Poly(3-(3-thienyl)propanesulfonate)

شکل (۲-۱): مثال‌هایی از پلیمرهای رسانا با گروه‌های اسید فسفریک، سولفات و آلکیل معلق

مطالعات نشان می‌دهد که با تهیه دقیق منومر و ترکیب شدن آنها، الیگومرهای کوچک در ابتدا ساخته می‌شوند و می‌توانند به عنوان واحدهای سازنده برای ایجاد زنجیره پلیمری طولانی تر به همان خوبی سیستم‌های درختواره و خطی پیچیده، مورد استفاده قرار گیرند [۷] (شکل (۳-۱))



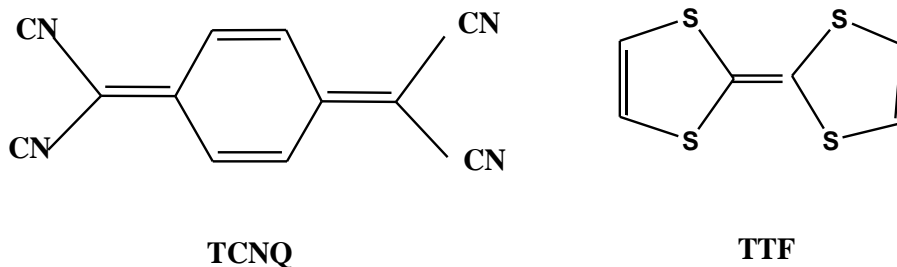
شکل (۳-۱): نحوه اتصال الیگومرهای کوچک برای ساخت پلیمرهای طویل زنجیری

۱-۱- دیدگاه تاریخی

اولین گزارشات در زمینه مواد رسانا سنتزی به سال ۱۹۵۴ برمی گردد که پژوهشگران گزارش دادند که نمک ناپایدار پرلین-برومید^۱ رسانا است.[۸]

از سال ۱۹۶۲ که، تترا سیانو پارا- کوئینودی متان (TCNQ) با رسانایی بالا به وسیله ملبی^۲ و همکارانش گزارش شد. به سرعت سنتز و شناسایی جامدات آلی رسانا، توسعه پیدا کرد[۹].

TCNQ یک پلیمر رسانا است و می تواند جایگزین رساناهای فلزی شده و در باتری هایی با وزن سبک در هواپیماها بکار رود.



شکل (۱-۴): ساختار مولکولی TTF و TCNQ

در سال ۱۹۷۰، یک الکترون دهنده آلی تترا تیو فولوالن (TTF) به وسیله وادل^۳ و همکارانش سنتز شد که دارای رسانایی زیادی بود[۱۰]. در نمک هالوژن تترا تیو فولوالن، ۴ اتم سولفور وجود دارد و یک دهنده الکترون خوب است و به سهولت یک الکترون را برای تشکیل یک کاتیون پایدار آزاد میکند. در سال ۱۹۷۳ ساختار کریستالی کمپلکس انتقال بار تشکیل شده به وسیله تترا تیو فولوالن به عنوان دهنده و تترا سیانو پارا- کوئینودی متان به عنوان پذیرنده به نسبت ۱:۱ مورد شناسایی شد و مشخص گردید که این ماده خصوصیات فلزی را از خود نشان می دهد[۱۱]. هم چنین

¹ Perylene bromide

² Melby

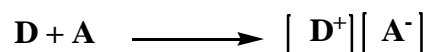
³ . Wudle

در ۱۹۷۰، رسانایی پلی استیلن توسط تقویت کردن آن با گونه‌های دهنده یا گیرنده افزایش پیدا کرد و این آغاز تحقیقات گسترده در زمینه پلیمرهای آلی مزدوج بود.

سیستم π در آنیون‌های تتراسیانو پارا- کوئینودی متان، به گونه‌ای گسترش یافته که سیستم π در بالا و پائین سطح مولکولی قرار گرفته و از اوربیتال های p_z به عنوان پذیرنده استفاده می‌شوند. حرکت الکترون‌ها در این سیستم غیر مستقر از یک صفحه به صفحه دیگر در طول انباشته‌های تتراسیانو پارا- کوئینودی متان، می‌باشد.

واکنش بین مولکول‌های دهنده D و گیرنده A در چنین نمک‌هایی در واکنش (۱-۱) نشان داده شده است.

واکنش (۱-۱):



کمپلکس‌های تشکیل شده از تتراسیانو پارا- کوئینودی متان و تتراتیو فولوالن، اولین ترکیب شناخته شده رسانا بودند که به طور کامل رسانایی فلزی را نشان می‌دادند. در کریستال‌های تشکیل شده TCNQ-TTF الکترون‌ها از دهنده الکترونی TTF به پذیرنده الکترونی TCNQ منتقل می‌شدند و این الکترون‌ها به طور متناوب در داخل این ساختار جابجا می‌شدند [۱۱].

برای بهبود خصوصیات دهندگی الکترون در TTF و خصوصیات پذیرندگی الکترون در TCNQ، انواع مختلفی از TTF, TCNQ مورد مطالعه قرار گرفته و سنتز شدند (جدول (۳-۱) و شکل (۷-۱)).

اولین اصلاح، سنتز TSF بود، بر این اساس نمک TSF-TCNQ شناخته شد که ایزومورف (همریخت) با TTF-TCNQ بود، اما رسانایی الکتریکی آن دو برابر بود. [۱۲]

نقطه تحول در توسعه رساناهای آلی که اساس آن کمپلکس‌های انتقال بار نمک‌های رادیکال آنیونی است که در (جدول (۱-۱) بر اساس تقدم زمانی نمایش داده شده است.

جدول ۱-۱:

کشف	سال
پرین-برومید: اولین ترکیب مولکولی رسانا $\sigma_{\text{RT}} = 1 \text{ scm}^{-1}$	۱۹۵۴
نمک‌های نیمه هادی TCNQ	۱۹۶۲
اولین فلز آلی TTF-TCNQ، $\sigma_{\text{RT}} = 500 \text{ Scm}^{-1}$	۱۹۷۳
سنتز TSF-TCNQ $\sigma_{\text{RT}} = 700-800 \text{ Scm}^{-1}$	۱۹۷۴
HMTSF-TCNQ: خصوصیات فلزی در دمای کمتر از ۱K حفظ می‌شود، و افزایش بعد بدلیل انباشته‌های درونی N... Se افزایش می‌یابد.	۱۹۷۵
HMTSF-2,5-DMTCNQ: در دمای ۱K، $\sigma_{\text{RT}} = 10^5 \text{ Scm}^{-1}$	۱۹۷۸
TMTTF-تترا هالو-پارا- بنزو کوئین: رفتار فلزی بدون TCNQ یا سایر مشتقات پذیرنده	۱۹۷۹
نمک‌های $(\text{TMTSF})_2 \text{X}$: اولین ابررسانای آلی گزارش داده شده در ۰/۹ K برای هنگامیکه $\text{X} = \text{PF}_6^-$ و در دمای ۱/۴ K هنگامیکه $\text{X} = \text{ClO}_4^-$ است	۱۹۸۰
$(\text{BEDT-TTF})_2 \text{ClO}_4(1,1,2\text{-trichloroethane})_{0.5}$ هدایت فلزی در دامنه دمایی ۱/۴ K-۲۹۸ در سیستمی که اساس آن گوگردی است.	۱۹۸۲
$(\text{BEDT-TTF})_2 \text{ReO}_4$ اولین ابر رسانای آلی با اساس گوگردی	۱۹۸۳
اولین سیستم ابررسانا که اساس آن نمک‌های انتقال بار است $\text{TTF}[\text{Ni}(\text{dmit})]_2$	۱۹۸۶
$\text{Cu}(2,5\text{-DMDCNQI})_2$ هدایت بسیار بالا برای یک نمک یون رادیکالی و رفتار فلزی در دمای ۱/۳ K-۲۹۸ با هدایت $\sigma = 5 \times 10^5 \text{ Scm}^{-1}$	۱۹۸۷
اولین ابر رسانای مشاهده شده در یک نمک دهنده غیر $(\text{DMET})_2 \text{Au}(\text{CN})_2$	۱۹۸۷

مقارن

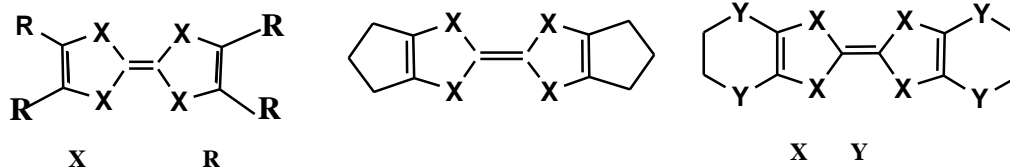
سنتز TTeF-TCNQ، $\sigma_{rt} = 2000 \text{ Scm}^{-1}$	۱۹۸۸
ابر رسانای مشاهده شده با اساس گوگردی، با یک دهنده غیر متقارن $(\text{MDT-TTF})_2\text{AuI}_2$	۱۹۸۸
اولین فلز آلی که دارای یک دهنده اکسیژنی است. $(\text{BEDO-TTF})_{2.4}\text{I}_3$	۱۹۹۰
$\sigma_{rt} = 100-280 \text{ Scm}^{-1}$	
ابر رسانای مشاهده شده که دارای دهنده اکسیژنی است. $(\text{BEDO-TTF})_3\text{Cu}_2(\text{NCS})_3$	۱۹۹۰

جدول (۲-۱): رسانایی نمک‌های مختلف TCNQ

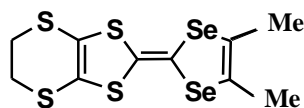
Salt	$\sigma \text{ (Scm}^{-1}\text{)}$
TTF-TCNQ	500
TSF-TCNQ	700-800
TMTTF-TCNQ	350
TMTSF-TCNQ	800
HMTTF-TCNQ	500
HMTSF-TCNQ	2000
TMTSF-DMTCNQ	$400-600/2 \times 10^5$ (p=10 kbar at 1K)

دهنده‌ها:

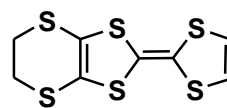
Donor



- | | | | | | | | |
|--------|----|-------|----------|-------|---------|----|----------|
| (1) S | H | TTF | (6) X=S | HMTTF | (8) S | S | BEDT-TTF |
| (2) Se | H | TSF | (7) X=Se | HMTSF | (9) S | O | BEDO-TTF |
| (3) S | Me | TMTTF | | | (10) Se | Se | BEDS-TSF |
| (4) Se | Me | TMTSF | | | (11) S | Se | BEDS-TTF |
| (5) Te | H | TTeF | | | | | |



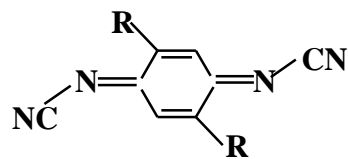
(12) DMET



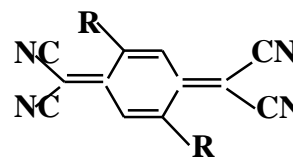
(13) MDT-TTF

Acceptor

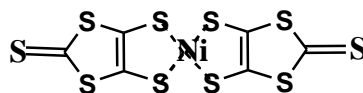
گیرنده‌ها:



- (17) R=H DCNQI
 (18) R=Me 2,5-DMDCNQI



- (14) R=H TCNQ
 (15) R=Me 2,5-DMTCNQ



(16) Ni(dmit)₂

شکل (۵-۱): انواع گیرنده‌ها و دهنده‌ها که نمک‌های انتقال بار را تشکیل می‌دهند.