بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

دانشگاه رازی
دانشکدهٔ فنی مهندسی
گروه برق – الکترونیک

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشدرشته‌ی مهندسی برق

گرایش الکترونیک

مدل‌سازی و ارزیابی ترانزیستور لایه نازک آلی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی

استاد راهنما:
دکتر محسن حیاتی

نگارش:
فرزاد مظفری

بهمن ماه ۱۳۸۹

کلیّه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه رازی است.

تقدیر و تشکر

بر خود بایسته میدانم که از زحمات استاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر حیاتی به خاطر راهنمایی‌های ارزشمندشان در مسیر اجرای این پایان‌نامه صمیمانه سپاسگذاری نمایم. همچنین از داوران بزرگوار جناب آقای دکتر عباس رمضانی و جناب آقای دکتر آرش احمدی که زحمت باز خوانی پایان‌نامه را بر عهده گرفتند نیز کمال تشکر و سپاس را دارم.

تقدیم به

" همسر مهربان و فرزند عزیزم"

چکیده

با کوچکتر شدن اندازه قطعات نیمه هادی به کمتر از ۱۰۰ نانومتر، اثرات مکانیک کوانتومی در کارایی قطعه، خود را نشان می‌دهد. از اینرو محاسبات مربوط به مشخصه‌های جریان– ولتاژ ترانزیستور لایه نازک آلی بسیار پیچیده می‌شود. در این پایان نامه، مدل‌سازی ترانزیستور لایه نازک آلی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی انجام شده است. این مدل سازی بر اساس داده‌های تجربی با بهره‌گیری از شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌باشد که در مقایسه با نرم افزارهایی مانند Silvaco دارای دقت بالاتری می‌باشد. نتایج بدست آمده نشان میدهد که مدل پیشنهاد شده و روابط بدست آمده دارای میانگین خطای نسبی ۰/۱ درصد نسبت به نتایج تجربی می‌باشد. مدل پیشنهادی که با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه بدست آمده، جهت ارزیابی به صورت یک زیرمدار در برنامه شبیه‌ساز HSPICE گنجانده شده است ومی‌توان از آن به عنوان ابزار مناسبی جهت شبیه‌سازی مدارات مقیاس نانواستفاده کرد.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

پیشگفتار

فصل اول: الکترونیک آلی

مقدمه ۱
۱-۱) ترکیبات معدنی ۱
۱-۱-۱) ساختارهای مواد معدنی ۱
۱-۱-۲) واکنش‌های مواد معدنی ۱
۱-۱-۳) رابطه شیمی معدنی و آلی ۲
۱-۲) ترکیبات آلی ۳
۱-۳) نیمه‌رساناهای آلی ۳
۱-۳-۱)انواع نیمه‌رساناهای آلی ۴
۱-۳-۲) پنتاسن(Pentacene) ۵
۱-۳-۳) دیاگرام سطوح انرژی پنتاسن ۹
۱-۴) روش‌های ایجاد نیمه‌رساناهای آلی در ادوات الکترونیکی ۱۰
۱-۴-۱) انواع رشد لایه‌های نازک ازنیمه‌رساناهای آلی ۱۱

فصل دوم: ترانزیستورهای اثرمیدان لایه نازک

مقدمه ۲۰
۲-۱) ترانزیستورلایه نازک (TFT) ۲۱
۲-۲) ترانزیستورلایه نازک آلی (OTFT) ۲۲
۲-۲-۱) انواع ترانزیستورلایه نازک آلی ۲۳
۲-۲-۱-۱) ترانزیستورلایه نازک آلی اتصال بالا (TC Pentacene TFT) ۲۴
۲-۲-۱-۲) ترانزیستورلایه نازک آلی اتصال پایین (BC Pentacene TFT) ۲۵

فصل سوم: شبکه‌های عصبی مصنوعی(ANN)

مقدمه ۲۷
۳-۱) مزایای شبکه‌های عصبی ۲۸
۳-۲) کاربردهای شبکه‌های عصبی ۲۹
۳-۳) ساختار نرون بیولوژیکی ۳۰
۳-۴) مدل پایه نرون ۳۱
۳-۵) مدل پرسپترون چند لایه ۳۴
۳-۵-۱) ویژگیهای شبکه پرسپترون چند لایه ۳۶
۳-۶) آموزش شبکه عصبی مصنوعی ۳۷
۳-۶-۱) یادگیری با نظارت ۳۷
۳-۶-۲) یادگیری بدون نظارت ۳۷
۳-۶-۳) یادگیری تقویتی ۳۸
۳-۶-۴) یادگیری رقابتی ۳۸
۳-۷) الگوریتم آموزش شبکه پرسپترون چند لایه(MLP) ۳۸
۳-۸) شبکه تابع پایه شعاعی ۴۲
۳-۸-۱) آموزش شبکه RBF ۴۳
۳-۸-۲) الگوریتم k– میانگین ۴۲
۳-۹) طراحی شبکه‌های عصبی ۴۶

فصل چهارم: پیاده‌سازی روش‌های مدل‌سازی و نتایج ارزیابیمدل‌های پیشنهادی

مقدمه ۴۷
۴-۱) روش‌های پیشنهاد شده جهت مدل‌سازی Pentacene TFTTC ۴۸
۱-۴-۱- حالت اوّل ۴۹
۱-۴-۲- حالت دوّم ۵۰
۴-۲) نرم‌افزار Silvaco ۵۱
۴-۳) نرمالیزه کردن داده‌های ورودی به شبکه عصبی در حالت اوّل ۵۲
۴-۴)مدل‌سازی Pentacene TFTTCبا استفاده از شبکه عصبی MLPدر حالت اوّل ۵۳
۴-۴-۱) نتایج مدل‌سازی Pentacene TFT TCبا استفاده از شبکه عصبی MLP در حالت اوّل ۵۵
۴-۵)پیاده سازی مدل شبکه عصبیPentacene TFT TCدر نرم‌افزار HSPICEدر حالت اوّل ۵۹
۴-۶)شبیه سازی گیت معکوس کننده مقاومتی در حالت اوّل در نرم‌افزار HSPICE ۶۱

۴-۷) نرمالیزه کردن داده های ورودی به شبکه عصبی در حالت دوّم ۶۴
۴-۸) مدل‌سازیPentacene TFTTC با استفاده از شبکه عصبی MLPدر حالت دوّم ۶۵
۴-۸-۱) نتایج مدل‌سازی Pentacene TFTTCبا استفاده از شبکه عصبیMLPدر حالت دوّم ۶۸
۴-۹)پیاده سازی مدل شبکه عصبی Pentacene TFT TCدر نرم‌افزار HSPICE در حالت دوّم ۷۲
۴-۱۰) شبیه سازی گیت معکوس کننده با بار فعال در نرم‌افزار HSPICE در حالت دوّم ۷۴

نتیجه‌گیری ۷۵

پیشنهادات ۷۵

پیوست‌ها ۷۶

مراجع ۸۱

شکل‌ها **صفحه**

شکل۱-۱- پیوند آلی ۲
شکل۱-۲- کاربرد مواد آلی در علم الکترونیک ۴
شکل۱-۳- ساختار شیمیایی مولکول پنتاسن ۵
شکل۱-۴- مولکول بنزن
شکل ۱-۵- مولکول پنتاسن ۶
شکل ۱-۶- ساختار گرافیتی ۷
شکل۱-۷-پیوند pi – pi stacking ۷
شکل۱-۸- مولکولهای پنتاسن در پیوند با هم ۸
شکل۱-۹- دیاگرام سطوح انرژی پنتاسن ۹
شکل۱-۱۰- انباشت فیزیکی بخار ۱۳
شکل۱-۱۱- انباشت شیمیایی بخار ۱۵
شکل۱-۱۲- اپی تکسی مولکولی ۱۶
شکل۱-۱۳- لایه گذاری به وسیله پالس لیزری ۱۷
شکل۱-۱۴- لایه نشانی حمام شیمیایی ۱۸
شکل ۲-۱- ترانزیستور لایه نازک ۲۱
شکل ۲-۲- ترانزیستور لایه نازک آلی ۲۳
شکل ۲-۳- انواع ترانزیستور لایه نازک آلی ۲۳
شکل ۲-۴- ترانزیستور لایه نازک آلی اتصال بالا ۲۴
شکل ۲-۵- ترانزیستور لایه نازک آلی اتصال پایین ۲۵
شکل۳-۱- ساختارنرون طبیعی انسان ۳۱
شکل ۳-۲- مدل پایه نرون ۳۲
شکل ۳-۳- توابع فعالیت ۳۳
شکل ۳-۴- ساختار پرسپترون چند لایه ۳۵
شکل ۳-۵- شبکه تابع پایه شعاعی ۴۲
شکل ۳-۶- تابع گوسین ۴۴
شکل۴-۱- ساختار ترانزیستور لایه نازک آلی ۴۹
شکل ۴-۲- مدل‌سازی ترانزیستور لایه نازک آلی با شبکه عصبی مصنوعی در حالت اوّل ۴۹
شکل ۴-۳- مدل تقریبی سیگنال کوچک ترانزیستور لایه نازک ۵۰
شکل۴-۴- مدل‌سازی ترانزیستور لایه نازک آلی با شبکه عصبی مصنوعی در حالت دوّم ۵۰
شکل۴-۵- مدل سیگنال کوچک ترانزیستور لایه نازکشامل هدایت انتقالی و مقاومت کانال ۵۰
شکل ۴-۶- مقایسه بین نتایج تجربی وپیش بینی مدل پیشنهاد شده در حالت آموزش شبکه ۵۶
شکل ۴-۷- مقایسه بین نتایج تجربی وپیش بینی مدل پیشنهاد شده در حالت تست شبکه ۵۶
شکل۴-۸- درصد خطای نسبی بدست آمده با استفاده از شبکه عصبی برای داده های‌آموزش ۵۷
شکل۴-۹- درصد خطای نسبی بدست آمده با استفاده از شبکه عصبی برای داده های‌تست ۵۷

شکل ۴-۱۰- منحنی‌های جریان – ولتاژ ترانزیستور لایه نازک ۵۸
شکل ۴-۱۱- منحنی‌های جریان – ولتاژ ترانزیستور لایه نازک ۵۸
شکل۴-۱۲- ساختار شبکه عصبی پیشنهاد شده توسط دیجفال برای مدل‌سازی ترانزیستور ۵۹
شکل ۴-۱۳- مدل شبکه عصبی Pentacene TFT به صورت یک منبع جریان کنترل شده با ولتاژ ۶۱
شکل ۴-۱۴- گیت معکوس کننده مقاومتی ۶۱
شکل ۴-۱۵- منحنی ورودی/خروجی بدست آمده بااستفاده از شبکه عصبی برای گیت معکوس کننده مقاومتی ۶۲
شکل ۴-۱۶- مدل‌سازی ترانزیستور لایه نازک آلی با شبکه عصبی مصنوعی در حالت دوّم ۶۴
شکل۴-۱۷- مدل سیگنال کوچک ترانزیستور لایه نازک شامل هدایت انتقالی و مقاومت کانال ۶۴
شکل۴-۱۸- مقایسه بین نتایج تجربی وپیش بینی مدل پیشنهاد شده در حالت آموزش شبکه (مقاومت انتقالی) ۶۸
شکل۴-۱۹- مقایسه بین نتایج تجربی وپیش بینی مدل پیشنهاد شده در حالت تست شبکه (مقاومت انتقالی) ۶۸
شکل۴-۲۰- مشخصه مقاومت انتقالی برحسب ولتاژ گیت سورس ۶۹
شکل ۴-۲۱- مشخصه مقاومت کانال برحسب ولتاژ گیت سورس ۷۰
شکل ۴-۲۲- مقایسه بین نتایج تجربی وپیش بینی مدل پیشنهاد شده در حالت آموزش شبکه (مقاومت کانال) ۷۰
شکل ۴-۲۳- مقایسه بین نتایج تجربی وپیش بینی مدل پیشنهاد شده در حالت تست شبکه (مقاومت کانال) ۷۱
شکل ۴-۲۴- مدل استفاده شده جهت شبیه سازی ترانزیستور در حالت دوّم ۷۲
شکل ۴-۲۵- مدار معکوس کننده با بار فعال با استفاده از ترانزیستور لایه نازک آلی ۷۰
شکل ۴-۲۶- پاسخ پویای ترانزیستور لایه نازک آلی با بار فعال در فرکانس ۱۰ کیلوهرتز ۷۳

جداول **صفحه**

جدول۴-۱- محدوده داده های استفاده شده برای آموزش شبکه عصبی در حالت اوّل ۵۲
جدول۴-۲- مقایسهدرصد میانگین خطای نسبی بین چند ساختارشبکه عصبی مختلف بررسی شده در حالت اوّل ۵۴
جدول۴-۳- مشخصات بهترین ساختار MLP برای مدل کردن Pentacene TFTدر حالت اوّل ۵۵
جدول۴-۴- محدوده داده های استفاده شده برای آموزش شبکه عصبی در حالت دوّم ۶۵
جدول۴-۵- مقایسهدرصد میانگین خطای نسبی بین چند ساختارشبکه عصبی مختلف بررسی شده در حالت دوّم ۶۶
جدول۴-۶- مشخصات بهترین ساختار MLP برای مدل کردن Pentacene TFT در حالت دوّم ۶۷

مخفف‌ها

TFT	Thin Film Transistor
OTFT	Organic Thin Film Transistor
TC Pentacene TFT	Top Contact Pentacene Thin Film Transistor
BC Pentacene TFT	Bottom Contact Pentacene Thin Film Transistor
MLP	Multi layer Perceptron
RBF	Radial Basis Function
MRE	Mean Relative Error
ANN	Artificial Neural Network

فصل اوّل

الکترونیک آلی

پیشگفتار

علم الکترونیک آلی،در حال حاضربه یکی از زمینه‌های تحقیقاتی مهم در مراکز علمی و صنعتی با کاربردهای وسیعی همچون حسگرها و فتو ولتاژها، صفحات نمایش(Organig Light Emitting Diode(OLED ساخت و تولید ترانزیستورهای لایه نازک آلی(Organic Thin Film Transistor (OTFT،سلولهای خورشیدی و روزنامه‌های الکترونیکی تبدیل شده است. بکار بردن لایه‌های آلی مانند Pentacene، درترانزیستورهای OTFTباعث ساخت صفحات نمایش قابل انعطاف با وضوح و شفافیت بیشتر(قابل استفاده در تلویزیون‌های کریستال مایع وتلفن های همراه و ...) و هزینه تولید کمترمی‌شود که نسبت به ترانزیستورهای اثر میدان معمولی Field Effect Transistor (FET)مزیت بزرگی محسوب می‌شود، بنابراین رشد روز افزون استفاده از مواد آلی در ترانزیستورها در مقیاس نانو و ساخت مدارات مجتمع مستلزم مدل‌سازی‌های دقیقی می باشد تا رفتار و عملکرد آنها قابل ارزیابی باشد.

نظر به این‌که در این پایان‌نامه مدل‌سازی ترانزیستور با بهره‌گیری از تکنیک‌های هوش محاسباتی استفاده شده، لذا از این جهت که پیش بینی رفتار و عملکرد این ترانزیستور با دقت بیشتر، سرعت عمل بالاتر، مصرف حافظه کمتر و زمان کمتری می‌باشد حائز اهمیت بوده و از نتایج پایان‌نامه می‌توان در پیش‌بینی خروجی این ترانزیستور برای داده های ناشناخته بدون ساخت و آزمایش نمونه عملی آن وهمچنین نوشتن معادلات شرودینگر در محیط نرم افزار مطلب سود جست.

هدف این پایان‌نامه، ارائه یک مدل مستخرج از داده‌های آزمایشگاهی از ترانزیستورلایه نازک آلی، بااستفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی می باشد. پارامترهای اصلی برای مدل‌سازی رفتار این ترانزیستورها بر اساس اطلاعات و نتایج تجربی نمونه ساخته شده در انستیتو ماکس پلانک آلمان بدست آمده است که با استفاده از هوش محاسباتی و تکنیک‌های شبیه‌سازی معادلات رفتاری ورودی و خروجی این ترانزیستور درون‌یابی می‌شود که دارای دقت بالاتر، سرعت عمل بیشتر واشغال حافظه کمتری درمقایسه با روشهای کلاسیک و نرم افزارهای مرتبط می‌باشد.

این پایان‌نامه شامل چهار فصل بوده و در برگیرنده مدل‌سازی ترانزیستورهای لایه نازک آلی، با استفاده از شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه می‌باشد.

مطالب به ترتیب زیر ارائه شده اند:

فصل اول: آشنایی با نیمه‌رساناهای آلی و انواع آن.

فصل دوم: آشنایی با ترانزیستورهای لایه نازک آلی و معادلات حاکم بر آنها.

فصل سوم: آشنایی با شبکه‌های عصبی مصنوعی چند لایه وروابط حاکم بر آنها.

فصل چهارم: پیاده‌سازی روش‌ها ، تحلیل نتایج بدست آمده و ارزیابی مدل‌های پیشنهاد شده در نرم افزار HSPICE

مقدمه

رشد روز افزون استفاده از مواد آلی (ارگانیک) در ترانزیستورها در مقیاس نانو وساخت مدارات مجتمع، مستلزم بررسی‌های دقیقی می باشد تا رفتار وعملکرد این ترانزیستورها قابل درک شود، از این رو در این فصل به بررسی ترکیبات معدنی، ترکیبات آلی، ساختار این مواد و بخصوص نیمه‌رساناهای آلی می‌پردازیم و در پایان انواع روش‌های ساخت نیمه‌رساناهای آلی در ادوات الکترونیکی را مورد توجه قرار می‌دهیم.

۱-۱ ترکیبات معدنی

ترکیبات معدنی عبارتند از کلیه ترکیبات شیمیایی که شامل عنصری غیر از کربن و هیدروژن باشند. ترکیباتی نظیر الماس و گرافیت که از کربن خالص تشکیل شده‌اند نیز جز مواد معدنی محسوب می‌شوند.

۱-۱-۱ساختارهای مواد معدنی

ساختار بسیاری از مواد آلی از چهار وجهی مشتق می‌شود. فراوانی آنها به این دلیل است که در مواد آلی ساده، بیشترین ظرفیت کربن وهمچون بیشتر عناصر دیگری (به استثنای هیدروژن) که معمولا به کربن پیوند می‌شوند، چهار است. اما اجسام معدنی وضعیت ساختاری بسیار پیچیده‌ای دارند، زیرا اتمها ممکن است خیلی بیشتر از چهارپیوندتشکیل دهند. بنابراین، در مواد معدنی، اینکه اتمها پنج ، شش ، هفت ، هشت و تعدادبیشتری پیوند تشکیل دهند، امری عادی است.

پس تنوع شکل هندسی در مواد معدنی خیلی بیشتر از مواد آلی است. ساختار مواد معدنی اغلب بر اساس تعدادی از چندوجهی‌های با نظم کمتر، نظیر دو هرمی با قاعده مثلث، منشور سه ضلعی و غیره وهمچنین بر

اساس شکلهای باز چند وجهی‌های منتظم یا غیر منتظم که در آنها یک یا چندراس حذف شده است، نیز مشاهده می‌شود .

۱-۱-۲ واکنش‌های مواد معدنی

در بیشتر واکنشهای آلی می‌توانیم در مورد مکانیسمی که واکنش از طریق آن انجام می‌شود، بحث و بررسی کنیم، در صورتی که برای بسیاری از واکنشهای معدنی فهم دقیق مکانیسم غیر ممکن یا غیر ضروری است.

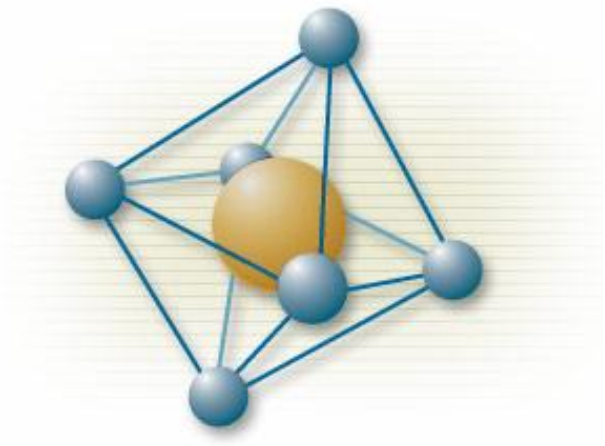
این امر دو دلیل عمده دارد:

اولاً، برخلاف بیشتر مواد آلی، پیوندها در ترکیبات معدنی غالبا تغییرناپذیرند. در نتیجه رویدادهای متعدد شکسته شدن پیوند و تشکیل پیوند در واکنشهای معدنی در جریان است. در چنین شرایطی واکنش، توانایی تولید محصولات گوناگونی رابدست می‌آورد.

افزون بر این، اغلب واکنشهای معدنی در شرایطی ویژه همچون به‌هم زدن شدید یک مخلوط ناهمگن در دما و فشار بالا انجام می‌گیرد که تعیین مکانیسم را غیر ممکن یاحداقل غیر عملی می‌سازد.

به این دو دلیل، اغلب بهتر است که واکنشهای معدنی را فقط بر اساس نتیجه کلی واکنش توصیف کنیم. این رهیافت به نام شیمی معدنی توصیفی معروف است. بنابراین به سهولت مشخص می‌شود که گرچه هر واکنش را می توانبر اساس ماهیت و هویت محصولات واکنش در رابطه با ماهیت و هویت مواد واکنش دهنده توصیف کرد، اما نمی‌توان به هر واکنش مکانیسم معینی را نسبت داد.

۱-۱-۳رابطه شیمی آلی و شیمی معدنی



شکل ۱-۱)پیوند آلی

شیمی آلی و معدنی در مواردی در مباحث یکدیگروارد می‌شوند. به‌عنوان مثال می‌توان به ترکیبات آلی فلزی، واکنشهای اسید و باز، شیمی سیلسیم و ترکیبات کربن (وقتی که با اتمهای هیدروژن ، نیتروژن ، اکسیژن، گوگرد، هالوژنها و چند عنصر دیگر نظیر سیلسیم و آرسنیک متصل است) اشاره کرد.

بنابراین شیمی معدنی نه‌تنها با مواد مولکولی مشابه موادی که در شیمی آلی بررسی می‌شوند سروکار دارد، بلکه توجه خود را به انواع وسیعتری از مواد که شامل گازهای اتمی، جامدات غیر مولکولی که به‌صورت آرایه‌های گسترش یافته‌ای هستند، ترکیبات حساس درمقابل هوا و رطوبت، ترکیبات محلول در آب و سایر حلال‌های قطبی و همچنین مواد محلول در حلال‌های غیر قطبی معطوف می‌کند. پس ترکیبات معدنی با مسئله تعیین ساختار، خواص و واکنش پذیری گستره فوق‌العاده وسیعی از مواد که دارای خواص بسیارمتفاوت و الگوهای فوق‌العاده پیچیده ساختاری و واکنش پذیری‌اند، مواجه است.

۱-۲ ترکیبات آلی

تا اوایل سده ۱۹ام میلادی،موادشیمیایی دارای منشاء حیوانی یاگیاهی راآلی می‌نامیدندوآنهارابه علت ضروری بودن نیروی حیاتی برای تولیدشان ازمواد معدنی (مواد غیرآلی) متمایز می‌دانستند. نظریه نیروی حیاتی درسال۱۸۲۸توسط ولر با سنتز اوره رد شد ولی اصطلاح آلی باقی ماند. امروزه به موادی مواد آلی می‌گویند که از دو عنصر کربن وهیدروژن تشکیل شده باشد.

۱-۳ نیمه‌رساناهای آلی

نیمه رساناهای آلی (Organic)یکی از موادی هستند که در ساخت سلول خورشیدی و دیود نوری توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند [۱]. هر چند که استفاده از این مواد در سلولهای خورشیدی بازده کمتری را نسبت به همتایان سیلیسیمی خود موجب می‌شوند اما به دلایل زیر برای استفاده‌های غیر صنعتی و کاربردهای روزانه نامزد بسیار خوبی هستند:

۱.تهیه آنها به صورت لایه‌های نازک بسیار راحت است. معمولاً از تکنیک‌های پوشش‌دهی چرخشی (Spin coating)، doctor balde techniques (wet possessing) و تبخیر برای این کار استفاده می‌شود.

۲.در مقایسه با مواد غیرآلی مقدار کمی از مواد آلی برای اهداف تولید انرژی کافی است (لایه‌هایی با ضخامت ۱۰۰ نانومتر) و در عین حال تولید آنها به صورت انبوه به صورت مواد شیمیایی ممکن است.

۳.می‌توان از نظر شیمیایی آنها را طوری ساخت که خصوصیاتی مثل نوار بدون انرژی،باند رسانش(conduction band)،باند ظرفیت(valence band)،هدایت الکتریکی،حلالیت و... مقدار دلخواه را داشته باشند.

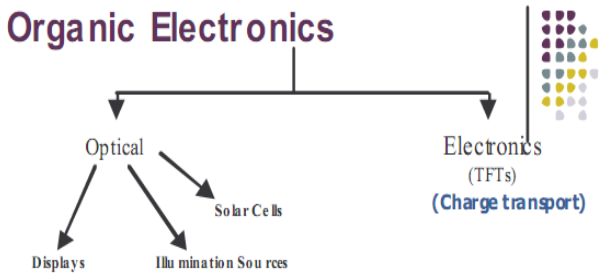
۴.تنوع در اندازه نوار بدون انرژی در این مواد باعث می‌شود که مواد آلی در طول موجهای متفاوتی جذب کنند. اگر این طول موج در محدوده فروسرخ باشد می توان سلول‌های خورشیدی و یا دیودهایی از مواد شفاف ساخت و برای مثال در پنجره‌ها به کار برد.

۵. انعطاف پذیری مواد آلی مانند پلیمرها امکان ساخت سلولهای خورشیدی توسط این مواد را فراهم می‌آورد که به صورت سطوح منحنی وجود دارند. برای مثلا در شیشه اتومبیل‌ها می‌توان از آنها استفاده کرد.

۶. امکان تولید لایه‌های نازک با سطوح بزرگ

۷. برتری‌های اقتصادی (قیمت ارزان تر) و زیست محیطی نسبت به مواد غیر آلی.

این خصوصیات و بسیاری خصوصیات جالب دیگر نیمه رساناهای آلی را برای کاربردهای تجاری مورد توجه قرار داده است.



شکل ۱-۲)کاربرد مواد آلی در علم الکترونیک

۱-۳-۱انواع نیمه‌رساناهای آلی

نیمه هادی‌های آلی ترکیباتی هستند که معمولا ساختار پلیمریدارند و دارای سیستم عدم استقرارپیوند پای یا کانجوگه می باشند . این ترکیبات دارای هدایت الکتریکی بین نارسانا ها و فلزات هستند . نیمه هادی های آلی کوتاه زنجیر (الیگومر)و بلند زنجیر (پلیمر) شناخته شده‌اند[۲].

چند مثال نوعی از کوتاه زنجیر ها عبارتند از : پنتاسن ، آنتراسن و رابرن .

بعضی انواع بلند زنجیر یا پلیمری آنها عبارتند از : (پلی ۳-هگزیل تیوفن) ، (پلی پارا-فنیلن وینیلن) و . . .