بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گرایش : الکترونیک

عنوان :

طراحی یک کمپرسور۲-٤ جدید بر اساس حلقه های بنزنی

استاد راهنما :

دکتر کیوان ناوی

استاد مشاور :

دکتر رضا صباغی ندوشن

پژوهشگر :

شروین نصیری فر

تابستان ۱۳۹۱

ISLAMIC AZAD UNIVERSITY

Central Tehran Branch

Faculty of Technology and Engineering

"M.Sc" thesis

On electronic

Subject:

Design of a new Compressor 4-2 on Benzene rings

Advisor:

Dr. Keivan Navi

Consulting Advisor:

Dr. Reza Sabbaghi-Nadooshan

By:

Sherwin Nasirifar

Summer 2012

تشکر و قدردانی :

سپاس بیکران پروردگار یکتا را که اول است بی‌آنکه پیش از او اولی باشد، و آخر است بی آنکه پس از او آخری باشد. خدایی که پای اندیشه‌ی تیزگام در راه شناسایی او لنگ است و سرِ فکرتِ ژرف رو به دریای معرفتش بر سنگ. خدایی که به طریق علم رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان دانش مفتخرمان نمود.

نمی توانم بالاتر از تقدیر و تشکر بر زبانم جاری سازم و سپاس خود را در وصف استادان خویش آشکار نمایم، که هر چه گویم، کم گفته‌ام.

با سپاس ویژه از استاد بزرگوار جناب آقای **دکتر کیوان ناوی** که افتخار شاگردی ایشان را داشتم

و استاد مشاور جناب آقای **دکتر رضا صباغی** که در تمامی مراحل در کنارم بوده‌اند.

با تشکر از دوستانی که در این راه مرا همراهی کردند، آقایان مهندس سید جابر حسینی، دکتر مهدی قاسمی و دکتر محمدحسین معیری، همچنین سپاس ویژه از دوست عزیز و گرانقدر دکتر نظام رهبانی که در تمامی مراحل کمک‌های خود را از من دریغ ننموده و مرا تنها نگذاشتند

و تمامی کسانی که در این مدت مرا یاری رساندند.

تقدیم با بوسه بر دستان **پدر** و **مادر** مهربانم

والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم

آن دو فرشته‌ای که از خواسته‌هایشان گذشتند، سختی‌ها را به جان خریدند و خود را سپر بلای مشکلات و ناملایمات کردند تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده‌ام برسم. پروردگارا توفیقم ده که هر لحظه شکرگزارشان باشم و ثانیه‌های عمرم را در عصای دست بودنشان، بگذرانم

تقدیم به برادرم

که همواره در طول تحصیل متحمل زحماتم بوده و وجودش مایه دلگرمی من می‌باشد

تقدیم به **همسرم،**

به پاس عاطفه‌ای سرشار و محبت‌های بی‌دریغش

که در سایه همدلی او به این منظور نائل شدم

و تقدیم به همه‌ی آنهایی که آفتاب را به زندگی دیگران ارزانی می‌دارند.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها.....ح
فهرست شکل‌ها.....ط
چکیده.....۱
فصل اول
الکترونیک مولکولی.....۲
۱- ۱ مقدمه ای برالکترونیک مولکولی.....۳
۱- ۲ مزایای استفاده از الکترونیک مولکولی.....۵
۱- ۳ ساختار پایان نامه.....۷
فصل دوم
امکانات موجود در حوزه نانو الکترونیک.....۸
۲- ۱ رفتار اتم‌ها و مولکول‌ها در ابعاد نانو.....۹
۲- ۲ نانو لوله‌های کربنی.....۱۱
۲- ۲- ۱ نانو لوله‌های تک دیواره‌ای.....۱۴
۲- ۲- ۲ نانو لوله‌های چند دیواره‌ای.....۱۵
۲- ۲- ۳ ترانزیستورهای اثر میدانی با نانو لوله‌های کربنی.....۱۶
۲- ۳ حلقه‌های بنزنی.....۱۷
۲- ۳- ۱ سیم‌ها و رساناها.....۱۹
۲- ۳- ۲ عایق‌ها.....۲۴
۲- ۳- ۳ سوئیچ‌های دیودی.....۲۶
۲- ۳- ۴ ترانزیستور با استفاده از مولکول بنزن.....۳۶
۲- ۴ پلیمرها.....۳۸
۲- ۵ DNA.....۴۰
فصل سوم
طراحی مدارها و گیت‌های منطقی در الکترونیک مولکولی.....۴۲
۳- ۱ مقدمه.....۴۳
۳- ۲ گیت‌های OR و AND مولکولی با استفاده از منطق دیود- دیود.....۴۳
۳- ۳ گیت مولکولی XOR.....۴۶

۳- ۴ نیم جمع‌کننده الکترونیکی مولکولی..... ۴۷
۳- ۵ تمام جمع‌کننده الکترونیکی مولکولی..... ۵۱
فصل چهارم
طراحی یک تمام جمع کننده مولکولی جدید مبتنی بر RTD..... ۵۴
۴- ۱ مقدمه..... ۵۵
۴- ۲ معرفی گیت NOT استفاده شده..... ۵۶
۴- ۳ طراحی تمام جمع‌کننده پیشنهادی..... ۵۷
۴- ۴ ارزیابی طرح ارائه شده..... ۶۱
۴- ۵ ارائه‌ی مولکولی از تمام جمع کننده‌ی پیشنهادی..... ۶۳
فصل پنجم
طراحی یک کمپرسور ۲- ۴ مبتنی بر حلقه‌های بنزنی..... ۶۶
۵- ۱ مقدمه..... ۶۷
۵- ۲ طراحی کمپرسور ۲- ۴ پیشنهادی..... ۶۸
فصل ششم
نتیجه‌گیری و کارهای آینده..... ۷۱
منابع ۷۳

فهرست جدول‌ها

عنوان صفحه

جدول ۲-۱ ویژگیهای الکتریکی در آزمایشات انجام شده..... ۲۰
جدول ۳-۱ جدول صحت نیم جمع‌کننده..... ۴۹
جدول ۳-۲ جدول صحت تمام جمع‌کننده..... ۵۲
جدول ۴-۱ جدول صحت گیت معکوس کننده..... ۵۶
جدول ۴-۲ جدول صحت یک تمام جمع‌کننده..... ۵۹
جدول ۴-۳ محاسبه‌ی مقادیر مختلف برای تمام جمع‌کننده در فرکانس‌های مختلف..... ۶۲
جدول ۵-۱ جدول صحت کمپرسور ۲- ۴..... ۶۹

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۱-۱ الکترونیک مولکولی..... ۳
شکل ۱-۲ نانو الکترونیک..... ۵
شکل ۲-۱ نانو لوله‌ی کربنی..... ۱۰
شکل ۲-۲ شکل‌گیری نانو لوله‌ها از صفحات گرافیت..... ۱۲
شکل ۲-۳ نانو لوله‌های کربنی تک دیواره‌ای و چند دیواره‌ای..... ۱۳
شکل ۲-۴ انواع نانو لوله تک دیواره..... ۱۴
شکل ۲-۵ پایانه‌های سورس و درین در ترانزیستورهای ساخته شده با نانو لوله کربنی..... ۱۷
شکل ۲-۶ حلقه‌ی بنزنی..... ۱۸
شکل ۲-۷ بنزن و فنیل..... ۱۸
شکل ۲-۸ گروه فنیلن..... ۱۹
شکل ۲-۹ مولکول پلی فنیلن..... ۱۹
شکل ۲-۱۰ اوربیتال π..... ۲۲
شکل ۲-۱۱ پایین‌ترین اوربیتال π آزاد..... ۲۳
شکل ۲-۱۲ مولکول آلی چربی‌دار..... ۲۵
شکل ۲-۱۳ دیود یکسوکننده..... ۲۶
شکل ۲-۱۴ جریان بر حسب ولتاژ برای یک دیود ایده‌آل..... ۲۷
شکل ۲-۱۵ منحنی مشخصه‌ی دیود زنر..... ۲۷
شکل ۲-۱۶ دیود یکسوکننده طراحی شده توسط Metzger..... ۲۸
شکل ۲-۱۷ آزمایش انجام شده برای دیود یکسوکننده توسط Metzger..... ۲۹
شکل ۲-۱۸ اندازه‌گیری جریان بر حسب ولتاژ برای آزمایش Metzger..... ۲۹
شکل ۲-۱۹ مولکول‌ها و آزمایش یکسوکننده مولکولی توسط Reed..... ۳۰
شکل ۲-۲۰ مشخصه‌ی رفتاری جریان- ولتاژ برای یکسوکننده Reed..... ۳۰
شکل ۲-۲۱ دیود تونل زنی تشدید شده RTD..... ۳۱
شکل ۲-۲۲ شماتیک مربوط به عملکرد دیود RTD..... ۳۴
شکل ۲-۲۳ وابستگی جریان به ولتاژ در یک RTD..... ۳۵
شکل ۲-۲۴ ترانزیستور با استفاده از بنزن..... ۳۷
شکل ۲-۲۵ منحنی تغییرات جریان بر حسب ولتاژ..... ۳۸

شکل ۳-۱ نوع دیود- دیود گیت AND در الکترونیک مولکولی مبتنی بر پلی فنیلن.....۴۴
شکل ۳-۲ نوع دیود- دیود گیت OR در الکترونیک مولکولی مبتنی بر پلی فنیلن.....۴۵
شکل ۳-۳ گیت XOR متشکل از دیودهای یکسوکننده و RTD.....۴۶
شکل ۳-۴ ساختار مولکولی یک نیم جمع‌کننده به همراه مدار منطقی آن.....۴۹
شکل ۳-۵ یک تمام جمع‌کننده با استفاده از دو نیم جمع‌کننده.....۵۱
شکل ۳-۶ ساختار مولکولی تمام جمع‌کننده بر مبنای دیودهای الکترونیک مولکولی.....۵۲
شکل ۴-۱ گیت معکوس کننده با استفاده از RTD و ترانزیستور.....۵۶
شکل ۴-۲ طرح ارائه شده برای معکوس کننده به کمک حلقه‌های بنزنی.....۵۷
شکل ۴-۳ شماتیک سلول تمام جمع‌کننده.....۵۸
شکل ۴-۴ پالس‌های استفاده شده به عنوان ورودی‌های تمام جمع‌کننده.....۵۹
شکل ۴-۵ $\overline{Carry}$ و Carry.....۶۰
شکل ۴-۶ خروجی‌های $\overline{Sum}$ و Sum.....۶۱
شکل ۴-۷ شماتیک مولکولی سلول تمام جمع‌کننده.....۶۳
شکل ۴-۸ نمایش مولکولی برای تولید $\overline{Carry}$ ۶۴
شکل ۴-۹ نمایش مولکولی تولید کننده $\overline{Sum}$.....۶۵
شکل ۵-۱ بلوک دیاگرام یک کمپرسور ۲- ۴.....۶۸
شکل ۵-۲ نمایش مولکولی یک کمپرسور ۲- ۴.....۷۰

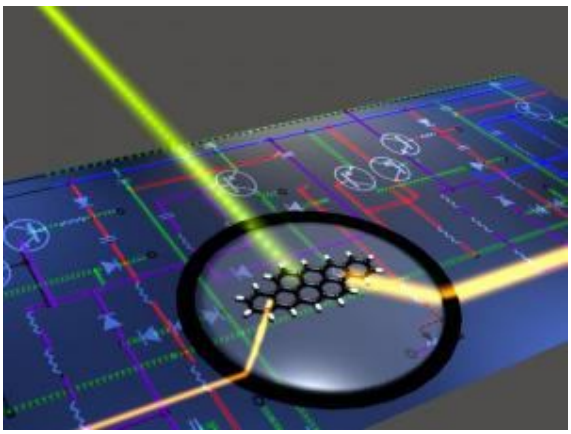
چکیده

مدار مجتمع‌هایی که از سیلیکون ساخته می‌شوند به صورت مستمر کوچکتر خواهند شد. اما با توجه به کاهش اندازه ICها، که باعث بروز محدودیت‌های فیزیکی و همچنین توان مصرفی بالا شده است، علومی جدید نظیر QCA، CNFET، الکترونیک مولکولی و... به عنوان راه حل مطرح شدند. الکترونیک مولکولی رویکردی است جدید بر مبنای علم نانو که استفاده از یک یا چند مولکول را بجای مدارهای مجتمع سیلیکونی مطرح می‌کند، در نتیجه می‌تواند راهی جالب برای رهایی از بن‌بست‌هایی باشد که در مسیر استفاده از تراشه‌های مذکور با آنها روبرو خواهیم شد. امروزه پیشرفت‌های چشم گیری در تولید و ارائه‌ی سیم‌ها، سوئیچ‌ها و دیودهای مولکولی رخ داده است، به کمک این پیشرفت‌ها می‌توان مدارهای منطقی مختلف را طراحی و شبیه سازی کرد.

در این پایان نامه ابتدا الکترونیک مولکولی را به عنوان شاخه‌ای از فناوری نانو معرفی کرده و مزایای متعدد آن را بیان می‌کنیم. سپس نحوه ارتباط بین مولکول‌ها و سیم‌های مولکولی ساخته شده بر مبنای این علم را ارائه خواهیم کرد. در ادامه به معرفی دیود RTD و بررسی رفتار ولتاژ و جریان آن خواهیم پرداخت. سپس با استفاده از خواص دیودهای مذکور و الکترونیک مولکولی به طراحی و شبیه سازی مدارهای منطقی دیجیتالی می‌پردازیم. ابتدا معکوس کننده‌ای را شبیه سازی کرده و به کمک آن یک تمام جمع‌کننده را در مقیاس نانو ارائه می‌دهیم. سپس با استفاده از آن به طراحی و شبیه‌سازی کمپرسور ۲-۴، به عنوان یکی از کاربردی‌ترین مدارهای منطقی دیجیتالی می‌پردازیم. همچنین مدارهای منطقی مذکور را به کمک علم الکترونیک مولکولی، با استفاده از حلقه‌های بنزنی، طراحی و ارائه می‌کنیم. نتایج شبیه سازی‌ها با استفاده از نرم افزار HSpice، حاکی از آن است که سرعت مدار به کمک این معماری کاهش قابل توجهی دارد، همچنین توانسته‌ایم این مدار را از نظر تعداد RTDهای بکار رفته و بازده آن، بهینه کنیم.

فصل اول

الکترونیک مولکولی



شکل ۱- ۱ الکترونیک مولکولی

۱ - ۱ مقدمه ای بر الکترونیک مولکولی

فن‌آوری نانو نقطه همگرایی علوم مختلف در آینده است. در این میان یکی از پرکاربردترین شاخه‌ها، نانو الکترونیک می‌باشد. نانو الکترونیک شاخه‌ای از فناوری نانو است که از تاثیر نانو بر دانش و صنعت الکترونیک ایجاد شده‌است. تاریخچه این دانش به حدود ۵۰ سال قبل زمانی که تلاش برای کوچک‌تر کردن هر چه بیشتر ترانزیستورها آغاز شد، برمی‌گردد. نانو الکترونیک از نظر ساخت وسایل الکتریکی کوچک‌تر، سریع‌تر و کم‌مصرف‌تر نقش بسیار مهمی در بین علوم مربوطه دارد. افزایش میزان ذخیره اطلاعات، محاسبه‌گرهای رایانه‌ای کوچک‌تر، طراحی مدارهای منطقی، نانوسیم‌ها و... از زمینه‌های کاربرد نانو الکترونیک هستند.

در سال ۱۹۵۶ گوردون مور بنیان‌گذار اینتل، تحلیلی ارایه کرد که بر طبق آن هر ۱۸ ماه تعداد ترانزیستورهای بکار رفته در ریزپردازنده‌های اینتل دو برابر می‌شود، که نصف شدن ابعاد ترانزیستورها با شرط ثابت بودن اندازه تراشه سیلیکونی در آن می‌تواند نتیجه این قانون باشد. این قاعده به قانون مور موسوم شد. این نصف شدن در واقع پیام‌آور ابعاد اقتصادی بود، یعنی هر چه گیت کوچکتر می‌شد ترانزیستور می‌توانست سریعتر سوئیچ کند و درنتیجه انرژی کمتری مصرف می‌شد و تعداد بیشتری ترانزیستور در یک تراشه سیلیکونی جای می‌گرفت. افزایش تعداد ترانزیستورها و بازدهی آنها، هزینه‌ها را کاهش می‌دهد بنابراین مقرون به صرفه این بود که هر ترانزیستور تا حد امکان کوچک‌تر شود، این کوچک‌سازی بالاخره در نقطه‌ای

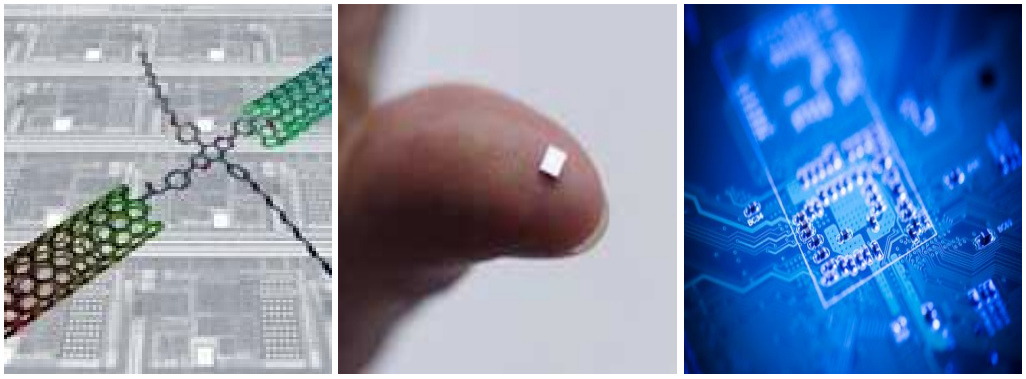
متوقف می‌شد بنابراین برای ادامه رشد صنعت الکترونیک باید به فکر فناوریهای جایگزین بود، فناوری که مشکلات گذشته را حل کرده و توجیه اقتصادی داشته باشد.

و این بار تکنولوژی نانو بود که توانست به کمک الکترونیک بیاید و فناوری الکترونیک مولکولی یا همان نانوالکترونیک بنا نهاده شد. الکترونیک مولکولی رشته‌ای است وابسته به ابزار، ابزارهایی که با گذشت زمان در حال بهتر شدن می‌باشند. نانو تکنولوژی و شاخه‌های کاربردی آن مانند نانوالکترونیک درواقع تولید کارآمد دستگاهها و سیستم‌ها با کنترل ماده در مقیاس طولی نانو است و بهره‌برداری از خواص و پدیده‌های نوظهوری است که در این مقیاس توسعه یافته است.

صنعت الکترونیک امروزی مبتنی بر سیلیکون است؛ سن این صنعت به حدود ۵۰ سال می‌رسد و اکنون به مرحله‌ای رسیده که از لحاظ تکنولوژیکی، صنعتی و تجاری به بلوغ رسیده است. در مقابل این فناوری، الکترونیک مولکولی قرار دارد که در مراحل کاملاً ابتدایی است و قرار است این فناوری به عنوان نسل بعدی صنعت الکترونیک مطرح شود. الکترونیک مولکولی دانشی است که مبتنی بر فناوری نانو بوده و کاربردهای وسیعی در صنعت الکترونیک دارد. با توجه به کاربردهای وسیع الکترونیک در محصولات تجاری بازار، می‌توان با سرمایه‌گذاری و تامل بیشتر در نانو الکترونیک در آینده‌ای نه چندان دور شاهد سوددهی کلان محصولاتی بود، که جایگزین فناوری الکترونیک سیلیکونی شده‌اند. میل، اشتیاق و علاقه مصرف‌کنندگان و نیاز بازار به محصولاتی جدید با قابلیتهای بالا، سازندگان و صنعتگران را بر آن می‌دارد که با سرمایه‌گذاری در این فناوری شاهد رشد و شکوفایی اقتصادی هر چه بیشتر باشند.

برای پیشبرد این علم مواردی را باید به عنوان راهکار در نظر گرفت تا بتوان از این فناوری به عنوان جایگزینی مناسب در علم الکترونیک استفاده کرد؛ از جمله اینکه ابتدا بایستی کاربرد وسایلی را که با این تکنولوژی تولید می‌شوند برای مصرف‌کننده توجیه کرد تا برای استفاده از آنها اطمینان حاصل شود. سپس باید محصولات اولیه الکترونیک مولکولی را به گونه‌ای تولید کرد که مکملی برای تکنولوژی مبتنی بر سیلیکون باشند، نه اینکه دگرگونی و تغییر از همان ابتدا شروع شده و تولیدات این علم هیچ‌گونه ارتباطی به فناوری سیلیکونی نداشته باشند. تنها در این صورت است که می‌توان شاهد پیشرفت قابل ملاحظه در این علم باشیم.

همچنین می‌توان پس از اینکه نانو الکترونیک وارد بازار الکترونیک شد و به اصطلاح جای خود را بین مشتریان باز کرد، شاهد نسل جدیدی از محصولات الکترونیکی باشیم که هزار مرتبه سریعتر از انواع امروزی خود هستند. با تمام این اوصاف حداقل یک دهه زمان نیاز است تا نسل جدید تولیدات الکترونیکی مبتنی بر الکترونیک مولکولی یا الکترونیک در ابعاد نانومتر (نانو الکترونیک) ظهور یابد.



شکل ۱- ۲ نانو الکترونیک

۱- ۲ مزایای استفاده از الکترونیک مولکولی

تلاش برای رسیدن به سرعت بیشتر در پردازشگر مرکزی رایانه‌ها و نیز ساخت حافظه‌های بزرگ‌تر از یک سو و کشف رفتار شگفت‌انگیز مولکول‌ها از سوی دیگر، دانشمندان و غول‌های عظیم صنعت الکترونیک را ترغیب به پژوهش و توسعه در این حوزه از الکترونیک می‌کند. محققان در این علم به دنبال این هستند تا دستگاه‌های الکترونیکی بسازند که محاسبات منطقی و حافظه‌ای[۱] را با استفاده از مولکول‌های تکی یا دسته‌ی کوچکی از مولکول‌ها انجام دهند، طبیعتا این دستگاه‌ها می‌توانند هزینه‌ها را تا چندین برابر کاهش دهند[۱].

هدف اصلی در الکترونیک مولکولی کوچک کردن تولیدات و وسایل الکترونیکی، با انتخاب مولکول به عنوان جزء اصلی سازنده‌ی آنها، تا حد نهایی آن می‌باشد. از مزیت‌های استفاده از مولکول می‌توان به این موارد اشاره کرد[۲]:

- ✓ قابلیت تولید بالای ترکیبات مولکولی در مقیاس نانومتری

[۱] Logic and Memory

- ✓ توانایی مولکول‌ها در شکل‌دهی ساختارهای بزرگ به کمک خود مونتاژی[۱]
- ✓ و انعطاف‌پذیری[۲] و کارایی بالای ساختارهای مولکولی

با استفاده از این فناوری می‌توان ظرفیت ذخیره‌سازی اطلاعات را در حد ۱۰۰۰ برابر یا بیشتر افزایش داد که این نهایتاً به ساخت ابزارهای ابرمحاسباتی به کوچکی یک ساعت مچی منتهی می‌شود. ظرفیت نهایی ذخیره اطلاعات به حدود یک ترابیت در هر اینچ مربع رسیده، و این امر موجب ذخیره سازی ۵۰ عدد DVD یا بیشتر در یک هارد دیسک[۳] با ابعاد یک کارت اعتباری می‌شود.

امروزه افزایش ظرفیت ذخیره داده[۴]، افزایش سرعت انتقال آن و کوچک کردن هر چه بیشتر وسایل الکترونیکی، به خصوص ترانزیستورها اهمیت بسیار زیادی دارد، زیرا کوچک‌تر شدن اندازه‌ی وسایل الکترونیکی علاوه بر افزایش سرعت پردازش، هزینه‌ها را پایین آورده، توان مصرفی را نیز کاهش می‌دهد؛ نانو الکترونیک می‌تواند در رسیدن به ابعاد هر چه کوچک‌تر راهگشا باشد. با استفاده از الکترونیک مولکولی می توانیم به افزایش بازده مدارهای الکترونیکی نیز امیدوار باشیم.

همچنین با استفاده از الکترونیک مولکولی می‌توان به کمک واسطهای بین مولکولی به طراحی ساختارهای پیچیده‌تر و معماری‌های پیشرفته‌تر رسید.

نباید فراموش کنیم که استفاده از الکترونیک مولکولی نیز مانند دیگر روش‌ها می‌تواند معایبی داشته باشد، از جمله اینکه مولکول‌ها در دماهای بالا ناپایدار شده و باعث ایجاد تغییراتی در مدارهای مبتنی بر این فناوری می‌شوند.

با توجه به این مزیت‌ها، رشد و توسعه‌ی شاخه‌های نانو تکنولوژی مانند نانو الکترونیک سبب تولید و ساخت تجهیزاتی خواهد شد که در مقایسه با گذشته اختلاف فاحش داشته و نسلی کاملاً جدید با قابلیت‌های منحصر به فرد خواهند بود.

---

۱ Self-assembly
۲ Versatility
۳ Hard Disk
۴ Data

۱ـ ۳ ساختار پایان‌نامه

در ادامه به بررسی امکانات موجود در حوزه‌ی نانو الکترونیک می‌پردازیم و اجزای مولکولی قابل استفاده در این علم را مورد بررسی قرار می دهیم. سپس به تحلیل و چگونگی عملکرد حلقه‌های بنزنی که پایه‌ی این پایان‌نامه می‌باشد، پرداخته و بعد از آن مدارهای دیجیتالی مبتنی بر الکترونیک مولکولی که تا کنون مطرح شده‌اند را معرفی می‌کنیم.

در فصل چهارم این پایان‌نامه یک تمام‌جمع‌کننده ارائه کرده و به بررسی دقیق عملکرد و شبیه‌سازی آن می‌پردازیم. در ادامه این تمام جمع‌کننده را بر اساس حلقه‌های بنزنی طراحی، و در فصل پنجم با استفاده از این تمام جمع کننده یک کمپرسور ۲-۴ جدید معرفی می‌کنیم که بر اساس حلقه‌های بنزنی طراحی شده است.

در پایان ایده‌ها و فعالیت‌هایی را که قرار است در آینده بر روی آنها کار کنیم، ارائه می‌دهیم.

فصل دوم

امکانات موجود در حوزه نانو الکترونیک

۲ـ ۱ رفتار اتم‌ها و مولکول‌ها در ابعاد نانو

محدودیت‌های ورود به ابعاد کوچک، مخصوصا ابعاد نانومتر، به اتفاقات پیش‌بینی شده و پیش‌بینی نشده‌ای باز می‌گردد که ناشی از رفتار اتم‌ها و مولکول‌ها در ابعاد کوچک است. مطالعه راجع به چگونگی ساختار اتم پیشینه‌ی طولانی دارد. اما می‌توان گفت تامسون[۱] اولین فردی بود که یک نظریه‌ی علمی راجع به ساختار اتم مطرح کرد. پس از او افراد دیگری با رفع اشکالات و تکمیل نواقص نظریه‌ی او، دانش ما را راجع به ساختار اتم گسترده‌تر کردند. بور[۲] و رادرفورد[۳] دو نفر از این افراد هستند که با انجام آزمایش‌هایی نظریات قبلی را تکمیل کردند. اما هر کدام از این نظریات نیز با چالش‌هایی روبرو بودند و در توجیه برخی پدیده‌ها با محدودیت‌هایی روبرو می‌شدند. با ورود نظریات گوناگون به حوزه‌ی ساختار اتم، نظریات قبلی بسیار متحول و دگرگون شد به گونه‌ای که اکنون نظریه‌ی کوانتومی[۴] راجع به ساختار اتم از مقبولیت بیش‌تری برخوردار است. طبق نظریه‌ی کوانتومی، شعاع اتم محدوده‌ای اطراف آن است که احتمال حضور الکترون در آن بسیار زیاد (تقریبا ۱۰۰ درصد) است.

با کوچک شدن ابعاد ترانزیستور و ورود به محدوده‌ی نانومتر، رفتار تک تک اتم‌ها به تدریج قابل توجه و مهم می‌شود. با کاهش ابعاد افقی و عمودی ترانزیستور، چگالی بار الکتریکی در نواحی گوناگون آن افزایش می‌یابد به بیان دیگر تعداد بارالکتریکی در یکای سطح ترانزیستور زیاد می‌شود. این اتفاق دو پیامد منفی دارد: اولا با افزایش چگالی بار الکتریکی امکان تخلیه‌ی بار الکتریکی از نواحی عایق ترانزیستور افزایش می‌یابد و این اتفاق موجب آسیب رسیدن به ترانزیستور و خرابی آن می‌شود. ثانیاً با افزایش چگالی بار الکتریکی، ممکن است الکترون‌ها تحت تاثیر نیروهای رانشی یا ربایشی که هم اکنون مقدار آن افزایش یافته، از محدوده‌ی شعاع یک اتم خارج شوند و به محدوده‌ی شعاع اتم مجاور وارد شوند. این اتفاق را در فیزیک کوانتوم، تونل زدن (تونل‌زنی کوانتومی[۵]) می‌گویند. در ترانزستور این پدیده، پدیده‌ی مفیدی نیست، چرا که تونل زدن الکترون از یک اتم به اتم مجاور، ممکن است ادامه یابد و یک جریان الکتریکی را موجب شود. این جریان الکتریکی اگر چه ممکن است بسیار کوچک باشد

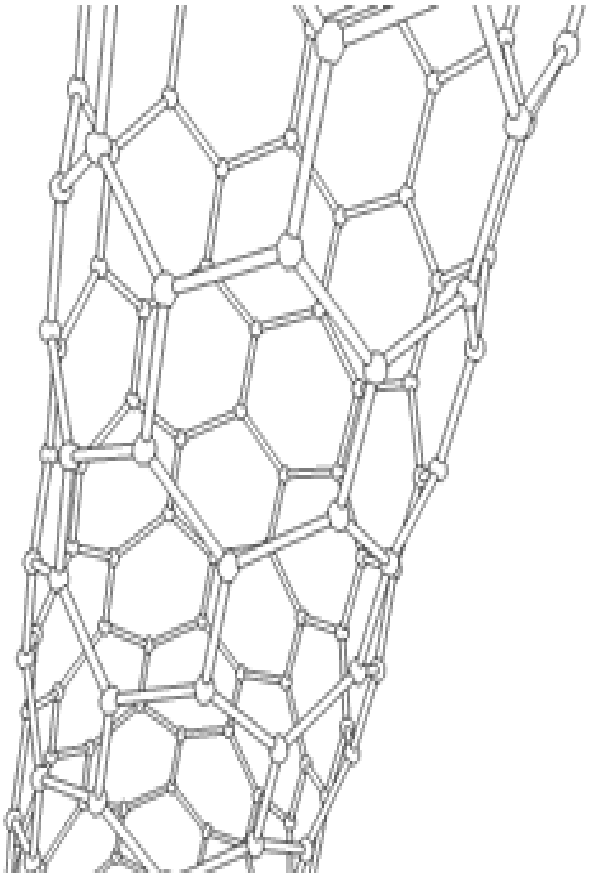
---

۱ Thomson
۲ Bohr
۳ Rutherford
۴ Quantum Theory
۵ Quantum Tunneling

اما چون ناخواسته و پیش‌بینی نشده می‌باشد، همچون یک مسیر نشتی برای جریان الکتریکی رفتار می‌کند و موجب تغییر رفتار الکتریکی ترانزیستور می‌شود.

افزایش این مسائل پژوهشگران را به فکر جایگزینی مواد جدیدی به منظور استفاده در مدارهای الکترونیکی انداخت. در واقع آنان به این موضوع می‌اندیشیدند که آیا به جای استفاده از ترانزیستورها و ابزارهای سیلیکونی (از جنس سیلیسیوم[۱]) که با چنین محدودیت‌هایی روبرو است، می‌توان از مواد دیگری استفاده کرد. در نتیجه با کشف علم نانو الکترونیک و محصولاتی که در این حوزه کشف شدند، راهی جایگزین و مناسب برای رهایی از این محدودیت‌ها پیدا شد.

در ادامه به بررسی وسایل و امکاناتی که در حوزه‌ی نانو الکترونیک مطرح هستند و تا کنون مورد نظر بوده‌اند خواهیم پرداخت.



شکل ۲- ۱ نانو لوله‌ی کربنی

[۱] Silicon