دانشگاه سیستان و بلوچستان
تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در مهندسی مکانیک گرایش مکاترونیک

عنوان

شبیه سازی و آنالیز میکروگیره برای کار در اندازه‌های مینیاتوری به روش دما برق

استاد راهنما
دکتر سعید فراهت

استاد مشاور
دکتر طاهره فنایی شیخ الاسلامی

تحقیق و نگارش
قاسم نیازمند

خرداد ۱۳۹۲

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنـوان **شبیه سازی و آنالیز میکروگیره برای کار در اندازه‌هـای مینیـاتوری بـه روش دما برق** قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکاترونیک توسط دانشجو قاسم نیازمنـد بـا راهنمایی استاد پایان نامه دکتر سعید فراهت تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

قاسم نیازمند

این پایان نامه ۶ واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ۱۳۹۲/۰۳/۲۰ توسط هیئت داوران بررسـی و درجه ..... به آن تعلق گرفت.

	نام و نام خانوادگی	**امضاء**	**تاریخ**
استاد راهنما	دکتر سعید فراهت		
استاد مشاور	دکتر طاهره فنایی شیخ الاسلامی		
داور ۱	دکتر جعفر صادقی		
داور ۲	دکتر مهری مهرجو		
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر علی اکبر دایا		

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب قاسم نیازمند تعهد می کنم که مطالب مندرج در ایـن پایـان نامـه حاصـل کـار پژوهشـی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطـابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سـطح یـا بـالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: قاسم نیازمند

امضاء

تقدیم به پدر و مادرم

و همسرم

که همگی، نشان از زیبایی خداوند هستند

سپاسگزاری

اینک که این تحقیق به پایان رسیده است، بر خود واجب می دانم که از زحمات استاتید گرامی، جناب آقای دکتر سعید فراهت و سرکار خانم دکتر سیده طاهره فنایی شیخ الاسلامی که من را در انجام این پایان‌نامه یاری رساندند کمال تشکر را داشته باشم، ان‌شاالله در تمام مراحل زندگی موفق و پیروز باشند.

از آقای دکتر صادقی و خانم دکتر مهرجویی که زحمت داوری این پایان‌نامه را به عهده داشتند کمال تشکر را دارم.

همچنین از تمامی دوستانم که به نوعی در انجام پایان نامه کمک کرده اند سپاسگزارم.

در اینجا از پدر و مادرم به خاطر تمام زحماتی که در تمام طول سالهای تحصیل، چه از لحاظ عاطفی و چه موارد دیگر با وجود تمامی سختی ها مرا یاری کرده اند کمال تشکر را دارم و آرزوی بهترینها را برایشان دارم.

و در آخر از همسر مهربانم به خاطر همیاری و کمک در تدوین و نگارش این پایان نامه تشکر ویژه دارم.

چکیده:

میکروگریپرها در جابجایی و حمل و در میکروروبات ها بسیار مورد استفاده قرار می گیرند. این قطعات طوری طراحی می شوند تا بتوانند بصورت دقیق کار را انجام داده و با نیروی زیاد، دهانه خروجی را به اندازه مناسب باز یا بسته نمایند. این قطعه شامل یک بازوی حساس همراه با یک عملگر میکروالکتروترمال و حسگر می باشد. در پروژه حاضر عملکرد میکروگریپر الکتروترمومکانیکی بررسی و مدل سازی و طراحی گردید. نتایج نشان داد که این قطعه قادر است با نیروی زیادی قطعات کوچک را با فشار مناسب حمل نماید. دهانه این قطعه طراحی شده می تواند جابجایی در حدود ۳۲ میکرومتر با مصرف توان خیلی کم در حدود ۱۱۵ میکرو وات داشته و قطعات بین ۸ تا ۴۰ میکرومتر را جابجا نماید. با توجه به اینکه دمای دهانه عملگر در این سیستم اهمیت بسیاری دارد، گریپر طراحی شده بایستی خنک کاری شده تا به دمای مناسب و دلخواه برسد. در این پروژه نانوتیوب های کربنی به عنوان فن های خنک کننده میکرو به بازوها اتصال داده می شوند تا بطور مناسبی دمای نوک بازو را کاهش دهند. نتایج مدل سازی نشان داد که درجه حرارت نوک گریپر در صورت استفاده از نانو تیوب کربنیدما از ^{o}C ۱۹۴تا ^{o}C ۵۲/۵۶ کاهش می یابد. این نتیجه در مقایسه با روش های خنک کاری دیگر کیفیت بهتری را نشان می دهد. میکروگریپر طراحی شده به راحتی قادر است برای جابجایی قطعات درون بدن انسان و انجام قسمتی از جراحی های حساس (غیر تهاجمی) بدون تاثیرات سوء دمایی مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی. میکروگریپر، الکتروترمال، نانو تیوب کربنی، خنک کننده میکرو

فهرست مطالب

عنوان		صفحه
فصل اول	**مقدمه**	**۱**
۱-۱-	پیش گفتار	۲
۱-۲-	میکروگریپرو دارای حسگر	۲
۱-۳-	نانوتیوب های کربنی (CNT)	۳
۱-۴-	اهداف و انگیزه‌های پروژه	۴
۱-۵-	ساختار پایان نامه	۵
فصل دوم	**پیشینه تاریخی میکروگریپر ها و نانوتیوبهای کربنی**	**۷**
۲-۱-	انواع جابجایی و حمل در ابعاد میکرو	۸
۲-۲-	میکروگریپرها جهت جابجایی و حمل در ابعاد میکرو	۱۰
۲-۳-	حسگر نیرو	۱۷
	۲-۳-۱-میکروگریپر با حسگر نیرو	۲۰
۲-۴-	طراحی بازو دارای حسگر نیروی دو بعدی	۲۳
	۲-۴-۱-موقعیت یا پیکربندی جانبی	۲۷
	۲-۴-۲- موقعیت یا پیکره بندی عمودی	۳۰
	۲-۴-۳-حساسیت	۳۱
	۲-۴-۴- پارازیت الکتریکی	۳۲
۲-۵-	نانو تیوب کربن	۳۳
	۲-۵-۱-خواص و کاربردهای نانوتیوب های کربنی	۳۳
	۲-۵-۲-ویژگیهای نانو تیوب ها	۳۶
	۲-۵-۳-انواع نانو تیوب های کربنی	۳۹
۲-۶-	نتیجه گیری	۴۱
فصل سوم	**عملکرد و تئوری میکروگریپر دارای حسگر**	**۴۲**
۳-۱-	مقدمه ایی بر مفاهیم اساسی و تئوری میکروگریپر	۴۳
۳-۲-	لایه های افقی سیلیکون- پلیمر	۴۴
	۳-۲-۱-بلوک های مستطیلی با طول نامحدود	۴۵
	۳-۲-۲-بلوک مستطیلی با برش عرضی (بلوک با ابعاد محدود)	۵۰
۳-۳-	میکروگریپر الکتروترمال سیلیکون – پلیمر	۵۴
۳-۴-	مقدمه ایی بر کنترل میکروگریپر	۵۵

۳-۵- حسگر میکروگریپر ۵۵
۳-۵-۱- میکروعملگر الکتروترمال سیلیکون- پلیمر..... ۵۶
۳-۵-۲- مدل‌سازی المان محدود ترمومکانیکال..... ۵۸
۳-۵-۳- حسگر پیزو مقامت بازوی میکروگریپر..... ۶۰
۳-۵-۴- محاسبه جابجایی..... ۶۳
۳-۶- مقدمه ایی بر هدایت حرارتی نانوتیوب های کربنی ۶۵
۳-۶-۱- هدایت حراراتی نانو تیوب های کربنی از منظر تئوری..... ۶۵
۳-۶-۲-آنالیز مدل..... ۶۷
۳-۶-۳- معادلات حاکم و مدل ریاضی..... ۶۸
فصل چهارم نتایج ۷۰
۴-۱- تعریف مدل ۷۱
۴-۱-۱-ساختار شانه ایی ۷۱
۴-۱-۱-۱-شبیه سازی ترمومکانیکال ۷۱
۴-۱-۱-۲-استقلال شبکه..... ۷۴
۴-۱-۱-۳-اعتبار سنجی..... ۷۶
۴-۱-۲-ساختار مارپیچ ۷۶
۴-۱-۲-۱-محاسبه جایجایی و شبیه سازی ترمومکانیکال ۷۷
۴-۲- طراحی و شبیه سازی نانوتیوب..... ۷۸
۴-۲-۱- شبیه سازی و هندسه مدل..... ۷۹
۴-۲-۲- استقلال شبکه..... ۸۰
۴-۲-۳- محاسبه میزان تغییرات دمایی ۸۱
۴-۳- مطالعه تاثیر پارامترها ۸۲
۴-۳-۱- تاثیر تعداد و حجم نانوتیوب ها..... ۸۲
۴-۳-۲- تاثیر پارامتر ولتاژ در میزان جابجایی فک میکروگریپر..... ۸۵
۴-۳-۳- پارامتر فاصله بین نانو تیوب ها ۸۷
۴-۳-۴- پارامتر سرعت هوا ۸۹
۴-۳-۵- تاثیرات تعداد دسته های نانو تیوب در اطراف بازو..... ۹۰
فصل پنجم نتایج و پیشنهادات..... ۹۱
۵-۱- نتیجه گیری..... ۹۲
۵-۲- پیشنهاداتی برای کارهای آینده..... ۹۴

فهرست جدول ها

عنوان جدول **صفحه**

جدول ۲- ۱. ضرایب اولین مرتبه peiziresistance دمای اتاق برای سیلیکون نوع p ۲۲

جدول ۲ - ۲. پارامترهای بازوی پیزومقاومت دارای حسگر نیروی دو بعدی ۲۴

جدول ۳ – ۱. خصوصیات سیلیکون – آلومینیم و SU8 ۵۰

جدول ۳ – ۲. شکل هندسی حسگر میکروگریپر ۵۲

جدول ۳ – ۳. کارایی حسگر میکروگریپر. ۵۹

جدول ۴ – ۱. شکل هندسی میکروگریپر الکتروترمال سیلیکون – پلیمر بر اساس ساختار شانه‌ای سیلیکون ۶۸

جدول ۴ – ۲. انتخاب مدل دارای استقلال شبکه ۷۱

جدول ۴ – ۳. شکل هندسی میکروگریپر الکتروترمال سیلیکون – پلیمر بر اساس ساختار مارپیچی ۷۴

جدول ۴ – ۴. انتخاب مدل دارای استقلال شبکه ۷۷

جدول ۴ – ۵. تغییرات هندسه و نتایج آن مربوط به نانو تیوب ها ۷۸

جدول ۴- ۶. تغییرات دمایی بازوی میکروگریپر در حالات مختلف ۸۶

فهرست شکل ها

عنوان شکل **صفحه**

شکل۲-۱. نیروی جاذبه و نیروهای کششی تابعی از شعاع جسم ۸

شکل۲-۲. میکروگریپر با عملگر سرنگ مکشی ساخته شده توسط آقای آلوگلا و همکارانش در سال ۲۰۱۲ جهت استفاده در حمل و جابجایی در دنیای پزشکی ۹

شکل۲-۳. طرح کلی از میکروگریپر الکترواستاتیک پلی سیلیکون ۱۱

شکل۲-۴. فرم های مختلف انگشتی میکروگریپر ۱۱

شکل۲-۵. طرح کلی از میکروگریپر پیزوالکتریک ۱۲

شکل ۲- ۶. طرح سه بعدی از میکروگریپر پیزوالکتریک ۱۳

شکل۲-۷. طرح کلی از یک نمونه بارز عملگر پایه فلزی. سیلیکون p-doped زمانی‌که جریان بکار برده می شود، پایه رو به پایین خم می شود. ۱۳

شکل۲-۸. طرح کلی از یک نمونه عملگر. a. ترکیب دو دسته گرم شده و b. ترکیب سه دسته سرد و c. دسته تکی گرم شده ۱۴

شکل۲-۹. تولید میکروگریپر از شرکت zyvex. a. دستگاه کاملی حدودا ۶۵۰µm طول- ۲۷۰µm عرض- ۵۰µm ضخامت. فاصله اولیه بین دو گیره ۳۶µm و حداکثر سوراخ ۸۰µm است. b , C. گریپر برای درست کردن شکاف FIB استفاه می شود. ۱۵

شکل ۲-۱۰. میکروگریپر ساخته شده توسط آقای هاکسهولد و همکاران در سال ۲۰۱۰ ۱۵

شکل۲-۱۱.طرح کلی از میکروگریپر ساختگی SU8 ۱۶

شکل۲-۱۲.میکروگریپرالکتروترمال پلیمری ساخته شده توسط آقای پاوا و همکاران سال۲۰۱۱ ۱۷

شکل۲-۱۳. میکروگریپر الکتروترمال پلیمری ساخته شده توسط آقای کاگلار البوکن و همکاران در سال ۲۰۰۸ ۱۷

شکل ۲ - ۱۴. طرح کلی از خازن حسگر نیرو در دو بعد ساخته شده توسط آقای سان و همکاران در سال ۲۰۰۲ ۱۸

شکل ۲-۱۵. a) ساختار حسگر نیرو و گشتاور ۶ درجه آزادی b) عکس SEM از سنسور ساخته شده ۱۹

شکل۲-۱۶. (a) بیم نیرویی با استفاده از پلیمر PVDF پیزوالکتریک و (b) یک حسگر نیروی دو بعدی چسبیده شده بر روی دوستون ۲۰
شکل۲-۱۷. طرح کلی از میکروگریپر بر اساس عملگر PZT با موفقیت سنجش فشار حسگرها ۲۱
شکل۲-۱۸. بازخورد میکروگریپر پیزومقاومت. a. شکل برداری نوری از دستگاه b. یک نمونه پیکره بندی ۳ بازو شناخته شده است که همانند مداری متشکل از مقاومت های معلوم و مجهول. c. گریپر با دو عملگر در پیکره بندی ۳ بازو شناخته شده است که همانند مداری متشکل از مقاومت های معلوم و مجهول متصل شده است. d. پیکره بندی گریپر با ۳ عملگر شامل ۳ بازو متصل شده برای اجتناب از تاثیر فشار حرارتی اندازه گیری نیرو می باشد ۲۲
شکل۲-۱۹. مدل جامد از میکروگریپر الکترواستاتیک با حسگر جامع نیرو. یک خازن شانه ای به عنوان عملگر و دیگری به عنوان بخش دریافت شده استفاده می شود ۲۲
شکل۲-۲۰. a. طرح کلی از گریپر ساده میکروماشین CMOS ۲×۲ بصورت یک صفحه منظم ردیاب نوری بر روی تراشه. B. گریپر با موج خطی polystyrene ۲۳
شکل۲-۲۱. طرح کلی از بازو حسگر نیرو پیزو مقاومتی دو بعدی با نمادهای هندسی و جهت گیری های استفاده شده ۲۴
شکل۲-۲۲. طرح کلی از. a. وضعیت جانبی درذیافت نیرو b. وضعیت عمودی حسگر نیرو c. طرحی از مداری متشکل از مقاومت های معلوم و مجهول که توسط آن می توان مقاومت مجهول را با اتصالات دقیقا اندازه گیری کرد. ۲۷
شکل۲-۲۳. قسمتی از تصاویر میکروسکوپی بازوی حسگر نیروی پیزومقاومت دو بعدی ۲۷
شکل۲-۲۴. طرح کلی از تنها حسگر نیروی بازو افقی با نمادهای هندسی و استفاده از جهت گیری ۳۰
شکل ۲-۲۵. آرایه ای از نانوتیوبهای عمودی، که با استفاده از پلاسما افزایش رسوب شیمیایی بخار (CVD) برای ایجاد یک کامپوزیت که خواص خوب حرارتی ایده آل برای خنک کردن تراشه دارد ۳۵
شکل ۲-۲۶. نمونه ایی از کاربرد نانو تیوب ها در تکنولوژی CMOSها ۳۵
شکل ۲-۲۷. حرکت چرخشی نانوتیوب ها در قالب چرخدنده ۳۶
شکل۲-۲۸. آلوتروپهای مختلف کربن ۳۹
شکل۲-۲۹. شکل گیری نانوتیوب ها از صفحات گرافیت ۳۹
شکل۲-۳۰. انواع مختلف نانو تیوب های کربنی ۴۰
شکل ۳ – ۱. a– طرح شماتیک از بخش‌های بلوک لایه افقی سیلیکون پلیمر b– برش عرضی پلیمر محدود شده بین دو صفحه محکم سیلیکون ۴۵
شکل ۳ – ۲. برش عرضی انبساط حرارتی بلوک محدود شده پلیمر بین دو سطح محکم ۴۶

سیلیکون
شکل ۳ - ۳. انبساط حرارتی پلیمر محدود شده SU8 در داخل دو صفحه محکم با نسبت $\frac{w}{h}$. تغییرات حرارتی ۱۰۰ ̊c می باشد (دمای اتاق از ۲۰ ̊c تا ۱۲۰ ̊c) ۴۹
شکل ۳ – ۴. مدول یانگ پلیمر تراکم ناپذیر محدود شده و مجموع سیلیکون – پلیمر در مقابل نسبت w/h ۵۰
شکل ۳ – ۵. انبساط حرارتی از بلوک پلیمر محدود شده بین دو صفحه سیلیکون محکم مستطیلیp فشار هیدرواستاتیک را در نقطه (x-y) نشان می‌دهد و در مرز (y = یا x = ± a) ±b صفر است ۵۱
شکل۳ – ۶. نسبت CTE بلوک محدود شده پلیمر در مقابل ابعادی از صفحات مستطیلی ۵۲
شکل ۳ – ۷. مدول یانگ از مجموع سیلیکون – پلیمر در مقابل ابعادی از صفحات مستطیلی ۵۳
شکل ۳ – ۸. طرح کلی از دریافت میکروگریپر ۵۷
شکل ۳ – ۹. منظره بالایی و بخش عرضی از دریافت دسته میکروگریپر با نمادها و پارامترهای شکل هندسی. پیکره مداری پل وتسون همچنین نشان داده شده است. ۵۷
شکل۳–۱۰. گرمای مدل سازی شده و تغییر شکل یافته عملگر و حسگر پایه از ولتاژ بکار برده شده در ۴v. ۵ ۵۹
شکل ۳ – ۱۱. برش عمودی حرارتی وضعیت پایدار بر روی عملگر و پایه ۵۹
شکل ۳– ۱۲. میزان جابجایی فک میکروگریپر و بازو دارای حسگر در دمای کاری شبیه سازی شده ۵۹
شکل۳– ۱۳. جابه‌جایی گیره میکروگریپر شبیه‌سازی شده و محاسبه شده در مقابل دمای بکار برده شده ۶۴
شکل۳ –۱۴. طرح ساختاری bimorph که شامل بدنه سیلیکون و بلوک افقی سیلیکون-پلیمر ۶۴
شکل ۳-۱۵. مقادیر رسانایی حرارتی محاسبه شده برای یک نانو تیوب کربنی تک دیواره در دماهای مختلف ۶۶
شکل۳-۱۶. مقادیر محاسبه شده برای هدایت حرارتی نانوتیوب (خط ممتد) در مقایسه با هدایت حرارتی صفحه ی گرافن (خط و ممتد) و گرافیت (خط چین); قسمت ترسیم شده داخلی، نشان دهنده ی تغییرات میزان هدایت بر اساس دما برای گرافیت می باشد که با دقت بیشتری نسبت به نمودار اصلی رسم شده است. به تفاوت اعداد روی محور عمودی نمودار داخلی و نمودار اصلی دقت فرمایید ۶۷
شکل ۳– ۱۷. شکل از SEM شامل نانو نیوب ها CNT در ردیف های تک بعدی و دو بعدی ۶۸
شکل ۳ -۱۸. نمای کناری جهت مشاهده فضای نانوتیوب های کربنی CNT ۶۹
شکل ۴ – ۱. طرح کلی از میکروگریپر الکتروترمال سیلیکون – پلیمر بر اساس ساختار شانه‌ای ۷۲

سیلیکون
شکل ۴ – ۲. نمای برش از بالا و عرضی از میکروگریپر الکتروترمال سیلیکون – پلیمر بر اساس ساختار شانه‌ای سیلیکون. پارامترهای هندسی که به خوبی نشان داده شده است ۷۲
شکل۴-۳. مش بندی قطعه در حالت نرمال ۷۳
شکل ۴ – ۴. تغییرات بازوی میکروگریپر در حالت اعمال ولتاژ 4v ۷۳
شکل۴ – ۵. تغییرات دمایی حالت پایدار بر روی میکروگریپر در راستای طولی ۷۴
شکل۴ – ۶. تغییرات دمایی بدست آمده با افزایش عناصر مش بندی ۷۵
شکل ۴–۷. تغییرات دمایی حالت پایدار بر روی میکروگریپر در راستای طولی-کار انجام شده توسط آقای "چو دو ترین" و همکاران ۷۶
شکل ۴–۸. طرح کلی از میکروگریپر الکتروترمال سیلیکون – پلیمر بر اساس ساختار مارپیچی سیلیکون ۷۷
شکل ۴ – ۹. برش عرضی و بالایی از میکروگریپر الکتروترمال سیلیکون – پلیمر بر اساس ساختار مارپیچی سیلیکون – پارامترهای هندسی به خوبی نشان داده شده است ۷۸
شکل ۴ – ۱۰. نمای سه بعدی از بازو میکروگریپر به همراه فین های نانوتیوب های کربنی کاشته شده ۷۹
شکل ۴ – ۱۱. انتقال حرارت در مدل خنک کاری شبیه سازی شده با استفاده از ردیفهای نانو تیوب کرین دو بعدی ۸۰
شکل ۴ -۱۲. تغییرات دمایی بدست آمده با افزایش عناصر مش بندی ۸۱
شکل۴ – ۱۳. پروفایل تغییرات دمایی نسبت به ابتدای بازو ۸۲
شکل۴ – ۱۴. تغییرات دمایی فک میکروگریپر با تغییر ابعاد نانو تیوب با ارتفاع ۴۰ µm ۸۴
شکل۴ - ۱۵. تغییرات دمایی فک میکروگریپر با تغییر ابعاد نانو تیوب با ارتفاع ۸۰ µm ۸۴
شکل۴- ۱۶. تغییر شکل میکروگریپر در ولتاژ ۶ ولت ۸۵
شکل۴- ۱۷ . تغییر شکل میکروگریپر در ولتاژ ۸ ولت ۸۶
شکل۴- ۱۸ . تغییر شکل میکروگریپر در ولتاژ ۱۶ ولت ۸۶
شکل۴- ۱۹ . جابجایی فک میکروگریپر با تغییرات ولتاژ ورودی ۸۷
شکل۴- ۲۰ . تاثیر پارامتر فاصله بر دمای فک میکروگریپر ۸۸
شکل۴-۲۱ . تاثیر پارامتر سرعت هوا بر دمای فک میکروگریپر ۸۹

فهرست علائم

علامت	نشانه
F (N)	نیرو
σ_l (N/m^2)	تنش طولی
I (m^4)	ممان اینرسی
L (m)	طول، عرض، ضخامت
K (N/m)	سختی
E (Pa)	مدول یانگ
ω_f (rad)	فرکانس رزنانس شعاعی
ρ (Ωm)	مقاومت ویژه و تغییرات مقاومت ویژه
π (Pa^{-1})	ضریب پیزومقاومت
R (Ω)	مقاومت
V (V)	ولتاژ
S (V2/Hz)	چگالی نویز توان ولتاژ
f (Hz)	فرکانس
V (m^3)	حجم
α_T (K^{-1})	ضریب انبساط حراراتی(CTE)
T (K)	دما
δ (m)	انبساط
E	کرنش
P (N/m^2)	فشار هیدرواستاتیک
u (m)	جابجایی

فصل اول

مقدمه

۱-۱- پیش گفتار

در سال ۱۹۵۹ آقای ریچارد فینمن[1] فیزیک دانی که بعدها موفق به دریافت جایزه نوبل شد، نظریه ای را پایه گذاری کرد که می توان آن را قدم اول حرکت بشر به سمت فناوری نانو دانست. وی در نظریه خود عنوان کرد که قوانین علم فیزیک هیچ محدودیتی را برای جابجایی و حمل ساختار اتم ها و مولکول ها ایجاد نمی کنند. در آن سخنرانی، ایشان به بحث در رابطه با جابجایی، حمل و کنترل در مقیاسهای کوچک پرداخت. او پیش بینی کرد که نسل جدیدی از تجهیزات کوچک جهت کار و کنترل قطعات بسیار کوچک بصورت ماهرانه مورد نیاز می باشد.

از آن زمان به بعد، با پیشرفت تکنولوژی و طراحی سیستمهای ممز[2]، میکرو روباتها[3] بعنوان معادل انسانی در بعد میکرو به کار گرفته شدند تا با اعمال دستورات خارجی، بتوانند کارهای مناسب را روی یک سیستم خاص، از جمله جراحی های محدود در داخل بدن انسان، انجام دهند. در میکرو روباتها قسمتی که کار اصلی حمل و جابجایی قطعه میکرو را انجام می دهد، میکروگریپر[4] نامیده می شود. در این پروژه سیستم یک میکروگریپر مورد بررسی قرار گرفته و طراحی مناسب قطعه برای داشتن پارامترهای مورد نیاز آن انجام خواهد گرفت. سپس جهت برطرف کردن دمای بالای میکروگریپر با استفاده از دسته های نانو تیوب کربنی به عنوان خنک کننده استفاده شده است و همچنین تاثیر تمامی پارامترهایی که روی عملکرد قطعه تاثیر می گذارند که در فصول بعد به آن پرداخته می شود.

۱-۲-میکروگریپر دارای حسگر

بیشتر پدیده های فیزیکی که در سیستمهای ماکرو[5] کم اهمیت و یا بی اهمیت هستند در سیستمهای میکرو[6] بایستی در نظر گرفته شود. از آن جمله است نیروهای کششی بین قطعات مانند کشش سطحی،

[1] Richard Feynman
[2] Mems
[3] Micro-Robot
[4] Microgripper
[5] Macro
[6] Micro

نیروهای الکترواستاتیکی[1] و نیروهای واندروالس[2]، که اساس فیزیک قطعات میکرو را تشکیل مـی دهنـد [۲و۳].

اولین مرحله جهت طراحی حسگر میکروگریپر، تعریف نـوع عملکـرد، توصـیف مناسـب حسـگر[3] و انتخـاب پارامترهای مهم در طراحی برای رسیدن به هدف تعریف شده می باشد. بازه نیروهای تمـاس بـین سـلول هـای زنده در آزمایشگاه [۴و۵] یا بین ذرات ریز [۶] بطور کلی در دامنه نانو نیـوتن[4] تـا مینـی نیـوتن[5] قـرار دارنـد. حسگرهای نیروی مورد استفاده در بازوی میکروگریپرها بایستی قادر باشند خروجی مناسبی ایجاد کنند.

جابجایی و حمل اشیاء کوچک با میکروگریپر های رایج بدون ساخت حسگر نیـروی[6] معمـول نیـاز بـه وارد کردن دوربین در سیستم دارد. در این صورت ارتباط حسی لازم بین ابزار جابجایی و جسم حمـل شـده از بـین می رود و علاوه بر اینکه باعث می گردد تا با سختی بتوان موقعیت ابزار را تشـخیص داد، میـزان فشـار اعمـالی لازم نیز قابل محاسبه نخواهد بود [۷].

میکروگریپر دارای حسگر، قادر به فراهم کردن جابجایی بزرگ فک و سنجش ولتاژ خروجی می باشـد. ایـن دستگاه قادر به نظارت بر جابجایی فک و در نتیجه نیروی تولیدی می باشـد. ایـن دسـتگاه بـر روی ویفرهـای[7] سیلکیونی SOI سازگار با تکنولوژی CMOSها ساخته می‌شود. میکروگریپر دارای حسگر قادر بـه اسـتفاده در سیستم های دستکاری[8] اتوماتیک جهت Microassembly ، حمل و جابجایی سلول زنده و عملهای جراحی با با حداقل تهاجم و میکروربوتیک می باشد. با این حال میکروگریپر دارای حسگر با یک سیستم open-control کنترل می شود که محدودیت هایی شامل وقت و زمان پاسخ کنترل دارد.

بعلاوه میکروگریپر دارای حسگر نیرو، می تواند این محدودیت را که برای نگاه داشـتن اشـیاء بطـور محکـم مناسب است در حالیکه از هر گونه فشار به اشیاء ظریف خودداری می کند برطرف کند.

۱-۳-نانوتیوب های کربنی[9] (CNT)

تا سال ۱۹۸۰، سه آلوتروپ کربن(کربن غیر بلوری) به نام های الماس، گرافیت و کربن بـی شـکل شـناخته شده بودند، اما امروزه می دانیم که خانواده کاملی از سایر اشکال کربن نیز وجود دارند. اولـین آلـوتروپ[1] کـربن

[1] Electrostatic
[2] Van der Waals
[3] Sensor
[4] Nano-Newton
[5] Mini-Newton
[6] Force-sensing
[7] Wafer
[8] manipulation
[9] Carbon nanotube (CNT)

که در سال ۱۹۸۵ کشف شد، باک مینستر فولرن نام داشت که به نام های دیگر باکی بال و فولرن نیز نامگذاری شده است. فولرن ها مولکول های کروی کربن هستند که به سبب شکل زیبا و خواص شگفت انگیز، توجه بسیاری از دانشمندان را به خود معطوف کرده اند. آلوتروپ بعدی کربن که در سال ۱۹۹۱ کشف شد، نانوتیوب نام دارد که در این پایان نامه به آن پرداخته خواهد شد. یکی از اکتشافات بزرگ مربوط به نانوتکنولوژی[۲]، کشف نانوتیوب است. اولین بار نانو تیوب کربنی توسط یک دانشمند ژاپنی به نام سامیو ایجیما و به طور کاملاً اتفاقی کشف شد. او می خواست فولرین تولید کند و برای این کار می بایست دو الکترود گرافیک را با یکدیگر تماس دهد اما آنها را در فاصله کمی از یکدیگر قرار داد و بدین ترتیب نانوتیوب کربنی برای اولین بار ساخته، و کشف شد. نانو تیوبها صفحاتی از اتمهای کربن هستند که درون قسمتی غلطک مانند حرکت می کنند ودر ظاهر شبیه توریهای سیمی هستند که بر روی یک سمت آنها پوششی قرار گرفته باشد. نانوتیوب کربن تو خالی است. نانو تیوب های کربنی از منابع کربنی مانند گرافیت یا گازهای هیدروکربنی بوسیله روشهایی مانند تخلیه الکتریکی، TCVD و ablation Laserr ساخته می شوند. این مواد به علت داشتن خواصی مانند سطح ویژه زیاد (gr/m^2 ۷۰۰-۱۰۰۰)، استحکام زیاد (حدودا ۵۰ برابر فولاد) و خصوصیات الکتریکی و الکترونیکی استثنایی موارد کاربرد زیادی از جمله استفاده به عنوان پایه کاتالیست، تقویت مکانیکی پلیمرها و کمپوزیت ها و ساخت قطعات الکترونیکی دارند.

نانوتیوب های کربنی به دو دسته کلی نانوتیوب های کربنی تک دیواره و نانوتیوب های کربنی چند دیواره تقسیم می شوند. چنانچه نانوتیوب کربنی فقط شامل یک تیوب از گرافیت باشد، نانوتیوب تک دیواره و اگر شامل تعدادی از تیوب های متحد المرکز باشد نانوتیوب چند دیواره نامیده می شود[۸].

۱ – ۴- اهداف و انگیزه های پروژه

هدف از انجام این پروژه شبیه سازی و طراحی میکروگریپری می باشد که با دارا بودن حسگر می تواند با جابه‌جایی قابل قبول گیره (تا ۲۰ میکرون)، نیروی زیاد خروجی (mN) و حساسیت زیاد بازخورد نیروی دریافت شده (mN) و همچنین نیاز به حداقل نیروی ورودی جهت باز و بسته کردن دهانه میکروگریپر و دمای عملیاتی پایین داشته باشد. حسگر میکروگریپر تنها تراشه سیلیکونی دارد که شامل عملگر و حسگر میکروماشین

[1] allotrope
[2] Nanotechnology

است. این دستگاه بر اساس سازگاری با تکنولوژی CMOS ساخته شده است که اجازه به هم پیوستن مدارات الکترونیکی را دارد که نیاز است تمام توابع الکترونیکی از جمله تقویت و کنترل اجرا شود.

پیکره بندی برای چهار پیزومقاومت[1] که بر روی سطح بازو قرار گرفته است. که اجازه اندازه گیری نیروهای بکار برده شده، هم در جهت های موازی و هم جهت عمودی با سطح ویفر را دارد. در بخش عملگر، عملگر کوچک الکتروترمال سیلیکون- پلیمر معرفی شده است. دستگاه ترکیبی از سه ماده می باشد که شامل لایه حرارتی فلزی، ساختار سیلیکون به عنوان قابی با رسانایی بالای حرارتی و پلیمر با ضریب بالای انبساط حرارتی (CTE) می‌باشد. در مدت تحریک، گرمای کافی از لایه حرارتی فلزی تا پلیمر، از طریق کانال‌های سیلیکونی پرشده با پلیمر صورت می گیرد. انتخاب چنین ساختاری بر نقایص انواع دیگر میکروگریپر که در فصل بعد شرح داده می شود غلبه می یابد. بعلاوه بدلیل اینکه لایه پلیمر بین دو صفحه سیلیکون محصور شده است، افزایش حجم بیشتر و در نتیجه جا به جایی های بزرگی صورت می گیرد.

نوآوری که به آن پرداخته شده است مسئله خنک کاری میکروگریپر هست که در این پایان نامه قصد شده است با معرفی نانو تیوب کربنی (CNT) و شبیه سازی آن در نرم افزار کامسول[2] با توجه به خاصیت خنک کنندگی نانو تیوب های کربنی جهت پایین آوردن دمای میکروگریپر به شرح و آنالیز آن بپردازیم. با این عمل به میکروگریپری دست میابیم که به راحتی قادر است برای جابجایی قطعات درون بدن انسان و انجام قسمتی از جراحی های حساس (غیر تهاجمی) بدون تاثیرات سوء دمایی مورد استفاده قرار گیرد.

۱ – ۵ -ساختار پایان نامه

فصل ۲ خلاصه ای از جابجایی و حمل در ابعاد میکرو و انواع میکروگریپر، حساسیت، مزایا و معایب را نشان می دهد. ۳ بخش اصلی از سیستم پیشنهاد شده از جمله حسگر نیرو، عملگر[3]، میکروگریپر و حسگر میکروگریپر در ۲ فصل بعدی به ارائه می‌شود.

فصل۳دلالت بر طراحی و آنالیز خصوصیات پیزومقاومت بازو در قالب حسگر نیرو دارد. در بخش طراحی، بازوی حسگر نیرو بر اساس دو پیزومقاومت جداگانه است که هر دو در موقعیت بازو نشان داده شده اند. مفاهیم اساسی و تئوری کار میکروگریپر الکتروترمال سیلیکون - پلیمر در فصل ۳ مورد بحث قرار خواهد گرفت. بر

[1] pizoresistive
[2] comsol
[3] actuator

اساس تئوری فشار هیدرواستاتیک محاسبات حاضر از ضریب انبساط حرارتی و مـدول یانـگ پلیمـر بـه عنـوان تابعی از نسبت پهناور / ضخامت لایه پلیمر توضیحاتی داده می شود.

نتایج حاصل از فصول ۳ برای تولید حسگر میکروگریپر با جابه جایی بزرگ، نیروی بـزرگ خروجـی و ولتـاژ بالای حسگر در خروجی، همانطور که در فصل ۴ نشان داده شده است استفاده مـی شـود. در فصـل ۳ و ۴ بـه بحث در مورد خنک کاری میکروگریپر بوسیله نانو تیوب کربن پرداخته می شود. توانایی جابجایی و حمل ذرات کوچک توسط میکروگریپر توسعه یافته و همچنین تاثیر پارامترهای مختلف روی میکروگریپر مورد ارزیابی قرار می گیرد. خلاصه ای از این تحقیق و پیشنهادات برای کارهای آینده در فصل ۵ لیست شده است.