بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه کاشان
دانشکده مهندسی
گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

عنوان:

کمانش نانولوله‌های نیتریدبور چند جداره احاطه شده توسط نانولوله‌های کربنی چند جداره تحت بارهای ترکیبی الکتروترمومکانیک

استاد راهنما :

دکتر علی قربانپور

به وسیله:

سعید امیر

دیماه ۱۳۸۹

بسمه تعالی

تاریخ:
شماره:
پیوست:

دانشگاه کاشان
دانشکده مهندسی

مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی دانشجو: سعید امیر — شماره دانشجویی: ۸۷۳۳۲۱۰۰۰۳

رشته : مهندسی مکانیک- طراحی کاربردی — دانشکده : مهندسی

عنوان پایان نامه : کمانش نانو لوله های نیترید بور چند جداره احاطه شده توسط نانو لوله های کربنی چند جداره تحت بارهای ترکیبی الکتروترمو مکانیک

تعداد واحد پایان نامه : ۶ واحد — **تاریخ دفاع :۸۹/۱۰/ ۱۸**

این پایان‌نامه به مدیریت تحصیلات تکمیلی به منظور بخشی از فعالیتهای تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد ارایه می‌گردد. دفاع از پایان نامه در تاریخ ۸۹ /۱۰/۱۸ مورد تأیید و ارزیابی هیات داوران قرار گرفت و با نمره بهبت و درجه عالی به تصویب رسید .

اعضاء هیات داوران

عنوان	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱. استاد راهنما	دکتر علی قربانپور	دانشیار	
۲.متخصص و صاحب نظر از داخل دانشگاه	دکتر عباس لقمان	استادیار	
۳. متخصص و صاحب نظر از داخل دانشگاه	دکتر مهدی محمدی مهر	استادیار	
٤. نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه	دکتر قنبر علی شیخ زاده	استادیار	

آدرس: کاشان- بلوار قطب راوندی
کدپستی ۵۱۱۶۷ -۸۷۳۱۷
تلفن ۵۵۵۹۹۳۰ -دورنگار ۵۵۵۹۹۳۰
http: www.kashanu.ac.ir

تقدیم :

به پدر بزرگوارم

و به مادرم که با پاکی و مهربانیش روشنایی بخش راه زندگی ام است

و به برادرم دکتر وحید امیر و خواهر عزیزم

و به شهیدان اسلام و کلیه کسانیکه شبهای تاریک زندگی بشریت را به روز روشنایی پیوست دادند و چراغ همیشه فروزان انسانیت را روشن نگاه می دارند و به تاریک ترین زوایای حیات بشری نور افشانی می نمایند.

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس خدای را که توفیق کسب دانش و معرفت را بـه مـا عطـا فرمـود. در اینجـا بـر خـود لازم می‌دانم از تمامی اساتید بزرگوار بویژه اساتید دوره کارشناسـی ارشـد کـه در طـول سـالیان گذشـته مـرا در تحصیل علم و معرفت و فضائل اخلاقی یاری نموده‌اند، تقدر و تشکر نمایم.

از استاد راهنمای گرامی و بزرگوارم جناب آقای دکتر علی قربـان‌پـور کـه راهنمـایی اینجانـب را در انجـام تحقیق، پژوهش و نگارش این پایان نامه تقبل نموده‌اند نهایـت تشـکر و سپاسـگذاری را دارم. همچنـین از تشریف فرمایی اساتید داور آقایان دکترعباس لقمان و دکتر مهدی محمدی مهر ، که این پایان نامـه را مـورد مطالعه قرار داده و همچنین استاد ناظر تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر قنبر علی شیخ‌زاده که در جلسـه دفاعیه شرکت نمودند تشکر می نمایم.

در پایان از خانواده مهربانم که تمام موفقیت‌های زندگی‌ام مرهون زحمات بی دریغ و دلسوزانه آنهاست و با صبرشان بنده را در این مدت همراهی نمودند کمال تشکر را دارم.

سعید امیر

دی‌ماه ۱۳۸۹

چکیده

در این تحقیق به بررسی کمانش نانولوله‌های نیتریدبور چند جداره احاطه شده توسط نانولوله‌های کربنی چند جداره تحت بارهای ترکیبی الکتروترمومکانیک توسط مدل‌های تیر اویلر برنولی، تیر تیموشنکو و مدل پوسته استوانه‌ای پرداخته شده است. برای به دست آوردن معادلات تعادل در مکانیک محیط‌های پیوسته غیر موضعی از روش انرژی و اصل مینیمم انرژی پتانسیل استفاده شده است. برای مدل‌سازی محیط الاستیک نانولوله‌های کربنی از مدل وینکلر – پاسترناک استفاده شده و نیروهای واندروالس بین لایه‌ای با استفاده روش لئونارد–جونز بیان شده است. اثر مقیاس کوچک توسط رابطه غیر موضعی اریـنگن در روابط وارد شده است.همچنین در این پایان نامه اثرات طول نانولوله، میدان‌های الکتریکی و حرارتی،محیط الاستیک و اثر مقیاس کوچک در بار کمانش نانولوله نیتریدبور مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی : نانولوله نیتریدبور، مقیاس کوچک، محیط الاستیک وینکلر و پاسترناک ، نیروی واندروالس، کمانش، بارهای الکتروترمومکانیک، سازه هوشمند.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه ای بر نانو مکانیک و پیزوالکتریک ۱

۱-۱-نانوفناوری ۱

۱-۲-تاریخچه و هدف تحقیق ۱

۱-۳-ویژگی های نانو لوله ها ۳

۱-۴-کاربرد نانو لوله نیترید بور و کربنی ۸

۱-۴-۱-تهیه الیاف از نانو لوله های ۸

۱-۴-۲-کاربرد های پزشکی ۸

۱-۴-۳- کاربردها در صنعت نفت ۹

۱-۴-۴-به عنوان تقویت کننده در کامپوزیت ها ۹

۱-۴-۵- استفاده از نانولوله های تک دیواره در صنعت الکترونیک ۹

۱-۴-۶- تولید حسگر ها ۱۰

۱-۵-نانو لوله های نیترید بور ۱۱

۱-۶-مواد پیزوالکتریک ۱۲

۱-۷-مبانی رفتاری اجسام پیزوالکتریک ۱۴

۱-۸-دپلاریزه شدن ۱۷

۱-۸-۱-دپلاریزه الکتریکی ۱۷

۱-۸-۲-دپلاریزه مکانیکی ۱۸

۱-۸-۳-دپلاریزه حرارتی ۱۸

۱-۹-ثابتهای پیزوالکتریک ۱۸

۱-۱۰-معادلات متشکله عمومی پیزوالکتریکها ۲۰

۱-۱۰-۱- ترمودینامیک ۲۰

۱-۱۰-۲-پیزوالکتریسیته خطی ۲۲

فصل دوم:مدل تیر اویلر برنولی..... ۲۷

۲-۱-مدل تیر اویلر برنولی ۲۷

۲-۲-مدلسازی نانولوله دو جداره توسط تیر اویلربرنولی..... ۳۰

فصل سوم: مدل تیر تیموشنکو..... ۳۶

۳-۱-مدل تیر تیموشنکو..... ۳۶

۳-۲-مدلسازی نانولوله دو جداره توسط تیر تیموشنکو..... ۳۹

فصل چهارم:مدل پوسته ۴۵

۴-۱-مدل پوسته موضعی ۴۵

۴-۱-۱-مدل پوسته الاستیک برای سازه های پیزوالکتریکی ۴۵

۴-۱-۲- مدل کردن نیروی واندر والس: ۵۳

۴-۱-۳- مدل کردن محیط الاستیک ۵۵

۴-۱-۴- بار بحرانی کمانش..... ۵۶

۴-۲-مدل پوسته غیر موضعی ۶۰

۴-۲-۱-روابط حاکمه در مدل پوسته غیر موضعی..... ۶۰

فصل پنجم : مقایسه و بررسی نتایج ۷۰

۵-۱ تحلیل نتایج ۷۰

۵-۲ مدل تیر اویلر برنولی ۷۱

۵-۲-۱ اثر میدان حرارتی و الکتریکی روی بار کمانش نسبت به نیم موج طولی تیر اویلربرنولی ۷۱

۵-۲-۲- اثر محیط الاستیک روی بار کمانش نسبت به نیم موج طولی تیر اویلر ۷۴

۵-۲-۳- اثر مقیاس کوچک روی بار کمانش نسبت به نیم موج طولی تیر اویلر ۷۶

۵-۲-۴- اثر طول نانو لوله روی بار کمانش نسبت به نیم موج طولی تیر اویلر-برنولی ۷۷

۵-۳- مدل تیر تیموشنکو..... ۷۸

۵-۳-۱- اثر میدان حرارتی و الکتریکی روی بار کمانش نسبت به نیم موج طولی تیر تیموشنکو..... ۷۸

۵-۳-۲- اثر محیط الاستیک روی بار کمانش نسبت به نیم موج طولی تیر تیموشنکو..... ۸۰

۵-۳-۲- اثر مقیاس کوچک روی بار کمانش نسبت به نیم موج طولی تیر تیموشنکو..... ۸۲

۵-۳-۴- اثر طول نانو لوله روی بار کمانش نسبت به نیم موج طولی تیر تیموشنکو..... ۸۳

۵-۴-مدل پوسته ۸۴
۵-۴-۱- مدل پوسته موضعی.....۸۵
۵-۴-۱-۱- بار کمانش بدون محیط الاستیک.....۸۵
۵-۴-۱-۲ بار کمانش با محیط الاستیک نانولوله های کربنی ۸۷
۵-۴-۱-۳ اثرات میدانهای الکتریکی و حرارتی برای $n=2$ و $n=12$ ۸۹
۵-۴-۲ مدل پوسته غیر موضعی ۹۰
۵-۴-۲-۱ بار کمانش بدون محیط الاستیک برای مدل پوسته غیر موضعی.....۹۰
۵-۴-۲-۲ بار کمانش با محیط الاستیک نانولوله های کربنی برای مدل پوسته غیر موضعی.....۹۲
۵-۴-۲-۳ اثرات میدانهای الکتریکی و حرارتی برای مدل پوسته غیر موضعی در $n=2$ و $n=12$ ..۹۴
۵-۴-۳ بررسی اثر مقیاس کوچک در بار کمانش ۹۵
۵-۴-۴ بررسی اثر محیط الاستیک برای مدل موضعی و مدل غیرموضعی ۹۶
۵-۵- صحت سنجی نمودارها.....۹۷
۵-۶- نتیجه گیری ۹۸
۵-۷- پیشنهادات.....۹۹
منابع و مآخذ: ۱۰۰

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل۱-۱- نانولوله های تک دیواره در صنعت الکترونیک ۱۰

شکل ۱-۲- کریستالهای نیترید بور: (الف) ورق نیترید بور (ب)ساختار زیگزاگ (ج)ساختار آرمچیر ۱۱

شکل ۱-۳- جهت گیری دو قطبیها در ماده پیزوالکتریک ۱۳

شکل ۱-۴- بارها بر روی صفحات موازی..... ۱۴

شکل ۱-۵- سیلندر پیزو الکتریک تحت میدان الکتریکی در دو سر بدون بار مکانیکی ۱۵

شکل ۱-۶- جهت سیلندر جدار ضخیم پیزو الکتریک تحت بار فشار ۱۵

شکل ۱-۷- جهت سیلندر جدار ضخیم پیزو الکتریک تحت بار کشش ۱۶

شکل ۱-۸-ساختار zigzag و armchair نانولوله ۱۷

شکل ۱-۹- ارتباط میدان های الکتریکی، حرارتی و مکانیکی..... ۲۶

شکل ۲-۱- ۲۷

شکل ۲-۲- تغییر شکل تیر اویلر برنولی ۲۸

شکل ۲-۳- تیر اویلر برنولی تحت بارگذاری..... ۲۹

شکل ۲-۴- نانولوله دوجداره نیتریدبور تحت میدان الکتریکی ۳۰

شکل۳-۱- تغییر شکل تیر تیموشنکو..... ۳۷

شکل ۳-۲- بارگذاری روی تیر تیموشنکو ۳۸

شکل ۴-۱- المانی از پوسته و نیروهای غشایی ۴۶

شکل ۴-۲- دو ساختار از نانولوله نیتردبور با کششی و پچشی..... ۴۹

شکل ۴-۳- نانولوله دوجداره نیتریدبور تحت میدان الکتریکی ۶۰

شکل ۵-۱- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت بدون محیط الاستیک و $e_0a=0$. ۷۱
شکل ۵-۲- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت با محیط الاستیک وینکلر و $e_0a=0$ ۷۲
شکل ۵-۳- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت با محیط الاستیک وینکلر و پاسترناک و $e_0a=0$ ۷۲
شکل ۵-۴- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت بدون محیط الاستیک و $e_0a=0.056\times10^{-9}$ ۷۳
شکل ۵-۵- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت با محیط الاستیک وینکلر و پاسترناک و $e_0a=0.056\times10^{-9}$ ۷۳
شکل ۵-۶- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت با محیط الاستیک و بدون محیط الاستیک و $e_0a=0$ ۷۴
شکل ۵-۷- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت با محیط الاستیک و بدون محیط الاستیک و $e_0a=0.056\times10^{-9}$ ۷۴
شکل ۵-۸- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت با محیط الاستیک و بدون محیط الاستیک و $e_0a=0.056\times10^{-9}$ ۷۵
شکل ۵-۹- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت بدون محیط الاستیک و $e_0a=0.056\times10^{-9}$ و $e_0a=0$ ۷۶
شکل ۵-۱۰- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت با محیط الاستیک و $e_0a=0.056\times10^{-9}$ و $e_0a=0$ ۷۶
شکل ۵-۱۱- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت بدون محیط الاستیک برای طولهای مختلف ۷۷
شکل ۵-۱۲- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت با محیط الاستیک برای طولهای مختلف ۷۷
شکل ۵-۱۳- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت بدون محیط الاستیک و $e_0a=0$ ۷۸

شکل ۵-۱۴- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت با محیط الاستیک وینکلر و پاسترناک و $e_0a=0$ ۷۹
شکل ۵-۱۵- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت بدون محیط الاستیک و $e_0a=0.056\times10^{-9}$ ۷۹
شکل ۵-۱۶- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت با محیط الاستیک وینکلر و پاسترناک و $e_0a=0.056\times10^{-9}$ ۸۰
شکل ۵-۱۷- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت با محیط الاستیک و بدون محیط الاستیک و $e_0a=0$ ۸۱
شکل ۵-۱۸- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت با محیط الاستیک و بدون محیط الاستیک و $e_0a=0.056\times10^{-9}$ ۸۱
شکل ۵-۱۹- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت بدون محیط الاستیک و $e_0a=0.056\times10^{-9}$ و $e_0a=0$ ۸۲
شکل ۵-۲۰- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت با محیط الاستیک و $e_0a=0.056\times10^{-9}$ و $e_0a=0$ ۸۲
شکل ۵-۲۱- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت بدون محیط الاستیک برای طولهای مختلف ۸۳
شکل ۵-۲۲- بار کمانش بر واحد طول بر حسب نیم موج طولی برای حالت با محیط الاستیک برای طولهای مختلف ۸۳
شکل ۵-۲۳- بار کمانش فقط فشاری بدون حضور میدانهای الکتریکی و حرارتی ۸۵
شکل ۵-۲۴- بار کمانش برای میدان الکتریکی مثبت ۸۶
شکل ۵-۲۵- بار کمانش برای میدان الکتریکی منفی ۸۶
شکل ۵-۲۶- بار کمانش برای میدان حرارتی مثبت ۸۶
شکل ۵-۲۷- بار کمانش برای میدان حرارتی منفی ۸۶
شکل ۵-۲۸- بار کمانش برای میدان حرارتی مثبت و میدان الکتریکی مثبت ۸۶

شکل ۵-۲۹- بار کمانش برای میدان حرارتی منفی و میدان الکتریکی منفی ۸۶
شکل ۵-۳۰- بار کمانش فقط فشاری بدون حضور میدانهای الکتریکی و حرارتی ۸۷
شکل ۵-۳۱- بار کمانش برای میدان الکتریکی مثبت ۸۷
شکل ۵-۳۲- بار کمانش برای میدان الکتریکی منفی ۸۷
شکل ۵-۳۳- بار کمانش برای میدان حرارتی مثبت ۸۸
شکل ۵-۳۴- بار کمانش برای میدان حرارتی منفی ۸۸
شکل ۵-۳۵- بار کمانش برای میدان حرارتی مثبت و میدان الکتریکی مثبت ۸۸
شکل ۵-۳۶- بار کمانش برای میدان حرارتی منفی و میدان الکتریکی منفی ۸۸
شکل ۵-۳۷- بار کمانش بدون محیط الاستیک برای $n=2$ ۸۹
شکل ۵-۳۸- بار کمانش بدون محیط الاستیک برای $n=12$ ۸۹
شکل ۵-۳۹- بار کمانش با محیط الاستیک برای $n=2$ ۸۹
شکل ۵-۴۰- بار کمانش با محیط الاستیک برای $n=12$ ۸۹
شکل ۵-۴۱- بار کمانش فقط فشاری بدون حضور میدانهای الکتریکی و حرارتی ۹۱
شکل ۵-۴۲- بار کمانش برای میدان الکتریکی مثبت ۹۱
شکل ۵-۴۳- بار کمانش برای میدان الکتریکی منفی ۹۱
شکل ۵-۴۴- بار کمانش برای میدان حرارتی مثبت ۹۱
شکل ۵-۴۵- بار کمانش برای میدان حرارتی منفی ۹۱
شکل ۵-۴۶- بار کمانش برای میدان حرارتی مثبت و میدان الکتریکی مثبت ۹۲
شکل ۵-۴۷- بار کمانش برای میدان حرارتی منفی و میدان الکتریکی منفی ۹۲
شکل ۵-۴۸- بار کمانش فقط فشاری بدون حضور میدانهای الکتریکی و حرارتی ۹۲
شکل ۵-۴۹- بار کمانش برای میدان الکتریکی مثبت ۹۳
شکل ۵-۵۰- بار کمانش برای میدان الکتریکی منفی ۹۳
شکل ۵-۵۱- بار کمانش برای میدان حرارتی مثبت ۹۳

شکل ۵-۵۲- بار کمانش برای میدان حرارتی منفی ۹۳
شکل ۵-۵۳- بار کمانش برای میدان حرارتی مثبت و میدان الکتریکی مثبت ۹۳
شکل ۵-۵۴- بار کمانش برای میدان حرارتی منفی و میدان الکتریکی منفی ۹۳
شکل ۵-۵۵- بار کمانش بدون محیط الاستیک برای $n=2$ ۹۴
شکل ۵-۵۶- بار کمانش بدون محیط الاستیک برای $n=12$ ۹۴
شکل ۵-۵۷- بار کمانش با محیط الاستیک برای $n=2$ ۹۴
شکل ۵-۵۸- بار کمانش با محیط الاستیک برای $n=12$ ۹۴
شکل ۵-۵۹- بار کمانش بدون محیط الاستیک برای $n=2$ ۹۵
شکل ۵-۶۰- بار کمانش با محیط الاستیک برای $n=2$ ۹۵
شکل ۵-۶۱- بار کمانش بدون محیط الاستیک برای $n=12$ ۹۵
شکل ۵-۶۲- بار کمانش با محیط الاستیک برای $n=12$ ۹۵
شکل ۵-۶۳- مقایسه بار کمانش برای حالت $e_0a=0$ با محیط الاستیک و بدون محیط الاستیک ۹۶
شکل ۵-۶۴- مقایسه بار کمانش برای حالت $e_0a\neq 0$ با محیط الاستیک و بدون محیط الاستیک ۹۶
شکل ۵-۶۵- بار کمانش برای حالت $e_0a\neq 0$ بدون محیط الاستیک (مقاله آقای صالحی خوجین) ۹۷
شکل ۵-۶۶- بار کمانش برای حالت $e_0a\neq 0$ بدون محیط الاستیک (در این تحقیق) ۹۷

فهرست علائم و اختصارات

تانسور تنش کوشی ..... σ

تانسور کرنش ..... ε

ماتریس سختی C

شعاع های اصلی سطح میانی ..... R_1 و R_2

گرادیان دمایی ..... T

ضریب انبساط حرارتی ..... α

ضریب پواسون ..... υ

مدول الاستیک ..... E

ضریب نیروی واندروالس c

ضریب محیط الاستیک وینکلر ..... k_W

ضریب محیط الاستیک پاسترناک..... G_P

ثابت مقیاس کوچک ..... $e_0 a$

طول پیوند ..... a

معکوس ثابت دی الکتریک ..... β

چگالی شار الکتریکی ..... D

میدان الکتریکی ..... E

ثابت دی الکتریک ..... $\in_{mn}$

ثوابت پیزوالکتریک ..... $e_{\alpha\beta}$

چرخش ..... κ

انرژی پتانسیل کل پوسته ..... Π

انرژی پتانسیل داخلی پوسته ..... U

فصل اول: مقدمه ای بر نانو مکانیک و پیزوالکتریک

۱-۱-نانوفناوری

نانو فناوری به عنوان جدیدترین حوزه فناوری در دنیا، مورد توجه اکثر کشورها قرار گرفته است.

فناوری نانو در ساده ترین حالت به بررسی مواد در ابعاد اتمی یا مولکولی در مقیاس یک میلیاردم آن گویند. فناوری نانو توصیف همه جانبه فعالیتهایی است که با دست بردن در کوچکترین جزء ماده یعنی اتم باعث می‌شود که به خواص خارق العاده آن دست یابیم. نانوفناوری که از دو کلمه «نانو» و «فناوری» تشکیل شده است به معنای توسعه، ساخت، طراحی و استفاده از محصولاتی است که اندازه آنها یک تا صد نانومتر قرار دارند. در حقیقت نانوفناوری یک فناوری جدید نیست بلکه یک مقیاس جدید در فناوری ها و رویکردی تازه در تمام رشته‌ها است؛ که این توانایی را به بشر می دهد، که بتواند دخالت خود را در ساختار مواد گسترش دهد و در ابعاد بسیار ریز ، به ساخت و طراحی اقدام کند. این توانایی می تواند در تمام فناوری هایی که بشر تاکنون به آن دست یافته است، اثر گذار باشد.

۱-۲-تاریخچه و هدف تحقیق

در یک نگاه نانو تکنولوژی عرصهٔ وسیعی از مواد را در بر می گیرد که نیاز به طبقه بندی آنها اجتناب ناپذیراست. مهمترین این طبقه بندیها" خصوصیت" و" نوع "مواد نانو ساختار است. خصوصیات مختلف الکتریکی، مکانیکی، نوری، مغناطیسی، شیمیایی، کاتالیستی و بیولوژیکی هر یک از نقاط قابل تأمل در این فناوری نوین است. اما در این مسیر مشکلاتی هم وجود دارد یکی از مشکلات تغییر خواص فیزیکی، در نتیجه تغییر قوانین فیزیکی است . چرا که وقتی سیال یا ماده جامدی را در فضایی کمتر از 100 nm محدود می کنیم ، این محدودیت در رفتار آن تاثیر می گذارد و به تصویر کشیدن این محدودیت در روابط و معادلات مشکل است. مشکل

دیگر اینکه در علوم مهندسی کنونی به تفکیک علوم پرداخته و جداگانه پیرامون هر به موضـوع می پردازد، در حالیکه این جداسازی در مقیاسی همچون نانو چندان امکان پـذیر نیسـت، یعنـی غالبا"خصوصیات مختلف روی هم تاثیر می گذارند و ضرورت ایجاد دانش های جدید وجـود دارد. پس از یافتن ارتباط میان خصوصیات مختلف، نیـاز بـه یـافتن روابـط بـر اسـاس قـوانین مهندسی کنونی داریم تا بتوانیم از این مواد استفادهٔ عملی کنیم .در اینجا بحث لزوم ارتبـاط میـان مقیاسهای نانو تا میکرو و همچنین میکرو تا مـاکرو مطـرح مـی شـود؛ همچنـین لـزوم سـاخت دستگاههای منحصر بفردی برای اندازه گیری نیروهایی در اندازهٔ پیکونیوتن و دیدن و محاسـبه روی موادی به ابعاد نانومتر احساس می‌شود.

در سال ۱۹۹۱ کشف نانو لوله‌های کربنی توسط یک متخصـص ژاپنـی میکروسـکوپ‌هـای الکترونی، به نام سومنو ایجیمادر حالی که مشغول مطالعه نشست مواد بر روی کاتد بـه هنگـام ساخت فلورن‌ها به روش تبخیر یا قوس الکتریکی بود، صورت گرفت.

در سال ۱۹۹۳ نانو لوله‌های کربنی تک دیواره‌ای[۱] بطور همزمان ولی جداگانه توسط گـروه ایجیما و گروه دونالد بتون کشف شدند که پیشرفت بسیار بزرگـی در سـاخت نـانو لولـه‌هـای کربنی بوجود آوردند. در حالی که نانو لوله‌هـای کربنـی چنـد جـداره[۲] دارای قطـر داخلـی در محدوده ۱ تا ۸ نانومتر و قطر خارجی ۲ تا ۲۵ نانومتر هستند، نانو لوله‌های کربنی تـک جـداره از دیواره‌های استوانه‌ای گرافن به قطر ۱ تا ۲ نانومتر تشکیل می‌شوند.

نانولوله‌های نیترید بور[۳] در اواسط دهه ۹۰ میلادی کشف شد که خواص بسیار مشـابهی بـا نانولوله های کربنی دارند و دارای خواص با ارزشـی از جملـه گـپ بانـد عـریض ($5.5eV$)، مقاومت حرارتی بالا در مقابل اکسیژن ($>900^{\circ}C$) و پیزوالکتریک[۴] بودن می‌باشد. بر خلاف

۱.Single-Walled Carbon Nanotube(SWNTs)
۲.MWNTs
۳.boron nitride nanotubes(BNNTs)
4.piezoelectric

توجه بسیاری که هم از لحاظ تئوری و هم عملی به نانولوله‌های نیترید بور و خواص آنها انجام شده. در تئوری، محاسبات در سطح کوانتومی و اتمی برای بدست آوردن خواص استفاده می‌شود در حالی که مطالعات محدودی با استفاده از تئوری محیط پیوسته وجود دارد. یک صفحه نیترید بور، به عنوان یک نانولوله نیترید بور در نظر گرفته می‌شود هنگامی که شعاع آن نامحدود شود. در سال ۲۰۰۷ صالحی خوجین، کمانش نانولوله نیتریدبور تقویت شده توسط کامپوزیت زمینه پلیمری پیزوالکتریک تحت بارهای ترکیبی الکتروترمومکانیک بررسی شده و مدل موضعی پوسته برای نانولوله نیتریدبور در نظر گرفته شده است و اثر محیط الاستیک توسط فنرهایی سری و موازی در نظر گرفته شده‌اند. قربانپور و شمس کمانش مخزن استوانه ای جدار نازک پیزوالکتریکی پلیمری هوشمند تقویت شده توسط نانو لوله چند جداره نیترید بور تحت بار های الکتروترمومکانیک با تکیه گاه‌های ساده و گیردار در دو طرف به روش تحلیلی مورد بررسی قرار داده‌اند.

با توجه به اینکه در ابعاد نانو دیگر کرنش‌ها وابسته به تنش‌ها در همان نقاط نیستند، لذ این هدف را ایجاد کرد که به بررسی کمانش نانولوله نیتریدبور با استفاده از تئوری غیرموضعی پیزوالکتریسیته پرداخته شود. در این تحقیق نانولوله لوله‌های نیتریدبور توسط نانولوله‌های کربنی احاطه شده‌اند توسط مدل‌های وینکلر و پاسترناک به صورت ترم‌های وابسته به تغییر مکان خارجی ترین لایه وارد محاسبات می‌شوند. برای بررسی کمانش توسط مدل های تیر اویلر برنولی ، تیر تیموشنکو و مدل پوسته استفاده شده است.

۱-۳-ویژگی های نانو لوله ها

۱)اندازه بسیار کوچک (قطر کوچکتر از ۰/۴ نانومتر)

۲) حالت رسانا و نیمه‌رسانایی آن ها بر حسب شکل هندسی‌شان:

نانولوله‌ها بر حسب نحوه رول شدن صفحات گرافیتی سازندهٔشان به صورت رسانا یا نیمه‌رسانا در می‌آیند. به عبارت دیگر از آنجا که نانولوله‌ها در سطح مولکولی همچون یک

باریکه سیمی در هم تنیده به نظر می‌رسند اتم‌های کربن در قالب شش وجهی به یکدیگر متصل می‌شوند و این الگوهای شش وجهی دیواره‌های استوانه‌ای را تشکیل می‌دهند که اندازه آن تنها چند نانومتر می‌باشد. زاویه پیچش نوعی نانولوله، که به صورت زاویه بین محور الگوی شش وجهی آن و محور لوله تعریف می‌شود، رسانا یا نارسانا بودن را تعیین می‌کند. تحقیقات دیگری نیز نشان داده‌اند که تغییر شعاع نیز امکان بستن طول باند و عایق نمودن نانولوله فلزی را فراهم می‌کند. پس می‌توان گفت دو پارامتر اساسی که در این بین نقش اساسی بازی می‌کنند، یکی ساختار نانولوله و دیگری قطر و اندازه آن است. بررسی‌های دیگری نشان داده‌اند که خصوصیات الکتریکی نانولوله‌ها بسته به اینکه مولکول C۶۰ در کجا قرار داده شود از یک هادی به یک نیمه‌هادی و یا یک عایق قابل تغییر می‌باشد. از آنجایی که نانولوله‌های کربنی قادرند جریان الکتریسته را به وسیله انتقال بالستیک الکترون بدون اصطکاک از سطح خود عبور دهند– این جریان صد برابر بیشتر از جریانی است که از سیم مسی عبور می‌کند لذا نانولوله‌ها انتخاب ایده‌آلی برای بسیاری از کاربردهای میکروالکترونیک می‌باشند.

۳) برخورداری از خاصیت منحصر به فرد ترابری پرتابه‌ای

۴) قدرت رسانایی گرمایی خیلی بالا

۵) سطح جداره صاف یا قدرت تفکیک بالا:

سطح جداره صاف نانولوله‌ها باعث می‌شود که میزان عبور گاز از درون آن ها به مراتب بیشتر از غشاهای میکروحفره‌ای معمولی که در جداسازی گازها مورد استفاده قرار می‌گیرند باشد. لذا می‌توان گازهایی مانند هیدروژن و دی‌اکسیدکربن را با هدایت در نانولوله از هم جدا کرد. این که آیا نانولوله‌ها واقعاً می‌توانند در خارج از آزمایشگاه نیز گازها را به طور انتخابی از خود عبور دهند یا نه باعث شده که امیدهای زیادی به تولید هیدروژن و نیتروژن از هوا باشد.

۶) بروز خواص الکتریکی و مکانیکی منحصر به فرد در طول آن ها