دانشگاه مازندران

دانشکده علوم پایه

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد در رشته فیزیک گرایش حالت جامد

موضوع:

خصوصیت یابی نانو ذرات فلزی به کمک پراکندگی موج سطحی

استاد راهنما:

دکترعلی اصغر حسینی

استاد مشاور:

دکتر جعفر صادقی

نام دانشجو:

حامد قربانپور

بهمن ماه 1390

بسم الله الرحمن الرحيم

تشکر و قدردانی:

در ابتدا لازم می دانم از استاد راهنمای خود آقای دکتر علی اصغر حسینی عضو هیئت علمی گروه فیزیک دانشگاه مازندران بخاطر کمک های علمی و دلسوزانه در هدایت علمی این پروژه، تهیه تمامی امکانات لازم جهت اجرای آن تشکر و سپاس لازم داشته باشم.

در ضمن لازم می دانم از استاد مشاور خود آقای دکتر جعفر صادقی عضو هیئت علمی گروه فیزیک دانشگاه مازندران کمال تشکر را داشته باشم.

از کلیه دوستان و دانشجویان گروه تحقیقاتی آزمایشگاه فناوری نانو بخاطر کمک های مختلف خود کمال تشکر را دارم.

در پایان لازم می دانم سپاس و قدردانی ویژه ام را به خانواده محترم خود تقدیم نمایم که در این دوره همواره مشوق من بوده و تمامی سختی های آن را به جان خریدند.

چکیده:

در این پایان نامه تمام معادلات ریاضی مربوط به پراکندگی نور از ذرات با ابعاد نانو را در نزدیکی یک فیلم نازک مورد بررسی قرار دادیم. مهم ترین شرط در اینجا این است که طول موج نور مرئی به مراتب بزرگ تر از ابعاد نانوذرات است، در نتیجه، ابتدا بردارهای هارمونیک کروی (M,N) را با معادلات ماکسول بررسی کرده، سپس ضرائب میدان الکتریکی فرودی و پراکنده را محاسبه نمودیم و برای این کار از ماتریسTبهره بردیم. از آنجا میدان های الکتریکی فرودی و پراکنده را بدست آورده و توانستیم با استفاده از یک رابطه خطی ماتریسی عناصر ماتریس دامنه پراکندگی را در دور میدان محاسبه کنیم و سپس با اعمال یک سری شرایط مرزی خاص برای کره همگن عناصر ماتریس دامنه پراکندگی را برای محیط های مختلف بدست آوریم. این شرایط مرزی خاص شامل یک سری روش های مجانبی، شرط مرزی کره کوچک که توسط ریلی ارائه شده بود و همچنین شرط مرزی مای بود. همانطور که می دانیم شرایط مرزی مای اینچنین نتیجه می دهد که ($S_4 = 0$ وS_3). در ضمن با استفاده از عناصر ماتریس دامنه پراکندگی، ماتریس پراکندگی مولر را بدست آورده و از آنجا بردارهای استوکس و سطح مقطع ها را مورد بررسی قرار دادیم.

واژه های کلیدی:

معادلات ماکسول، خصوصیت یابی نانو ذرات، پراکندگی نور، ماتریس T، ماتریس دامنه پراکندگی و ماتریس پراکندگی مولر.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول- مقدمه ای بر نانو فناوری

1-1- مقدمه 1

1-2- نانو 2

1-3- قدمت تاریخی 3

1-4- سیر تاریخی شناخت و پیشرفت نانو فناوری 5

1-5- کاربرد های فناوری نانو 8

1-6- نانو ذرات 9

1-6-1- نانو ذرات نیمه رسانا(نقاط کوانتمی) 10

1-6-2- نانو ذرات سرامیکی 11

1-6-3- نانو ذرات فلزی 12

1-7- شیوه های متداول برای تولید نانو ذرات 13

1-7-1- چگالش بخار 13

1-7-2- سنتز شیمیایی 14

1-7-3- فرآیند های حالت جامد 15

1-7- فرآیند های فوق بحرانی 15

1-8-1- فرآیند انبساط سریع از محلول فوق بحرانی 16

1-8-2- فرآیند ذرات از محلول گاز اشباع 17

1-8-3- فرآیندهای GAS,SAS,PCA 18

1-9- برخی از تکنیک های مورد استفاده در مطالعه مواد نانو مقیاس 21

فصل دوم- خصوصیت یابی ذرات

2-1- پایه فیزیکی جذب و پراکندگی 27

2-2- پراکندگی توسط نوسانات و ذرات 28

2-2-1- فیزیک پراکندگی توسط یک ذره منفرد 34

2-2-2- فیزیک پراکندگی توسط مجموعه ای از ذرات 36

2-3- پراکندگی و جذب توسط ذرات کوچک 42

2-4- پراکندگی منفرد، چندگانه و وابسته 45

2-5- روش های دیگر موجود برای مدل سازی پراکندگی توسط ذرات کوچک 46

2-5-1- روش های تحلیلی 46

2-5-1-1- روش جداسازی متغیر ها 46

2-5-2- روش دیفرانسیلی 47

2-5-2-1- روش المان محدود 47

2-5-2-2- روش تفاضل متناهی دامنه زمان 48

2-5-2-3- روش تطبیق نقطه ای 49

2-5-2-4- روش معادله انتگرالی 49

2-5-2-5- روش گشتاور ها 50

2-5-2-6- روش تقریب گسسته دو قطبی 50

2-5-2-7- روش معادله انتگرالی فردهلم 51

2-5-2-8- روش انطباق 52

2-5-2-9- روش ماتریس T 52

2-6- مسائل مستقیم و معکوس 53

فصل سوم - پراکندگی نور از سطح ذرات روی لایه ها

3-1- مدل های محاسباتی 58

3-1-1- مدل برهمکنش دوگانه 58

3-1-2- تئوری انقراض(خاموشی) 60

3-1-3- روش تصویری 60

3-1-4- مدل ترسیم پرتوی 61

3-2- روش های تجربی 61

3-2-1- اندازه گیری بیضوی 62

3-2-2- بازتابش پلاسمون سطحی 63

3-2-3- پراکندگی پلاسمون های سطحی 64

فصل 4 - چارچوب تئوری خصوصیت یابی نانو ذرات از طریق پراکندگی موج سطحی

4-1- معادلات ماکسول 65

4-1-1- معادله موج الکترومغناطیسی و حل مربوط به آن 67

4-2- محاسبه میدان الکتریکی فرودی و پراکندگی 70

4-2-1- محاسبه ضرایب عبوری و انعکاسی فرنل 73

4-3- محاسبه عناصر ماتریس دامنه پراکندگی در دور میدان 80

4-4- محاسبه عناصر ماتریس دامنه پراکندگی در دور میدان با استفاده از یک سری

روش های مجانبی 86

4-4-1- ناپدید شدن سطح 86

4-4-2- فاصله جدایی بزرگ بین کره و سطح زیرینش 89

4-5- محاسبه عناصر ماتریس دامنه پراکندگی با استفاده از شرط مرزی مای 92

4-6- کره کوچک 99

4-7- محاسبه عناصر ماتریس پراکندگی در دور میدان و ارتباط آن با پارامتر های

استوکس 103

4-8- ماتریس فاز 110

4-9- بازده ها و سطح مقطع های مای 111

فصل 5 - نتیجه گیری و کارهای آینده

5-1- نتیجه گیری 114

5-2- کارهای آینده 115

منابع و مراجع 117

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

فصل اول – مقدمه ای بر نانوفناوری

شکل 1-1 . مقایسه ابعاد نانو کریستال ها با باکتری ها، ویروس ها و مولکول ها 3

شکل 1-2 . نمایی از دستگاه RESS 17

شکل 1-3 . نمایی از دستگاه PGSS 18

شکل 1-4 . نمایی از فرآیند PSA/SAS 19

شکل 1-5 . نمایی از فرآیند GAS 19

شکل 1-6 . تصویر SEM نایلون تولید شده توسط روش SAS با استفاده از اسید فرمیک به عنوان حلال 20

شکل 1-7 . نمایی از دستگاه SEM و مخزن نیتروژن در پشت آن 22

شکل 1-8 . نمایی از دستگاه STM 24

شکل 1-9 . نمایی از دستگاه TEM 25

فصل دوم- خصوصیت یابی ذرات

شکل 2-1 . پراکندگی توسط یک مانع 28

شکل 2-2 . انعکاس و شکست نور در اثر برخورد با سطح رابط مسطح 30

شکل 2-3 . برهمکنش نور با یک ذره منفرد 33

شکل 2-4 . میدان پراکنده کل در نقطه p ناشی از تمامی موجک‌های پراکنده شده توسط محیطی که ذره در آن تقسیم بندی می‌شود 34

شکل 2-5 . پراکندگی نور توسط دو قطبی لحظه‌ای ناشی از موج الکترو مغناطیسی فرودی را نشان می‌دهد 38

شکل 2-6 . مختصات هندسی برای پراکندگی مای و ریلی 40

شکل 2-7 . طیف های الکترومغناطیسی 44

شکل 2-8 . طرحی از پراکندگی و جذب موج فرودی توسط یک ذره 45

فصل سوم- پراکندگی نور از سطح ذرات روی لایه ها

شکل 3-1 . طرحی از مدل برهمکنش دوگانه 59

شکل 3-2 . نمایی از تکنیک اندازه گیری بیضوی 62

شکل 3-3 . نمایی از تکنیک بازتابش پلاسمون سطحی 63

شکل 3-4 . نمایی از تکنیک پراکندگی پلاسمون سطحی 64

فصل 4 - چارچوب تئوری خصوصیت یابی نانو ذرات از طریق پراکندگی موج سطحی

شکل 4-1 . طرحی از رفتار موج گونه میدان های الکتریکی و مغناطیسی 66

شکل 4-2 . طرحی از سیستم پراکندگی فیزیکی موردنظر 71

لیست علائم و اختصارات

Poss	سیلسزکیوکسان های الیگومریک چند وجهی (Polyhedral Oligomeric SilSesquioxane)
CVD	نهشت بخار شیمیایی (Chemical Vapor Deposition)
RESS	**انبساط سریع محلول فوق بحرانی**(rapid expansion of supercritical solution)
PGSS	ذره بدست آمده از محلول اشباع گازی (Particle from Gas Saturated Solution)
SAS	غیر حلال فوق بحرانی (Supercritical Anti Solvent)
PCA	**اصل آنالیز جزئی**(principal component analysis)
SEM	میکروسکوپ الکترونی روبشی (Scanning Electron Microscope)
STM	میکروسکوپ روبشی تونل زنی (Scanning Tunnling Microscopy)
AFM	میکروسکوپ نیروی اتمی (Atomic Force Microscopy)
TEM	میکروسکوپ الکترونی عبوری (Transmission Electron Microscopy)
VSWF	تابع موج کروی برداری (Vector Spherical Wave Function)
T- MATRIX	ماتریس انتقال (transition matrix)
TE	عرضی الکتریکی (Transverse Electric)
TM	عرضی مغناطیسی (Transverse Magnetic)

فصل اول

مقدمه‌ای بر نانو فناوری

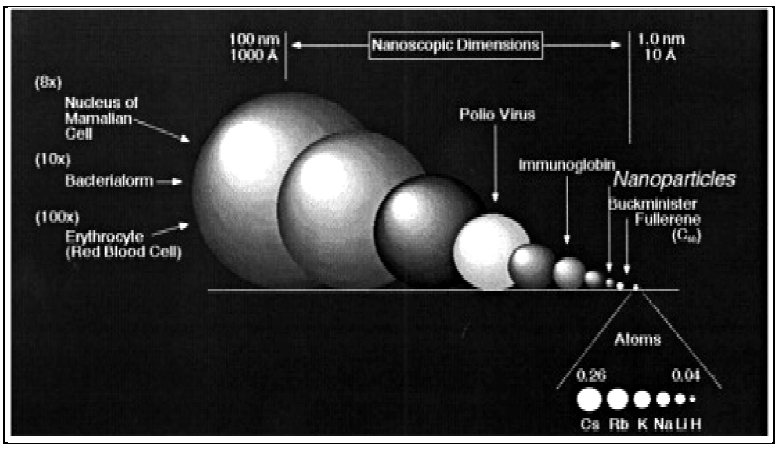
1-1- مقدمه

مروری بر روند جهت گیری نوع پروژه های پژوهشی بخصوص در زمینه علوم مواد درطول دهه های اخیر نشان می دهد که از سال های پایانی دهه نهم قرن بیستم میلادی دانشمندان توجه خود را بر روی فناوری جدیدی که به عقیده آن‌ها باعث بروز تحول جهشی جدیدی در مسیر تکاملی زندگی بشر شده و آنچنان تاثیری بر روند تولید علم خواهد گذاشت که شناخت ترانزیستور در متحول کردن علم الکترونیک و خلق فناوری میکرو الکترونیک ایجاد کرد، معطوف کرده اند. این فناوری جدید نانو فناوری نام دارد، اگر چه این فناوری دارای قدمتی بیش از 2-3 دهه نیست، با این حال به دلیل تأثیرات مهمی که در طول یک دهه گذشته بر فعالیت های پژوهشی و ارتقاء تولید گذاشته، جای خود را در میان کلیه شاخه های علوم، اعم از صنایع گوناگون، پزشکی و داروئی، انرژی، مواد...، محیط زیست و حتی علم اقتصاد کلان جوامع باز کرده بطوری که می رود تا به عنوان فناوری غالب وموثر در تولید، بهینه سازی، کارائی و ارتقاء کیفیت و احتمالاً دارای ویژگی هایی با کمترین اثرات مخرب زیست محیطی در دهه های آینده در خدمت بشریت قرار گیرد (البته به شرط آنکه در مورد تبعات ناشی از سوء استفاده از پتانسیل های آن توسط عوامل ضد بشری و سلطه جو مانند عواقب ناشی از سوء استفاده از توانائی های دینامیت در دو قرن پیش و علوم هسته ای در اوایل وعلم ارتباطات نوین در اواخر قرن گذشته که در خدمت برخی قدرت های تمامیت خواه قرار گرفت و اثرات منفی ناشی از آن هنوز بخوبی مشهود است ، عمیقا اندیشیده شود). شواهد نشان می دهد که این فناوری در

طول فقط یکی دودهه از ظهورش اثرات مثبت خود را بر روی تمامی بخش‌های صنعتی جامعه به جا گذاشته بطوریکه امروزه، به عنوان فناوری که می‌توان برای تمامی مقاصد از آن استفاده کرد یاد می‌شود. بطور خلاصه هدف بشر از بکار گیری نانو فناوری این است که می‌خواهد محصولاتی با قابلیت کنترل و اندازه گیری دقیق‌تر، کارائی بیشتر و دارای ابعاد کوچک‌تر به منظور کاهش در هزینه های تولید مصنوعات مورد استفاده روزمره وصرفه جوئی در مصرف منابع طبیعی که متعلق به همه نسل های آینده است (همچون انرژی)، و همچنین تسریع در امر ارتباطات و اطلاع رسانی ، ارتقاء کیفیت لوازم پزشکی وداروورسان ها، افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی ودر کل تمامی مسائلی که در زندگی بشر و محیط زیست تأثیر گذار بوده و باعث بالا رفتن کیفیت زندگی بشر می شود، تولید کند که این خود گامی بزرگ وتعین کننده در جهت حفاظت هرچه بهتر از تنها سیاره قابل زیست در جهان یعنی زمین می‌باشد.

1-2- نانو

نانو یک کلمه یونانی و به معنی کوتوله می‌باشد. از لحاظ علم مقیاس می‌توان نانو را معادل (10^{-9}) یا یک میلیاردم چیزی دانست. یک نانومتر معادل یک هزارم میکرون یا یک میلیونیوم میلی متر است که حدود 10 برابر بزرگتر از اندازه اتم کوچکی مثل هیدروژن می‌باشد. در همین راستا علم نانو را می‌توان بسط علم به دنیای بسیار کوچک دانست زیرا می‌تواند تمامی بخش‌های تکنولوژی را به دنیای واقعی کوچک‌ترین‌ها ببرد.


100 nm
1000 Å
Nanoscopic Dimensions
1.0 nm
10 Å
(8x)
Nucleus of
Mamalian
Cell
(10x)
Bacterialorm
(100x)
Erythrocyle
(Red Blood Cell)
Polio Virus
Immunoglobin
Nanoparticles
Buckminister
Fullerene
(C60)
Atoms
0.26
0.04
Cs Rb K Na Li H

صدف دریایی که یک جانور نرم تن است، پوسته‌هایی بسیار محکم با سطوح داخلی رنگارنگ دارد، که به وسیله قرار دادن کربنات کلسیم در قطعه‌های نانو ساختار محکمی که با کمک چسبی ساخته شده از مخلوط کربوهیدرات – پروتئین به هم متصل می‌شوند، شکل می‌گیرند. به دلیل وجود قطعه‌های نانو ساختار، شکاف‌هایی که در سطح خارجی ایجاد می‌شوند، به درون پوسته نفوذ نمی‌کنند. توانایی این پوسته‌ها در جلوگیری از نفوذ شکاف به ساختار داخلی دلیلی بر استحکام ساختارهای نانو است.

دانشمندان در موسسه فناوری ماسوچوست راز استحکام بسیار بالای نخ‌های ابریشم را کشف کردند. نخ‌های ابریشم از پروتئین‌هایی ساخته شده‌اند که بعضی از آن‌ها نانو بلورهای مسطح نازکی معروف به صفحات بتا را تشکیل می‌دهند. این صفحات با پیوندهای هیدروژنی بهم متصل شده‌اند. در بیشتر مواد (برای مثال سرامیک‌ها) استحکام بالا همراه با شکنندگی است، اما در نخ ابریشم این طور نیست. یافته‌های این محققان نشان می‌دهد که اجزای سازنده نخ ابریشم (نانو بلورهای بتا صفحه‌ای) در ساختارهای فیبر شکل، مرتب می‌شوند. این هندسه‌ی ویژه از نانو بلورهای نخ ابریشم، این امکان را فراهم می کند که پیوندهای هیدروژنی به صورت یکپارچه عمل کرده و زنجیره‌های مجاور همدیگر را در مقابل نیروهای خارجی تقویت کنند و این دلیلی است که باعث استحکام بالای نخ ابریشم، بدون خاصیت شکنندگی می‌شود.

یکی دیگر از یافته‌های جالب این تحقیق این است که خواص نخ ابریشم شدیداً وابسته به اندازه‌ی دقیق این نانو بلوک های بتا صفحه‌ای می‌باشد. هنگامی که اندازه این نانو بلوک ما سه نانومتر است، این مواد بسیار مستحکم هستند. ولی اگر این نانوبلورک ها تا پنج نانومتر رشد کنند، پیوند در این مواد ضعیف و ساختار آن‌ها شکننده می‌شود. مشخص نیست که بشر از چه هنگام به مزیت استفاده از موادی با اندازه‌ای از مرتبه نانو پی برده است. مشهور است که در قرن چهارم میلادی، شیشه سازان رومی شیشه‌هایی می‌ساختند که حاوی فلزاتی با اندازه‌ای از مرتبهٔ نانو بوده است. تنوع زیاد رنگ‌های زیبای پنجره‌های کلیساهای جامع مربوط به قرون وسطی نیز به سبب وجود نانو ذرات فلز درون شیشه آن‌هاست [1].

1-4- سیر تاریخی شناخت و پیشرفت نانو فناوری

وی یکی از بزرگان فیزیک نظری زمان خود تلقی می‌شد. در سال 1960، او در گردهمایی انجمن فیزیک آمریکا یک سخنرانی نظری و پیش‌گویانه ایراد کرد، که در آن فرضیه‌ای راجع به توانایی‌های موادی با مقیاس نانو مطرح شده بود. فاینمن پیشنهاد کرده بود که اتم‌های منفرد برای ساختن ساختارهای کوچک جدیدی که خواص بسیار متفاوتی دارند، به کار برده شوند. هم اکنون این پیشنهاد با استفاده از میکروسکوپ تونل زنی روبشی انجام شده است.

فاینمن ساختار مدارهایی در مقیاس نانو را که می‌توانند به عنوان عنصری در رایانه‌های قوی‌تر مورد استفاده قرار گیرند، تصور کرده بود. او مانند بسیاری از محققان فعلی نانو فناوری، وجود نانو ساختارها را در سامانه‌های زیستی تشخیص داده بود. تعداد زیادی از فرضیات فاینمن واقعیت یافته است، اما تفکرات او به وسیله دانشمندان هم عصرش جدی گرفته نشد.

اگر چه فاینمن سخنرانی نظری‌اش را در سال 1960 ارائه کرد. فعالیت‌های تجربی روی ذرات ریز فلزی در دهه‌های 1950 و 1960 وجود داشت. در آن زمان به این فعالیت‌ها نانو فناوری نمی‌گفتند و تعداد این آزمایش‌ها هم انگشت شمار بود. مطالعه روی شاره های مغناطیسی که «فرو شاره» نامیده می‌شوند، در دهه 1960 آغاز شد. این شاره‌ها حاوی ذراتی مغناطیسی با اندازه‌ای از مرتبه‌ی نانومتر بودند که در مایعی پراکنده شده بودند. فروشاره‌ها خواص و کاربردهای جالبی دارند. در اوایل دهه 1970، گروهی در آزمایشگاه آی بی‌ام[1] اولین چاه‌های کوانتومی[2] دو بعدی را ساختند. این کار سرآغاز به وجود آمدن نقطه‌ی کوانتومی[3] بدون بعد بود که هم اکنون یکی از تکامل یافته تر ین نانو فناوری‌ها با کاربردهای تجاری است. عبارت نانو فناوری اولین بار توسط دانشمند ژاپنی نوریو تانیگوچی[4] در 1974 برای محصولاتی که ابعاد آن‌ها در حد نانو متر بود استفاده شد.

[1] . International Business Machines(IBM)
[2] . Quantum Well
[3] . Quantum Dot
[4] . Norio Taniguchi