

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



آشكادهكاشان

پژوهشكده علوم و فناورى نانو

پايان نامه جهت اخذ درجه كارشناسى ارشد

در رشته: علوم و فناورى نانو

عنوان:

مطالعه اثر پارامترهاى الكتروانباشت نامتقارن بر درصد تركيبى، ميكروساختار و

خواص مغناطيسى نانوسيمهاى كبات - مس

استاد راهنما:

دكتر محمد الماسى كاشى

استاد مشاور:

دكتر عبدالعلى رمضانى

به وسيله:

زهرا حيدرى

مهر ماه 1388

چکیده

آرایه‌های نانوسیم‌های مغناطیسی الکتروانباشت شده در قالب‌های نانوحفره‌دار توجه و تلاش‌های تحقیقاتی بسیار زیادی را در دهه‌های اخیر به خود جلب کرده‌اند. نانوسیم‌های Co کاربرد مؤثری در دستگاه‌های ثبت مغناطیسی عمودی دارند. هرچند، وادارندگی بسیار زیاد آن‌ها برای استفاده در این دستگاه‌ها نامطلوب می‌باشد. بنا براین، این مورد چالشی برای محققان است تا وادارندگی آرایه‌های Co را کاهش دهند بطوریکه برای دستگاه‌های ثبت مغناطیسی قابل استفاده باشند. اضافه کردن یک ماده‌ی غیرمغناطیسی مثل Cu، Ag، Pd، Cr و Pt به آرایه‌ی مغناطیسی می‌تواند روش خوبی برای تنظیم خواص مغناطیسی آرایه باشد. ما نیز در این پروژه برآن بودیم تا با ساخت نانوسیم‌های کبالت-مس و بررسی خواص مغناطیسی آن‌ها سهم ناچیزی در راستای پیشبرد این هدف داشته باشیم. بنابراین، اقدام به تولید آرایه‌ی نانوسیم‌های آلیاژی کبالت-مس درون قالب اکسید آلومینای حفره دار با روش الکتروانباشت متناوب نمودیم. در این کار اثر شرایط ساخت نظیر فرکانس و ولتاژ بر چگونگی انباشت مس و کبالت و همچنین اثر تابکاری و اثر درصد آلیاژی ماده غیرمغناطیسی مس بر میکروساختار و خواص مغناطیسی نانوسیم‌ها الکتروانباشت شده را مطالعه کردیم. نمونه‌های ساخته شده به این روش را با استفاده از مغناطوسنج گرادیان نیروی اتمی (AGFM)، XRD و EDS آنالیز کردیم. آنگاه با محاسبه و مقایسه‌ی کمیت‌هایی نظیر وادارندگی، نسبت مربعی به تحلیل روندهای حاکم و تعیین شرایط لازم جهت بهینه سازی خواص مغناطیسی پرداختیم.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول
2	مقدمه
۳	۱-۱- نانوسیم ها
5	2-1- کاربرد نانوسیم ها
5	1-2-1- نانوسیم ها به عنوان نانوالکتروود
۶	۱-۲-۲- تئوری GMR
8	3-1- مغناطیس
8	۱-3-1- طبقه بندی مواد مغناطیسی
8	۱-3-1-۱- منشأ مغناطیس در مقیاس اتمی
12	2-3-1- حوزه های مغناطیسی
13	3-3-1- ویژگی های مغناطیسی آرایه های نانوسیم ها
14	4-3-1- اهمیت تکانه ی زاویه ای
16	1-4-3-1- ناهمسانگردی بلوری
	4-1- گزارش تحقیقات انجام شده در زمینه ساخت و بررسی خواص مغناطیسی و ساختاری
۱۸	نانوسیم های مغناطیسی
	۱-۴-۱- ساختار خواص مغناطیسی آرایه های نانوسیم های شبه پایدار Co-Cu ساخته
18	شده به روش الکتروانباشت [34]
	۱-۴-۲- ساخت و بررسی ناهمسانگردی مغناطیسی آرایه های چندلایه های نانوسیم
۲۲	[35]Co/Cu
	۱-۴-۳- بررسی خواص مغناطیسی و مغناطشی آرایه های نانوسیم های CoPt [36]
25	

.....[37] Co _{1-x} -Cr _x الکتروانباشته‌ی	۴-۴-۱
29.....	
Co-Pb 20nm نانوسیم‌های آرایه‌های	۴-۴-۵
33..... [38]	
37.....[39]Co _{1-x} Cu _x نانوسیم‌های	۴-۴-۶
و آرایش فضایی بر وادارندگی	
نانوسیم‌های CoPt و FePt در قالب‌های	۴-۴-۷
آلومینای حفره‌دار [40].....	۳۹
تولید و بررسی خواص مغناطیسی آرایه‌های نانوسیم آمورف NiP و [41]CoP ..	۴-۴-۸
42.....	
ساخت و بررسی خواص مغناطیسی آرایه‌های نانوسیم‌های Co _x Pt _{1-x} [42].....	۴-۴-۹
44.....	

فصل دوم

51.....	مقدمه
52.....	1-2- ساخت آرایه‌ی نانوسیم ها
52.....	1-1-2- آندایز آلومینیوم
56.....	2-1-2- ساختار کلی اکسید آلومینا
69.....	3-1-2- ساخت حفره‌ها درون فیلم اکسید آلومینیم
72.....	4-1-2- افزایش قطر حفره ها
73.....	5-1-2- ساختار و نازک‌سازی لایه‌ی سدی
75.....	6-1-2- آماده‌سازی بستر پیش از آندایز
76.....	2-2- پر کردن قالب
77.....	1-2-2- انباشت الکتروشیمیایی بوسیله‌ی ولتاژ مستقیم
78.....	2-2-2- الکتروانباشت با ولتاژ متناوب
79.....	3-2-2- الکتروانباشت با ولتاژ پالسی
80.....	4-2-2- انباشت غیرالکتریکی

83.....	مقدمه
83.....	1-3- ساخت نانوسیم های آلیاژی Co-Cu
83.....	1-1-3- تهیهی قالب اکسید آلومینا با روش آندایز دومرحله ای
83.....	1-1-1-3- مراحل پیش از آندایز
85.....	2-1-1-3- آندایز مرحله اول
86.....	3-1-1-3- آندایز مرحله دوم
89.....	4-1-1-3- نازک سازی قالب آلومینا
91.....	2-1-3- الکتروانباشت متناوب اتمهای کبالت و مس درون حفرهها
	1-2-1-3- اقدامات انجام شده به منظور حذف عوامل اضافی و بررسی اثر
94.....	پارامترهای خاص
95.....	3-1-3- فهرست نمونههای ساخته شده
96.....	4-1-3- بحث و بررسی در مورد نتایج بدست آمده
96.....	1-4-1-3- اثر فرکانس روی خواص مغناطیسی
100.....	2-4-1-3- اثر غلظت مس نسبت به غلظت کبالت
104.....	5-1-3- تابکاری نمونهها
109.....	6-1-3- آماده سازی نمونهها برای آنالیز EDS و XRD
109.....	2-3- آنالیزهای انجام شده
109.....	1-2-3- آنالیز EDS
111.....	2-2-3- آنالیز XRD
114.....	نتیجه گیری
116.....	مراجع

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
فصل اول	
شکل 1-1. مقایسه‌ی طول‌های مختلف	3
شکل 1-2. اتصالات CPP-GMR. [23]	6
شکل 1-3. رابطه‌ی خطی بین مغناطش و شدت میدان مغناطیسی اعمال شده در مواد دیامغناطیس. [26]	10
شکل 1-4. قانون کوری - ویس پارامغناطیس، پذیرفتاری با دمای مطلق نسبت عکس دارد. [27]	11
شکل 1-5. تغییر پذیرفتاری با دما برای یک ماده‌ی آنتی فرومغناطیس. [27]	11
شکل 1-6. ترتیب گشتاورهای اتمی مجزا انرژی مغناطوستاتیک را با ایجاد یک میدان مغناطیسی خارجی بزرگ افزایش می‌دهد. [27]	12
شکل 1-7. تقسیم حوزه‌های مغناطیسی با مغنطش پادموازی انرژی مغناطوستاتیک را کاهش می‌دهد. یک دیواره‌ی حوزه بین حوزه‌ها تشکیل می‌شود. [27]	13
شکل 1-8. الگوی XRD آرایه‌ی نانوسیم‌های Co_xCu_{1-x}	19
شکل 1-9. وابستگی پارامترهای شبکه به غلظت Co در نانوسیم‌های Co_xCu_{1-x}	19
شکل 1-10. الگوهای XRD (a) آرایه‌ی نانوسیم $Co_{55}Cu_{45}$ ، و آرایه‌ی نانوسیم $Co_{55}Cu_{45}$ تابکاری شده در $450^{\circ}C$ (b)، $550^{\circ}C$ (c)، $650^{\circ}C$ (d)، $700^{\circ}C$ (e)	20
شکل 1-11. وادارندگی‌ها برای آرایه‌ی نانوسیم $Co_{55}Cu_{45}$ تابکاری شده در دماهای مختلف با میدان اعمالی موازی با نانوسیم،	20
شکل 1-12. وادارندگی‌ها برای آرایه‌های نانوسیم Co_xCu_{1-x} انباشته شده (▲) و نمونه‌های تابکاری شده در $700^{\circ}C$ (●) به صورت تابعی از غلظت Co با میدان اعمالی موازی با محور نانوسیم.	21

- شکل 1-13. چندلایه‌های الکتروانباشت شده‌ی Co-Cu/Cu انباشته شده در قالب‌های AAO: (a) تصویر TEM، و (b) و (c) به ترتیب نقشه‌ی عناصر Co و Cu می‌باشند.....22
- شکل 1-14. تغییرات ضخامت لایه‌های Co و Cu نسبت به زمان پالس Cu در حالیکه شرایط انباشت Co ثابت می‌باشد.....23
- شکل 1-15. آنالیزهای XRD آرایه‌ی نانوسیم چندلایه‌ی Co/Cu که ضخامت لایه‌های Co و Cu به ترتیب، 148 و 80 nm می‌باشد.....24
- شکل 1-16. حلقه‌های پسماند Co(a) و (b) آرایه‌های نانوسیم‌های چندلایه‌ی Co/Cu. قطر و طول به ترتیب، 200nm و 20µm هستند.....24
- شکل 1-17. تصاویر TEM نانوسیم‌های CoPt با قطرهای (a) 200nm و (b) 40nm. (c) تصویر SEM قالب AAO با قطری در حدود 40 nm. (d) تصویر SEM نانوسیم‌های CoPt در قالب آلومینا.....25
- شکل 1-18. الگوی XRD نانوسیم‌های CoPt نظم‌یافته در قالب‌های AAO با قطرهای، (a) 40 و (b) 200nm.....26
- شکل 1-19. منحنی‌های M-H برای آرایه‌های نانوسیمی CoPt با قطر (a) 40 و (b) 200nm (f-d) اندازه‌گیری شده در 5 و 300K.....27
- شکل 1-20. منحنی‌های M-H برای آرایه‌های نانوسیمی CoPt با قطر (a) 40 و (b) 200nm (c و d) اندازه‌گیری شده در 5 و 300K.....28
- شکل 1-21. وابستگی دمایی وادارندگی برای آرایه‌های نانوسیمی CoPt با قطرهای، (a) 40 و (b) 200nm اندازه‌گیری شده با میدان موازی و عمود به نانوسیم‌ها.....28
- شکل 1-22. ترکیب شیمیایی نانوسیم‌های جدا از هم. Co خالص تقریباً در 1/0V - انباشته می‌شود، در حالیکه فراتر از 3/5V - انباشت‌ها آلیاژی با تقریباً 93% Cr و 7% Co هستند.....29
- شکل 1-23. تصویر SEM از سطح مقطع نانوسیم Co₈₀Cr₂₀ با قطر 200nm الکتروانباشت شده در قالب آلومینا(a)، تصویر SEM نانوسیم آلیاژی Co₈₀Cr₂₀ با قطر 200nm جدا شده از قالب آلومینا(b).....30

- شکل 1-24. الگوی XRD برای نانوسیم‌های $\text{Co}_{80}\text{Cr}_{20}$ انباشته شده در $-2/8 \text{ V}$ (a) تابکاری شده در اتمسفر هیدروژندر (b) 550°C ، (c) 600°C ، (d) 650°C ، (e) 700°C و (f) 800°C به مدت 40 دقیقه. (●) CoCr تتراگونال و (o) انعکاس‌های Cr..... 31
- شکل 1-25. اندازه‌گیری مغناطش در دمای اتاق از آرایه‌های نانوسیم‌های $\text{Co}_{80}\text{Cr}_{20}$ تابکاری شده در 650°C در خلاء ب مدت 40 دقیقه (a)، و اتمسفر هیدروژن (b)..... 32
- شکل 1-26. مقایسه‌ی (a) میدان وادارندگی ($\mu_0 H_c$) و (b) نسبت مربعی نانوسیم‌های تابکاری شده در خلاء و هیدروژن به مدت 40 دقیقه در دماهای مختلف..... 33
- شکل 1-27. تغییر میدان وادارندگی بصورت تابعی از پتانسیل انباشت بعد از تابکاری در خلاء و هیدروژن به مدت 40 دقیقه در دمای 650°C 33
- شکل 1-28. تصاویر TEM نانوسیم‌های Co-Pb با قطر میانگینی در حدود 20nm (a)؛ نانوسیم‌های Co-Pb با نقشه‌ای از الگوی SAED بدست آمده از این نانوسیم‌ها؛ (b) نانوسیم‌های Co-Pb نظم‌یافته..... 34
- شکل 1-29. الگوی XRD نمونه‌های تابکاری شده در 700°C به مدت 30 دقیقه: (a) Co؛ (b) $\text{Co}_{82}\text{Pb}_{18}$ ؛ (c) $\text{Co}_{48}\text{Pb}_{52}$ 35
- شکل 1-30. حلقه‌های پسماند نانوسیم‌های Co (a)؛ آرایه‌های نانوسیم $\text{Co}_{48}\text{Pb}_{52}$ (b) اندازه‌گیری شده در یک میدان مغناطیسی موازی و عمود با محور نانوسیم‌ها..... 36
- شکل 1-31. حلقه‌های پسماند نمونه‌های قبل (a) و بعد (b) از تابکاری اندازه‌گیری شده در یک میدان مغناطیسی موازی با محور نانوسیم‌ها..... 36
- شکل 1-32. حلقه‌های پسماند (a) تجربی، (b) شبیه‌سازی نانوسیم‌های Co با $d_w=30 \text{ nm}$ به ترتیب برای زوایای 0، 30، 60 و 90 درجه..... 38
- شکل 1-33. وابستگی زاویه‌ای وادارندگی برای نانوسیم‌های Co (a) و نانوسیم $\text{Co}_{0.77}\text{Cu}_{0.23}$ (b)، به ترتیب با قطر 20، 30 و 40nm..... 38

- شکل 1-34. الگوهای XRD (a) آرایه‌ی نانوسیم‌های CoPt قبل از تابکاری و (b) بعد از تابکاری. 40.....
- شکل 1-35. میکروگراف‌های TEM نانوسیم‌های جدا شده قبل (a) و بعد از تابکاری (c). الگوهای SAED مطابق با آن (b) و (d). 41.....
- شکل 1-36. منحنی‌های مغناطیسی بدست آمده در دمای اتاق با میدان مغناطیسی اعمالی موازی و عمود به محور نانوسیم‌ها برای (a) نمونه‌ی $\text{Co}_{0.48}\text{Pt}_{0.52}$ در قالب c و (b) نمونه‌ی $\text{Co}_{0.42}\text{Pt}_{0.58}$ در قالب HM. 41.....
- شکل 1-37. نمونه‌های تابکاری شده در 700°C : منحنی‌های مغناطیسی بدست آمده در دمای اتاق با میدان مغناطیسی اعمالی موازی و عمود به محور نانوسیم‌ها برای (a) نمونه‌ی $\text{Co}_{0.48}\text{Pt}_{0.52}$ در قالب c و (b) نمونه‌ی $\text{Co}_{0.42}\text{Pt}_{0.58}$ در قالب HM. 42.....
- شکل 1-38. میکروگراف SEM آرایه‌های نانوسیم‌های الکتروانباشت شده‌ی $\text{Co}_{80}\text{P}_{20}$ با قطرهایی در حدود 200nm. 43.....
- شکل 1-39. حلقه‌های پسماند مغناطیسی آرایه‌های نانوسیم‌های آمورف $\text{Ni}_{100-x}\text{P}_x$ و $\text{Co}_{80}\text{P}_{20}$ با قطرهایی در حدود 200nm که به روش الکتروانباشت تولید شده‌اند. 44.....
- شکل 1-40. تصویر FESEM نانوسیم‌های $\text{Co}_x\text{Pt}_{1-x}$ جدا شده از قالب AAO با حل لایه‌ی آلومینا با محلول NaOH و (b) تصویر نانوسیم‌ها در قالب AAO. 45.....
- شکل 1-41. الگوی XRD آرایه‌های نانوسیم $\text{Co}_x\text{Pt}_{1-x}$. 46.....
- شکل 1-42. منحنی‌های M-H برای آرایه‌های نانوسیمی $\text{Co}_x\text{Pt}_{1-x}$ با طول‌های متفاوت. 47.....
- شکل 1-43. وابستگی زاویه‌ای؛ (a) وادارندگی، (b) باقیماندگی آرایه‌های نانوسیم‌های $\text{Co}_x\text{Pt}_{1-x}$ ، که θ زاویه‌ی بین جهت میدان و محور نانوسیم است. 48.....
- شکل 1-44. منحنی‌های M-H برای آرایه‌های نانوسیمی $\text{Co}_x\text{Pt}_{1-x}$ اندازه گرفته شده در دمای 5 و 300 درجه کلوین با میدان مغناطیسی؛ (a) موازی و (b) عمود به نانوسیم‌ها. 49.....

شکل 1-45. وابستگی دمایی وادارندگی برای آرایه‌های نانوسیم‌های $\text{Co}_x\text{Pt}_{1-x}$. نقشه‌ی فرعی اختلاف بین مقادیر وادارندگی در هندسه‌ی موازی و عمود را برحسب دما نشان می‌دهد.....49

فصل دوم

شکل 2-1. شکل 2-1. تصویر SEM از آلومینای آندایز شده به روش آندایز نرم توسط اسید سولفوریک 0/3 مولار تحت ولتاژ ثابت 25V و در دمای 18°C [59].....53

شکل 2-2. فرایند آندایز دو مرحله‌ای [64].....54

شکل 2-3. (a) سطح زیرین AAO لایه‌ی سدی نشان داده می‌شود، (b) سطح بالایی AAO [71].....57

شکل 2-4. ساختار آلومینای حفره‌دار آندی، (A) و نمایی از سطح مقطع لایه‌ی آندایز شده [22](B).....58

شکل 2-5. شش‌وجهی تنگ پکیده (hcp) و مکعبی وجوه مرکز پر (fcc) [71].....58

شکل 2-6. اثر سرعت چرخش الکترولیت روی قطر نانوساختارهای بدست آمده بوسیله‌ی آندایز آلومینیوم [22].....61

شکل 2-7. اثر پتانسیل آندایز روی ضخامت لایه سدی برای نانوحفره‌های تشکیل شده در محلول‌های اسیدی سولفوریک، اکسالییک، گلیکولیک، فسفریک، مالیک، تارتاریک و سیتریک هستند [72].....66

شکل 2-8. مراحل آندایز از ابتدا تا مرحله‌ی به تعادل رسیدن جریان که از a تا d شماره گذاری شده است [72].....70

شکل 2-9. طرح شماتیکی از کف حفره‌ها (a) تغییر ساختاری بصورت تابعی از الکترولیت (b) تغییر ساختاری ناشی از نازک سازی لایه‌ی سدی برای ساده‌سازی الکتروانباشت ac [81].....

75.....

شکل 2-10. نمونه‌ی الکتروپولیش شده در 20V [84].....76

- شکل 2-11. مراحل ساخت نانو سیم به روش انباشت الکتروشیمیایی با ولتاژ مستقیم در آلومینای حفره دار و بدون استفاده از مرحله ی نازک سازی لایه ی سدی [87]..... 78
- شکل 2-12. نمونه‌ای از ولتاژ و جریان پالس الکتروانباشت [73]..... 80
- شکل 2-13. سلول الکترولیتی برای انباشت غیرالکتریکی فلز M از یک محلول آبی نمک فلز MA و یک عامل کاهنده ی Red [94]..... 81

فصل سوم

- شکل 3-1. نمایی شماتیک از یک سلول الکتروشیمیایی..... 86
- شکل 3-2. منحنی جریان-زمان آندایز مرحله ی دوم..... 87
- شکل 3-3. تصویر SEM از بالای قالب آلومینا پس از پایان آندایز دو مرحله‌ای..... 88
- شکل 3-4. تصویر مد AFM میکروسکوپ پروبی روبشی SPM از سطح ساختار آلومینای حفره‌دار با ابعاد 2 میکرون در 2 میکرون..... 89
- شکل 3-5. منحنی کاهش ولتاژ در آندایز غیر تعادلی..... 90
- شکل 3-6. منحنی کاهش جریان در آندایز غیر تعادلی..... 90
- شکل 3-7. تصویر SEM از سطح مقطع قالب آلومینا پس از فرآیند نازک سازی..... 91
- شکل 3-8. نمونه‌ای از منحنی ولتاژ و جریان الکتروانباشت متناوب نانوسیم‌های CoCu بر حسب زمان..... 93
- شکل 3-9. منحنی جریان متوسط نسبت به زمان در الکتروانباشت متناوب..... 94
- شکل 3-10. تصویر SEM از سطح مقطع قالب آلومینا بعد از پرشدن (نانوسیم‌های CoCu)..... 94

- شکل 3-11. نمودار وادارندگی بر حسب فرکانس در غلظت‌های الکترولیت، (الف) $Co=0/75$ و $Cu=0/025$ ، و (ب) $Co =0/34$ و $Cu =0/045$ به ترتیب در ولتاژهای 18-18، 16-18 و 14-18..... 98
- شکل 3-12. نمودار نسبت مربعی بر حسب فرکانس در غلظت‌های الکترولیت، (الف) $Co=0/75$ و $Cu=0/025$ ، و (ب) $Co =0/34$ و $Cu =0/045$ به ترتیب در ولتاژهای 18-18، 16-18 و 14-18..... 99
- شکل 3-13. نمودار وادارندگی و نسبت مربعی بر حسب فرکانس در غلظت الکترولیت $Co =0/37$ و $Cu =0/025$ به ترتیب در ولتاژهای 16-18 و 14-18..... 100
- شکل 3-14. منحنی‌های پسماند مغناطیسی در جهت عمود به محور نانوسیم‌ها، (الف) Co خالص، (ب) $Co =0/34$ و $Cu =0/045$ و (پ) $Co =0/37$ و $Cu =0/025$ با ولتاژ متقارن 18-18 در فرکانس 50 هرتز..... 102
- شکل 3-15. نمودار وادارندگی بر حسب فرکانس برای غلظت‌های محلول الکترولیت در ولتاژ الکتروانباشت 18-18..... 103
- شکل 3-16. نمودار نسبت مربعی بر حسب فرکانس برای غلظت‌های محلول الکترولیت $Co =0/75$ و $Cu=0/025$ و $Co =0/37$ و $Cu=0/025$ در ولتاژ الکتروانباشت 18-18..... 103
- شکل 3-17. نمودار وادارندگی بر حسب فرکانس برای غلظت‌های متفاوت محلول الکترولیت به ترتیب در ولتاژهای، (الف) 16-18، (ب) 14-18..... 104
- شکل 3-18. نمودار نسبت مربعی بر حسب فرکانس برای غلظت‌های متفاوت محلول الکترولیت به ترتیب در ولتاژهای، (الف) 16-18، (ب) 14-18..... 105

- شکل 3-19. منحنی پسماند با میدان عمود بر محور نانوسیم‌های $\text{Co}_{0.34}\text{Cu}_{0.045}$.
- شکل 3-20. نمودارهای مربوط به وادارندگی نانوسیم‌های $\text{Co}_{0.34}\text{Cu}_{0.045}$ و در فرکانس‌های 50 و 1000 هرتز قبل و بعد از تابکاری. 107.....
- شکل 3-21. نمونه‌ای از آنالیز EDS نانوسیم‌های CoCu . 111.....
- شکل 3-22. طرح پراش اشعه ایکس نمونه‌ها قبل از تابکاری در ولتاژ الکتروانباشت 18-18 و فرکانس 50 هرتز. 113.....
- شکل 3-23. طرح پراش اشعه ایکس نمونه‌ها بعد از تابکاری در فرکانس 50 هرتز. 114.....
- شکل 3-24. طرح پراش اشعه ایکس نمونه‌ی $\text{Co}_{0.34}\text{Cu}_{0.045}$ بعد از تابکاری با ولتاژ الکتروانباشت 18-16 در فرکانس 50 هرتز. 114.....

فهرست جدول‌ها

عنوان..... صفحه

فصل دوم

- جدول (1-2): رابطه بین قطر حفره‌ها و پتانسیل آندایز در اسید سولفوریک 4/2 مولار در دماهای گوناگون [22]..... 62
- جدول (2-2): رابطه‌ی بین فاصله‌ی میان حفره‌ای و پتانسیل آندایز در اسید سولفوریک 4/2 مولار در دماهای گوناگون [22]..... 63
- جدول (3-2): ضخامت دیواره به ازای ولت در الکترولیت‌های متفاوت [22]..... 64
- جدول 4-2: اثر پتانسیل آندایز روی ضخامت لایه‌ی سدی ساخته شده در 20°C [22]..... 67

فصل سوم

- جدول 1-3: فهرست نمونه‌های ساخته شده 96
- جدول 2-3: نتایج H_c و S نمونه‌ها قبل و بعد از تابکاری..... 108
- جدول 3-3: نتایج اولیه‌ی EDS نانوسیم‌های CoCu..... 112

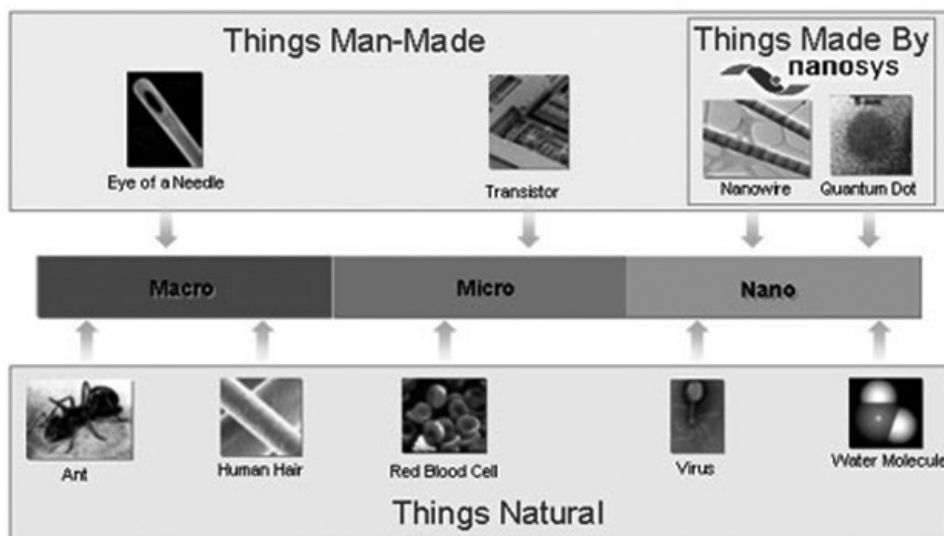
فصل اول

فصل اول

مقدمه

پیشوند نانو در اصل یک کلمه‌ی یونانی است. معادل لاتین این کلمه، Dwarf است، که به معنی کوتوله و قد کوتاه می‌باشد. این پیشوند معادل یک میلیارد می‌باشد، که اندازه‌ی یک میلیارد متر را بصورت یک نانومتر تعریف می‌کنند. این مقیاس را با ذکر مثال‌هایی عینی، بهتر می‌توان درک کرد. یک تار موی انسان به طور متوسط قطری حدود 50000 نانومتر دارد. یک سلول باکتری، قطری معادل چند صد نانومتر دارد. کوچک‌ترین اشیای قابل دید توسط چشم غیر مسلح اندازه‌ای حدود 10000 نانومتر دارند. فقط حدود 10 اتم هیدروژن در یک خط، یک نانومتر را می‌سازند. یک مولکول آب دارای قطری در حد 1 نانومتر است. قطر یک نانو لوله‌ی تک لایه 1/20 نانومتر است، کوچک‌ترین ترانزیستورها به اندازه‌ی 20 نانومتر هستند، مولکول DNA در حدود 2/5 نانومتر پهنا دارد و پروتئین‌ها بین 1 تا 20 نانومتر می‌باشند. رفتار مواد در ابعاد نانومتر (10^{-9} m) در مقایسه با رفتار ساختارهای حجیم بسیار تفاوت دارد. برای درک بیشتر این مقیاس در شکل (1-1) مقایسه‌ای بین مقیاس‌های طولی گوناگون، نشان داده است [1]. نانوتکنولوژی در توافق با مهندسی سطح بر روی ساخت نانوساختارهای متنوع و مواد جدید، که اخیراً مورد توجه بسیاری واقع شده‌اند تمرکز کرده است. بویژه، تولید ارزان ساختارهای متناوب منظم از جمله نانوحفره‌ها، نانوتیوب‌ها و آرایه‌های نانوسیمی با تناوب کمتر از 100 nm، فعالیت‌های گسترده‌ی پژوهشی را به راه انداخته است. امروزه پیشرفت‌های بزرگ در نانوتکنولوژی نتیجه‌ی مستقیمی از تمایل به کوچک کردن دستگاه‌ها و توسعه‌ی ابزارهایی که می‌تواند جهان نانو و سطوح مورد مطالعه در مقیاس نانو را قابل تصور کند می‌باشد. کاهش شدید ابعاد و کنترل دقیق هندسه‌ی سطح مواد نانوساختار، خواص جدید و منحصر بفردی از

جمله خواص کاتالیستی، الکترونیکی، مغناطیسی، اپتوالکترونیکی و مکانیکی را آشکار کرده است [2-4].



شکل 1-1. مقایسه‌ی طول‌های مختلف.

نانومواد را می‌توان از نظر ابعاد به سه دسته تقسیم کرد:

- 1) نانوذرات و نانونقاط کوانتومی که نانومواد صفربعدی محسوب می‌شوند و ابعادشان از هر سه بعد محدود به چند نانومتر است.
- 2) نانوسیم‌ها و نانوتیوب‌ها که نانومواد یک بعدی خوانده می‌شوند و در دو بعد محدود به چند نانومتر هستند و رشد آن‌ها در بعد سوم می‌تواند از مرتبه میکرومتر باشد.
- 3) لایه‌های نازک که نانومواد دوبعدی هستند و تنها در یک بعد محدودند.

1-1 - نانوسیم‌ها

تحقیقات در مورد سیستم‌های نانو ساختار، بویژه ساختارهای یک‌بعدی (1D)، شامل بررسی‌های بسیاری در مورد خواص فیزیکی و شیمیایی این مواد می‌شوند. امروزه، درک بهتری

از خواص و اثرات نانوساختارها، از جمله ذخیره‌ی بالاو سرعت انتقال اطلاعات، جابجایی آبی لبه‌ی جذب نانوذرات، کوانتتس رسانایی الکتریکی، و بالا بردن خواص مکانیکی، براساس مطالعات تئوری و محاسبات انجام شده بر روی سیستم‌هایی با ابعاد پائین، که بطور برجسته به تولید دستگاه‌های نانوالکترونیک در آینده مربوط می‌شوند، بدست می‌آید [5-10]. علی‌رغم مشکلاتی که برای بدست آوردن کنترل دقیق پارامترهای ساخت با آن‌ها برخورد می‌کنیم، نانوساختارهای یک‌بعدی در مقایسه با ذرات و سیستم‌های دوبعدی جهت مطالعه‌ی پدیده‌ی انتقال در مقیاس نانومتری، سیستم‌های ایده‌آلی می‌باشند [11]. مواد نانوساختار و دستگاه‌ها نه تنها به این دلیل که ممکن است منجر به کاربردهای جدیدی شوند، بلکه به این دلیل که پدیده‌ی کوانتومی جدید را نمایش می‌دهند جالب توجه هستند. یک مثال جالب کوانتتس رسانایی الکتریکی می‌باشد، که در یک سیم فلزی یا نیمه‌رسانا اتفاق می‌افتد، در این مورد بین دو الکتروود ماکروسکوپی وقتی که دو شرط زیر کامل شود اتصال برقرار می‌شود: اولاً، سیم باید کوتاهتر از مسیر آزاد میانگین الکترون باشد، بطوریکه الکترون‌ها بصورت بالستیک در امتداد سیم منتقل شوند. ثانیاً، قطر سیم باید قابل مقایسه با طول موج الکترون باشد به این دلیل که به الکترون‌ها اجازه‌ی تولید امواج ایستا (مدهای کوانتومی) در جهت عرضی سیم‌ها داده شود. این پدیده ابتدا در دستگاه‌های نیمه‌رسانا مشاهده شد، که مسیر آزاد میانگین الکترون در مرتبه‌ی چند میکرون و طول موج الکترون تقریباً 40nm بودند، که از مقیاس اتمی بزرگتر می‌باشند [12 و 13]. طول موج نسبتاً بزرگ این امکان را فراهم می‌کند که با استفاده از روش‌های نانوساخت متداول نانوسیم‌های موردنیاز را تولید کنیم. هرچند، این مورد منجر به اختلاف انرژی کمی بین مدهای کوانتومی می‌شود، و به این معنی است که یک کوانتتس رسانایی الکتریکی مشخص در این دستگاه‌ها فقط در دمای هلیوم مایع رخ می‌دهد. به عنوان مثال برای فلز Au، طول موج الکترون تنها چند انگستروم می‌باشد، بنابراین، دمای پائین برای مشاهده‌ی این پدیده نیاز نیست، هرچند سیم‌ها باید بصورت خودکار نازک شوند. روش‌هایی برای ساخت سیم‌های فلزی که بصورت خودکار نازک می‌شوند و کوانتتس رسانایی الکتریکی را نمایش می‌دهند، توسعه یافته‌اند. این روش‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

1) روش مکانیکی، که در آن یک نانوسیم با جدا کردن دو الکتروود از تماس باهم تشکیل می‌شود. در مدت این جداسازی، باریکه‌ای فلزی بین دو الکتروود شکل می‌گیرد و قبل از اینکه بطور کامل شکسته شوند کشیده می‌شوند و یک سیم نازک ساخته می‌شود [14-16].

2) روشی که توسط سو و همکارانش¹ توسعه یافت، که در آن نانوسیم‌ها به روش الکتروشیمیایی ساخته می‌شوند [17-19].

1-2- کاربرد نانوسیم‌ها

1-2-1- نانوسیم‌ها به عنوان نانو الکتروود

یک مزیت خاص نانوسیم‌های الکتروشیمیایی این است که، می‌توانند بوسیله‌ی اعمال پتانسیل خارجی باردار شوند. بویژه، نانوسیم‌های فلزی الکتروانداخت شده رسانایی بسیار زیادی دارند، که در امتداد این مسیر تندتر می‌باشد، زیرا الکتروانداخت بر پایه‌ی انتقال الکترون است. نکته‌ی مهم‌تر این است، که توابع کار این مواد در حدود 1eV افزایش یافته است، که باعث انتقال پتانسیل بار صفر با مقداری مشابه می‌شود. بطور متعاقب، در پتانسیل‌های الکتروود معمولی قابل دستیابی در محلول‌های آبی، این سیم‌ها همیشه بصورت منفی باردار می‌شوند، در نتیجه یک کاربرد بسیار امیدبخش این نانوساختارهای یک بعدی امکان استفاده از آن‌ها به عنوان نانو الکتروودها در سیستم‌های الکتروشیمیایی بسیار مقاوم می‌باشند. بعلاوه، بدلیل ابعاد کوچکشان، این نانوسیم‌ها نه تنها فرصت‌هایی را برای بررسی سینتیک‌های فرآیند ردوکس که توسط ماکروالکتروودهای معمولی مطالعه می‌شوند فراهم می‌کنند، بلکه این مواد در دسته‌ی جدیدی از الکتروودها که ارتباط بین سیستم‌های نانو تکنولوژی و بیوتکنولوژی را برقرار می‌کنند قرار می‌گیرند. ویژگی قابل توجه دیگر این نانوسیم‌ها، ابعاد آن‌ها است که قابل مقایسه با ابعاد ماکرومولکول‌های بیوتکنولوژی مثل پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک است. بنابراین، براساس این ویژگی خاص، نانوسیم‌ها ابزار جدید و جذابی برای مجموعه‌ی متنوعی از کاربردها در تکنولوژی سنسورها می‌باشند [20 و 21].

1 - Xu et al