

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه سمنان

پردیس علوم و فناوریهای نوین
دانشکده نانوفناوری

عنوان پایان نامه دکتری:

ارائه دهنده:

استاد راهنما:

استاد مشاور:



فهرست مطالب

1. مقدمه (اهمیت شناسایی پرتوها و انواع آشکارسازهای هسته ای)

2. مبانی علمی (سوسوزن تنگستات کادمیم)

3. فعالیتهای تجربی و تحلیل نتایج

4. نتیجه گیری و پیشنهادات



اهمیت شناسایی پرتوها و استفاده از حسگرها:

عوارض



تخریب DNA، سرطان ریه،
پوست و قرنیه



سوختگی و حساسیت



اختلال در سیستم عصبی و
نازایی

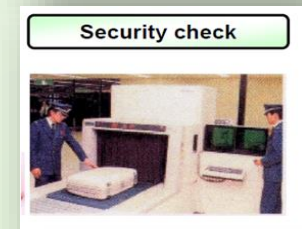
تصویربرداری پزشکی، درمان



استخراج و اکتشاف چاه های نفت



امنیت کشورها و ترمینالهای مسافری



اخترشناسی، فیزیک انرژی های بالا

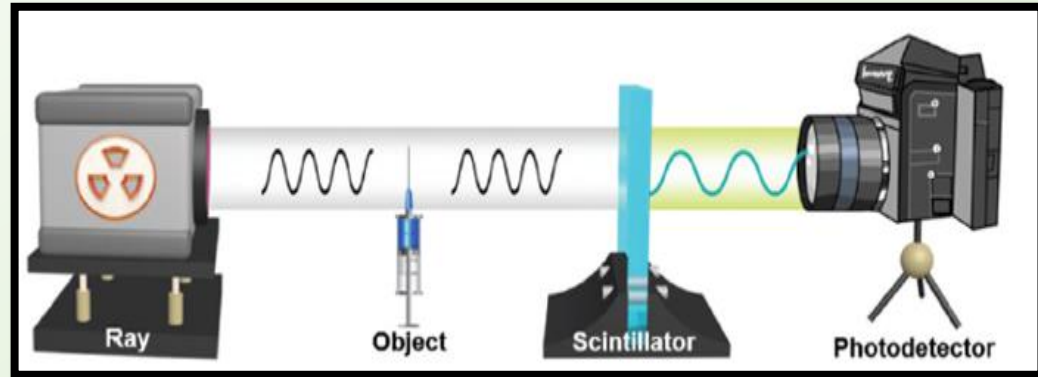
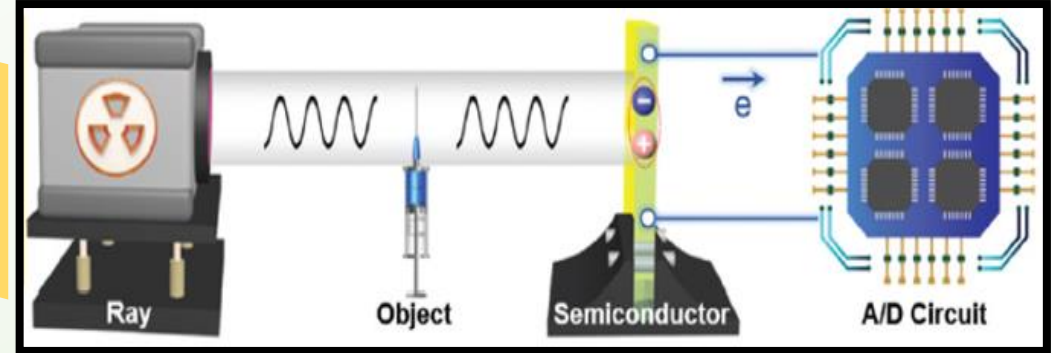


کاربردها

انواع آشکارسازهای تابشهای هسته ای:

حدتفکیک انرژی	زمان تأخیر	بازده	نوع آشکارساز
😊 خیلی خوب (1%)	☹️ μs	☹️ معمولی	نیمه هادی
😊 خیلی کم	☹️ ms	☹️ خیلی کم	گازی
😊 متوسط (0.6%–20%)	😊 1ns- μs	😊 زیاد	سوسوزن

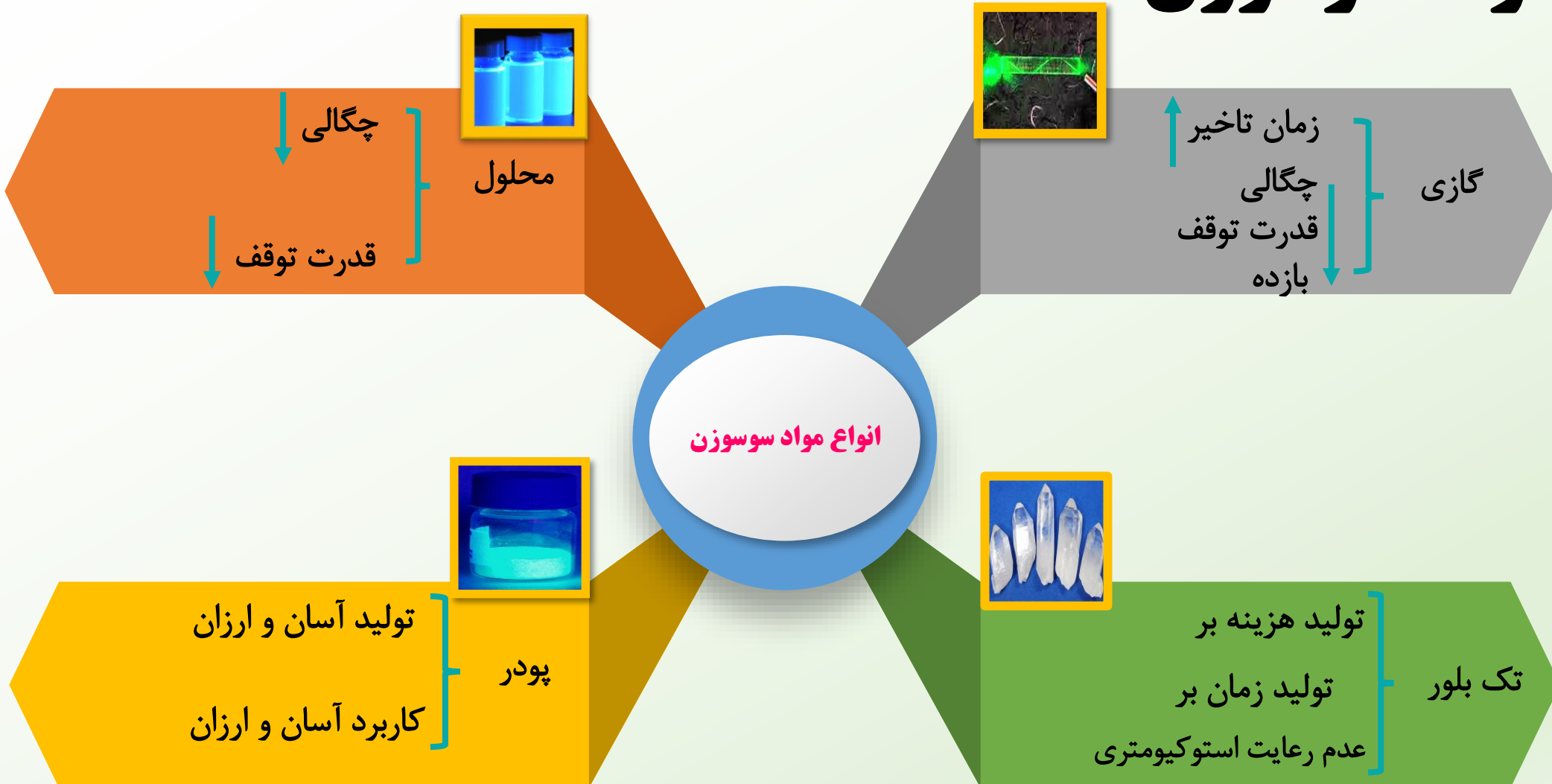
روشهای آشکارسازی :



شکل ۱. انواع روشهای آشکارسازی

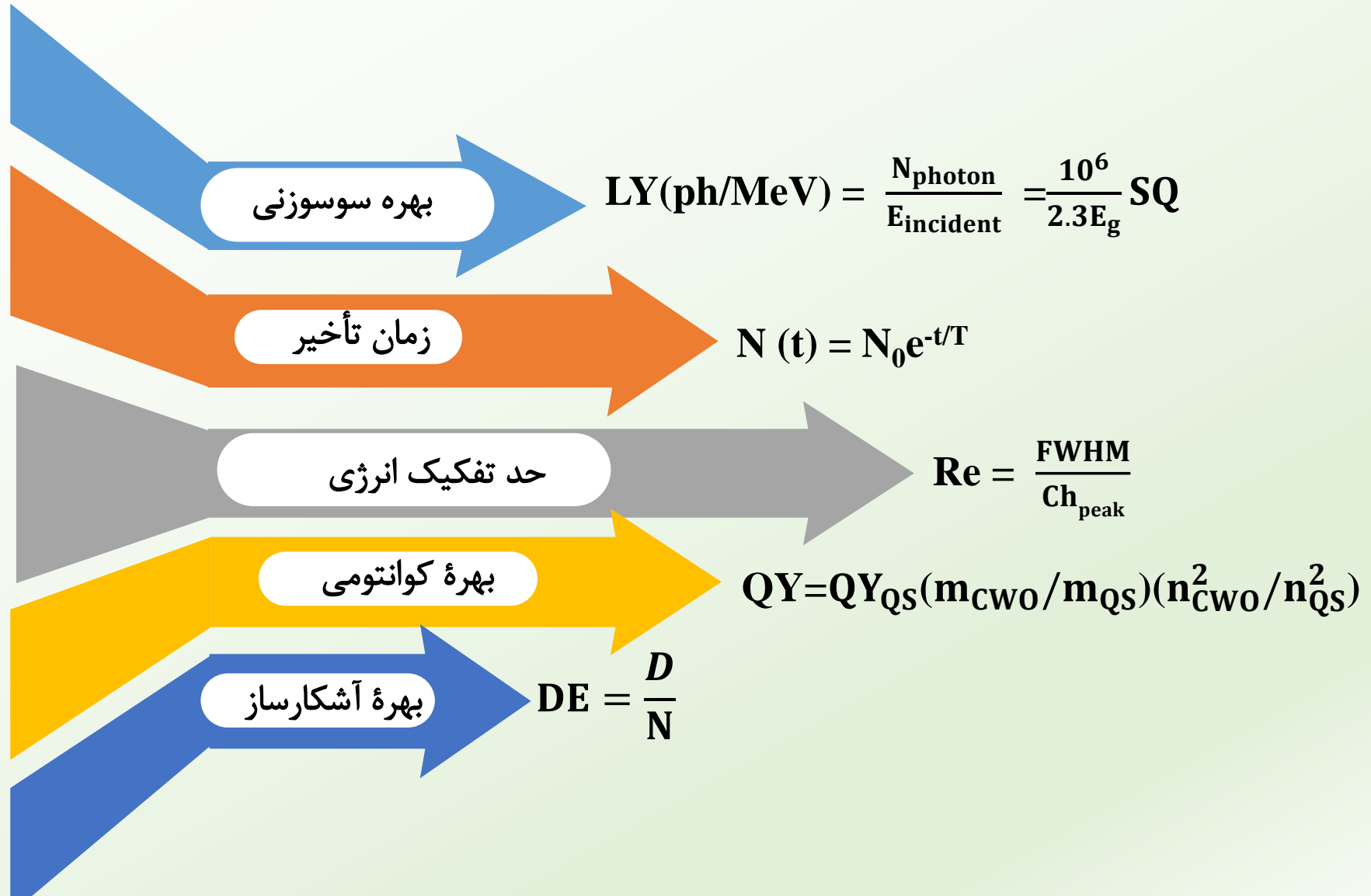
مقدمه

انواع مواد سوسوزن:





پارامترهای مهم در آشکارسازی:



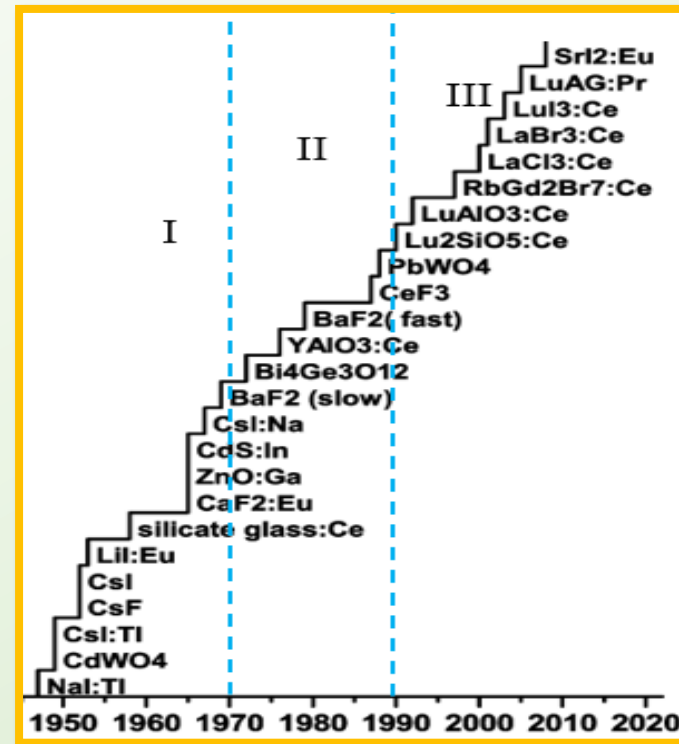


پیشینه تحقیق:

- افزایش تعداد مطالعات و بررسی ها در حوزه حسگرهای سوسوزن



شکل ۳. درآمد بازار سوسوزن

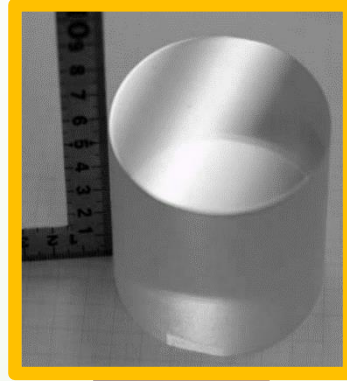


شکل ۲. تاریخچه مواد سوسوزن





تنگستات کادمیم ($CdWO_4$) :



شکل ۴- بلور تنگستات کادمیم با ابعاد $\Phi 70mm \times 71mm$



ساختار بلوری پایدار منوکلینیک (ولفرامیت)

قطبیت پایین، پایداری حرارتی و شیمیایی بالا و غیر سمی

بهترین ماده سوسوزن در ردیابی پرتوهای γ و x

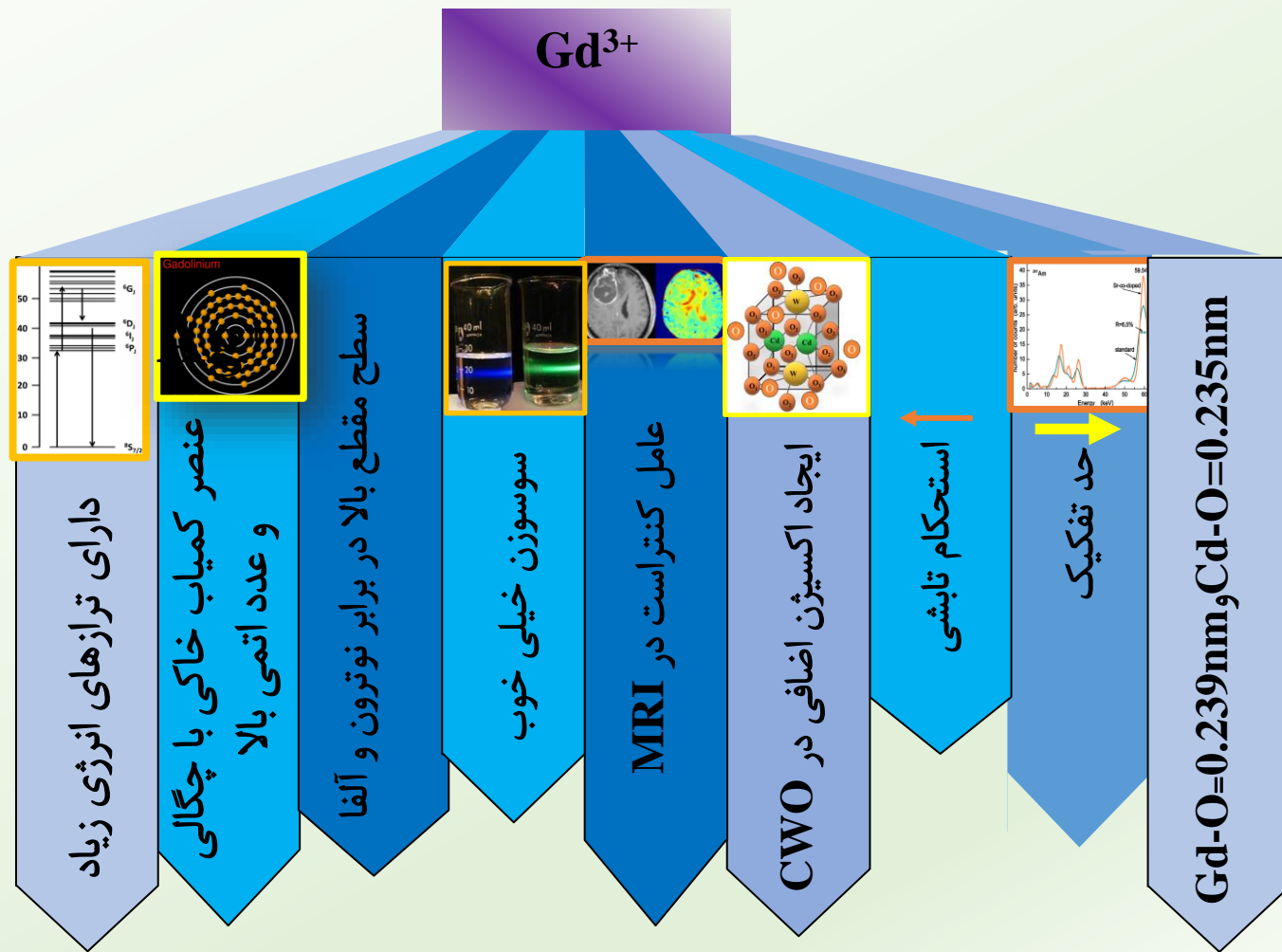
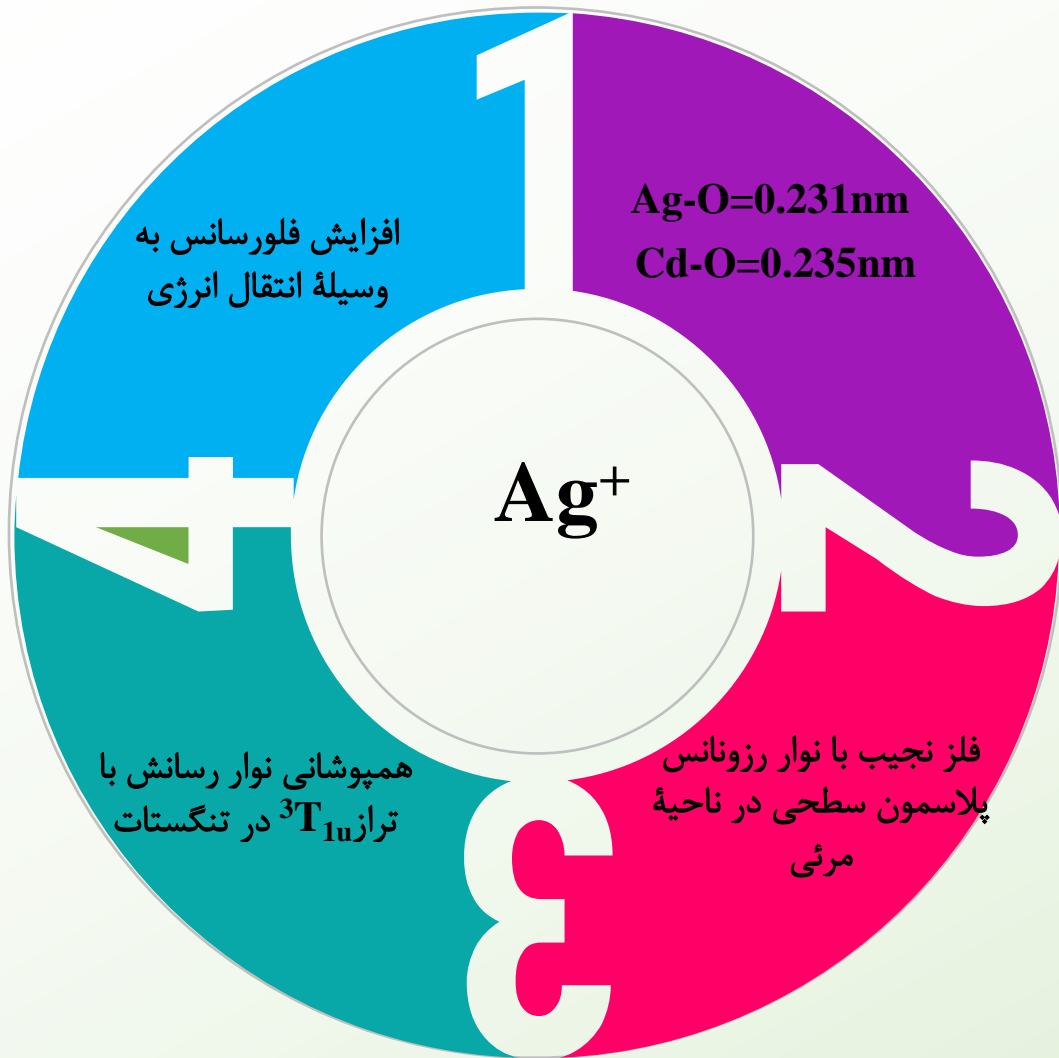
ضریب جذب بالای پرتوی ایکس

دارای گاف نواری پهن

ضریب شکست بالا

ماده خود لومینسانس با نشر ذاتی و بهره نشر بالا

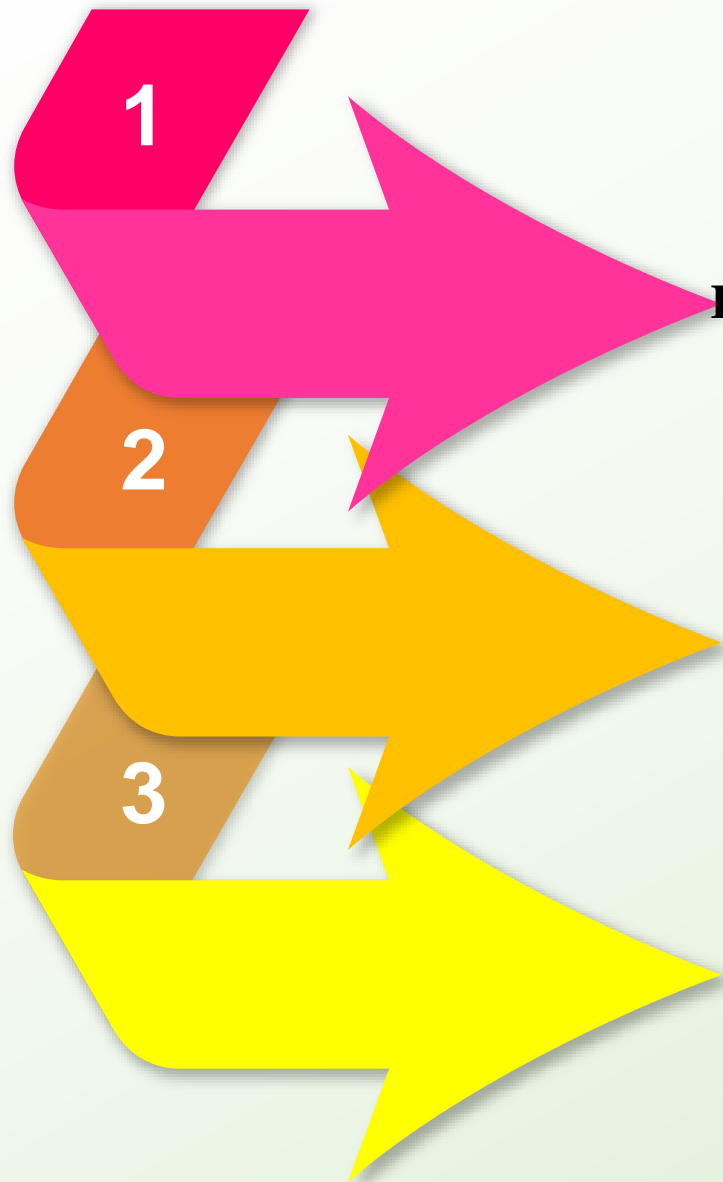
چگالی بالا و توان توقف بالا





مکانیزم جذب و نشر:

مبانی علمی



▪ انرژی لازم برای انتقال الکترون $E_{\text{absorption edge}} = 2pO \xrightarrow{e} 5dW$

▪ انتقال بار لیگاند O به فلز W (Ligand to Metal Charge Transfer)

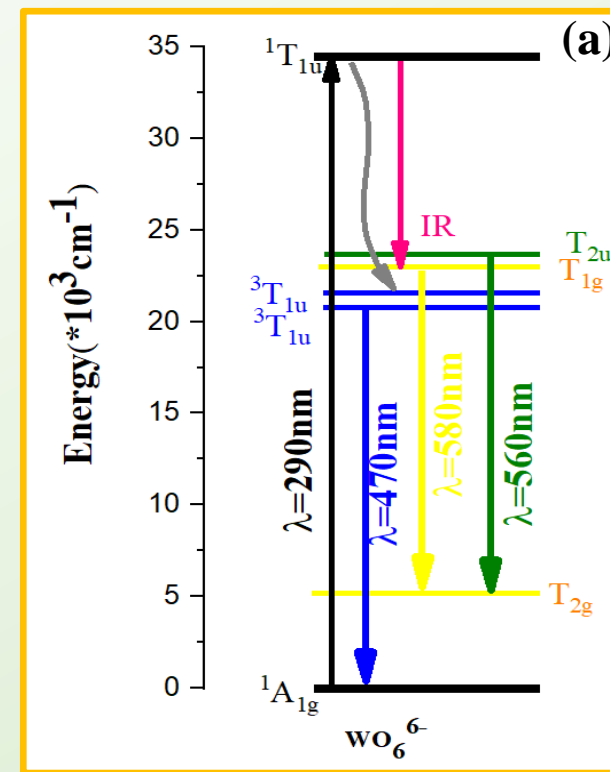
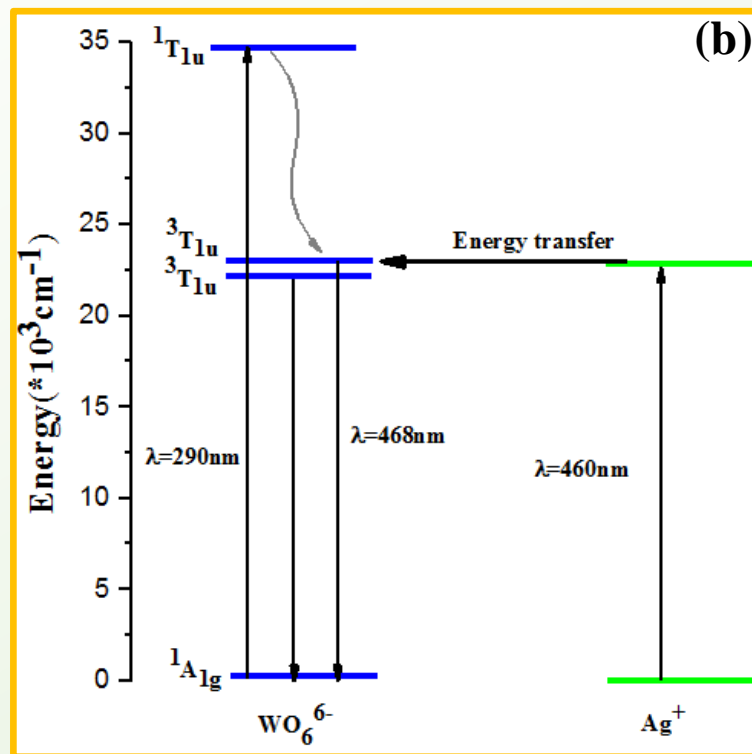
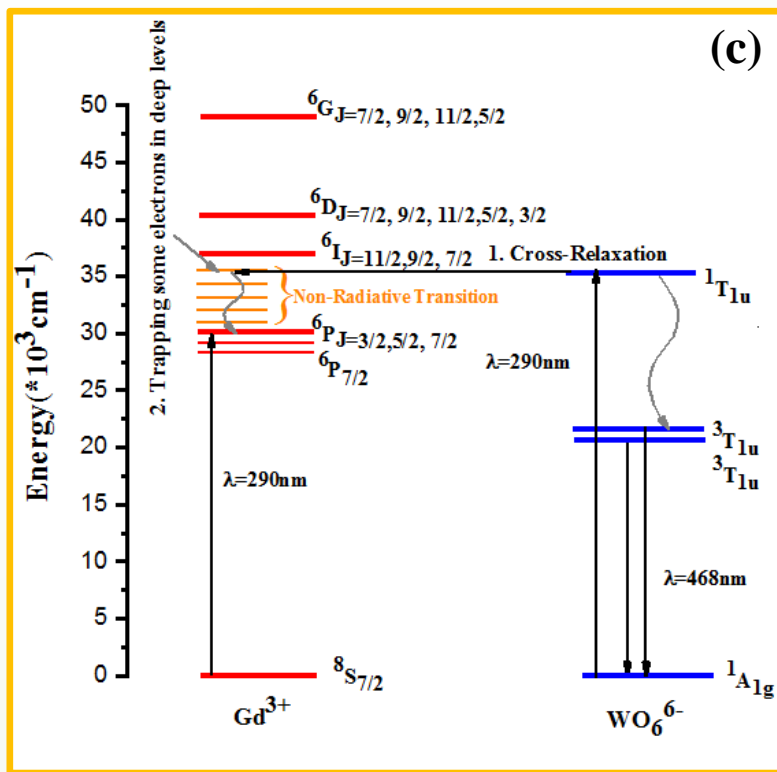
▪ انتقال الکترون WO_6^{6-} در کمپلکس ${}^1A_{1g} \xrightarrow{e} {}^1T_{1u}$

▪ اوربیتال 4d یون Cd^{2+} پر است $Cd \xrightarrow{\otimes} W$

Direct Band Gap

▪ $E_{\text{absorption edge}} (CdWO_4) = 3.8eV : (UV)$

مکانیزم جذب و نشر:



شکل ۵- طرحواره‌ای از فرآیند انتقال انرژی در (a) CWO: Ag. (b) CWO: Gd. (c) تحت تابش نور 290nm.

تولید نانوپودرها و ساخت لایه های نازک پلیمری

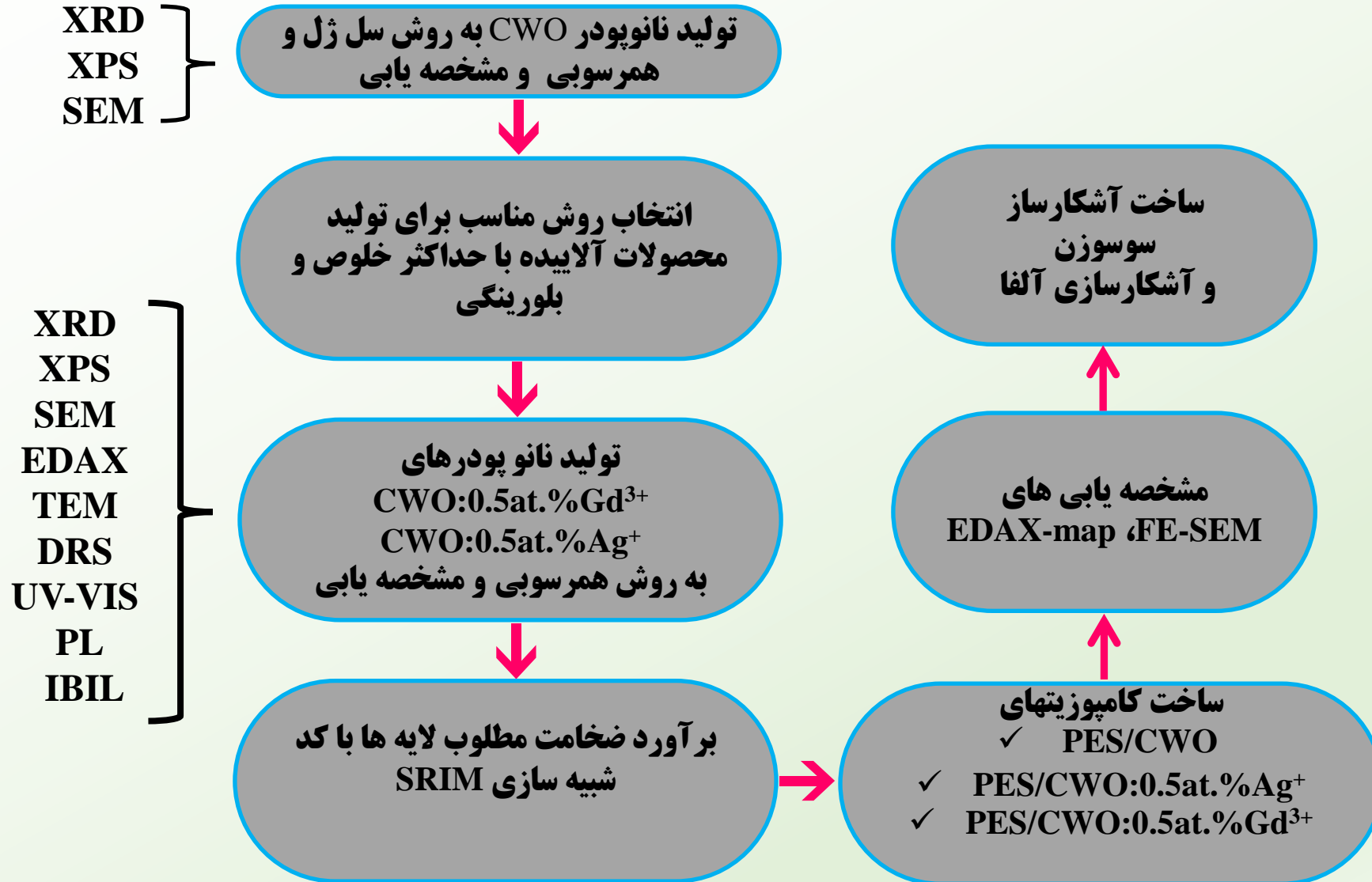
فعالیت های تجربی





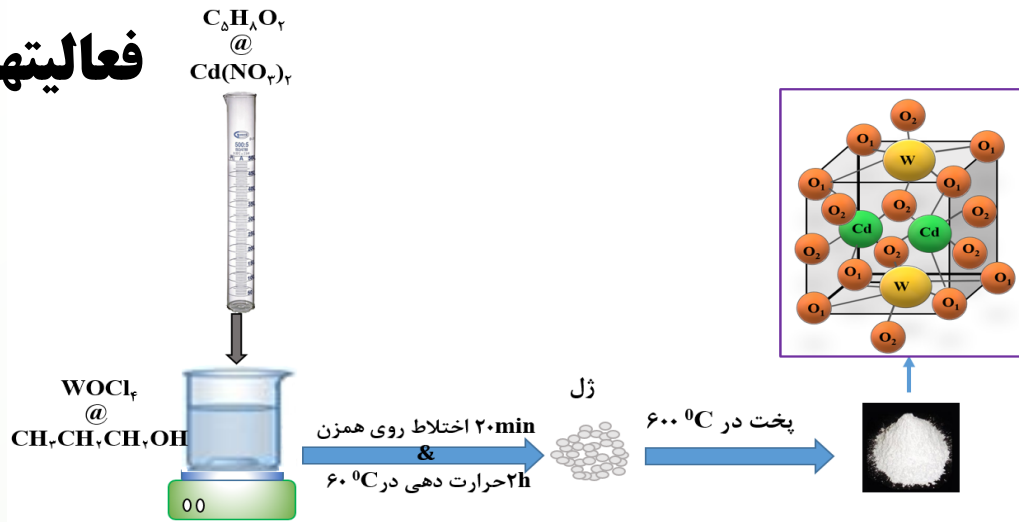
فعالیت‌های تجربی

طرحواره‌ای از مراحل کار:

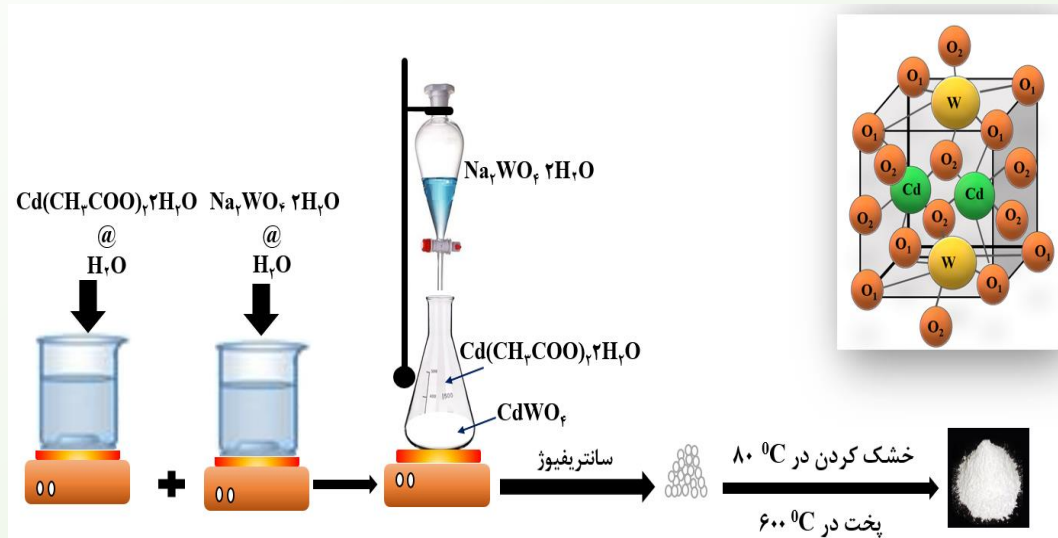




فعالتهای تجربی



شکل ۶. خلاصه مراحل تولید پودر تنگستات کادمیم به روش سل-ژل.



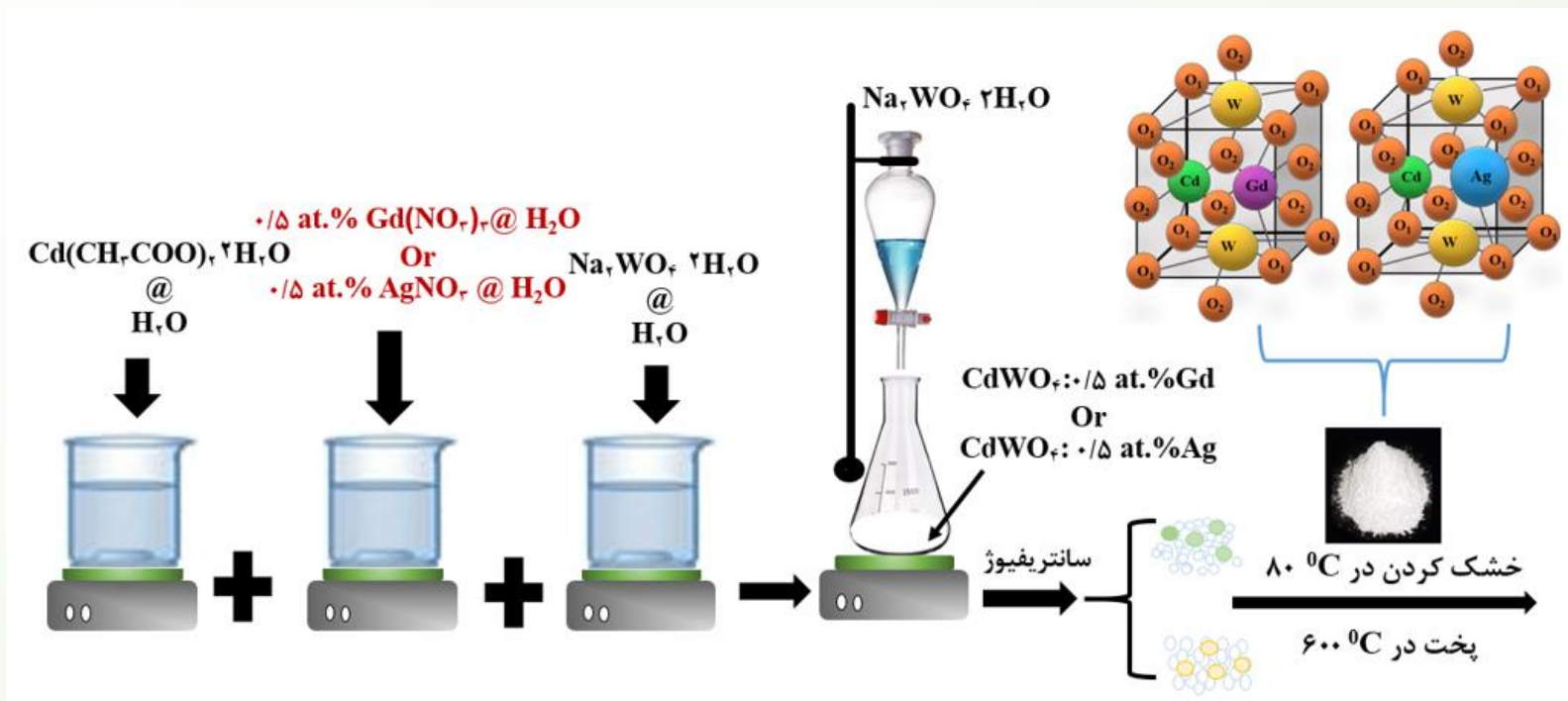
شکل ۷. خلاصه مراحل تولید پودر تنگستات کادمیم به روش همرسوبی.

تولید نانوپودرها:

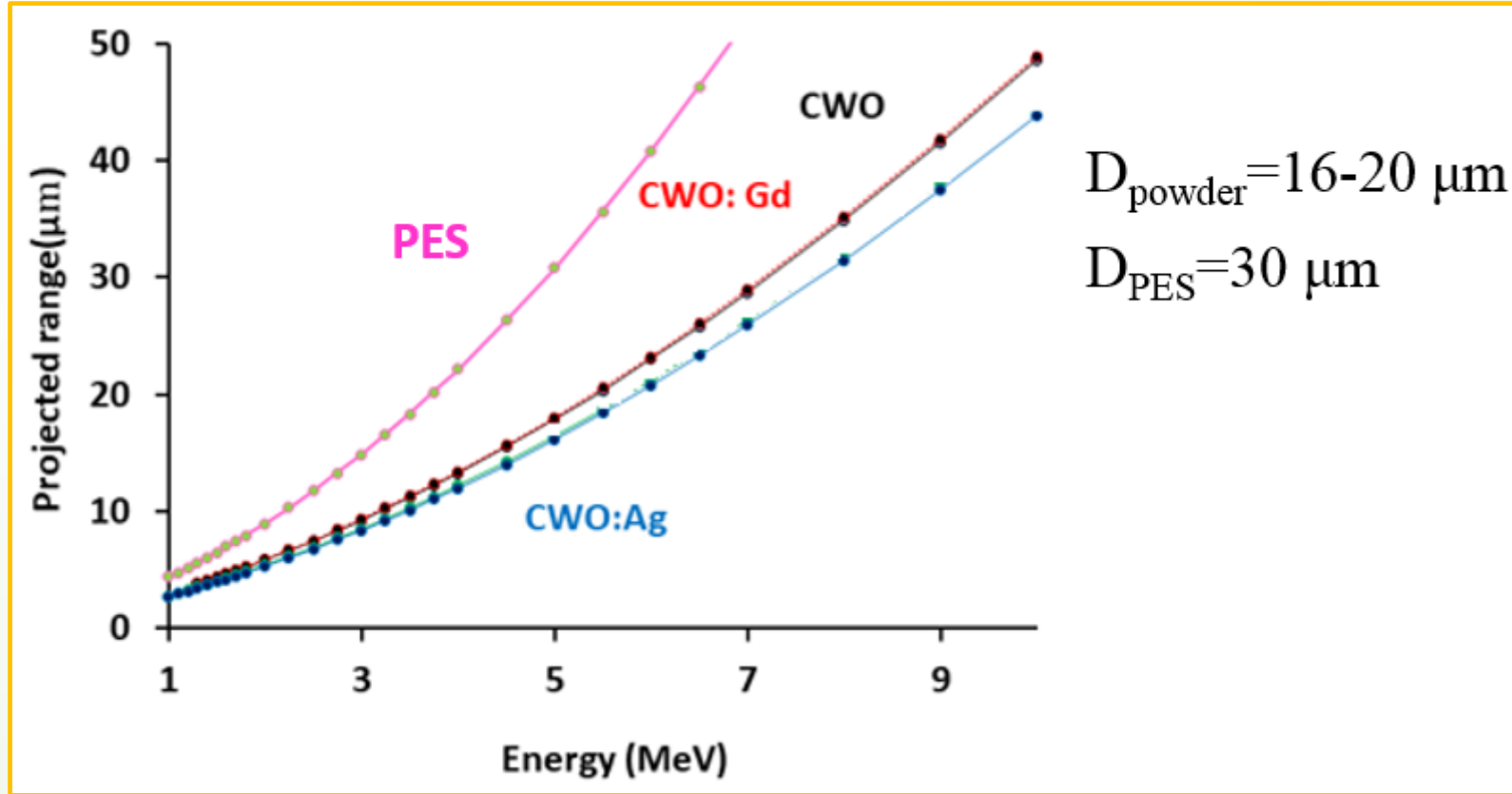




تولید نانوپودرهای آلاییده:



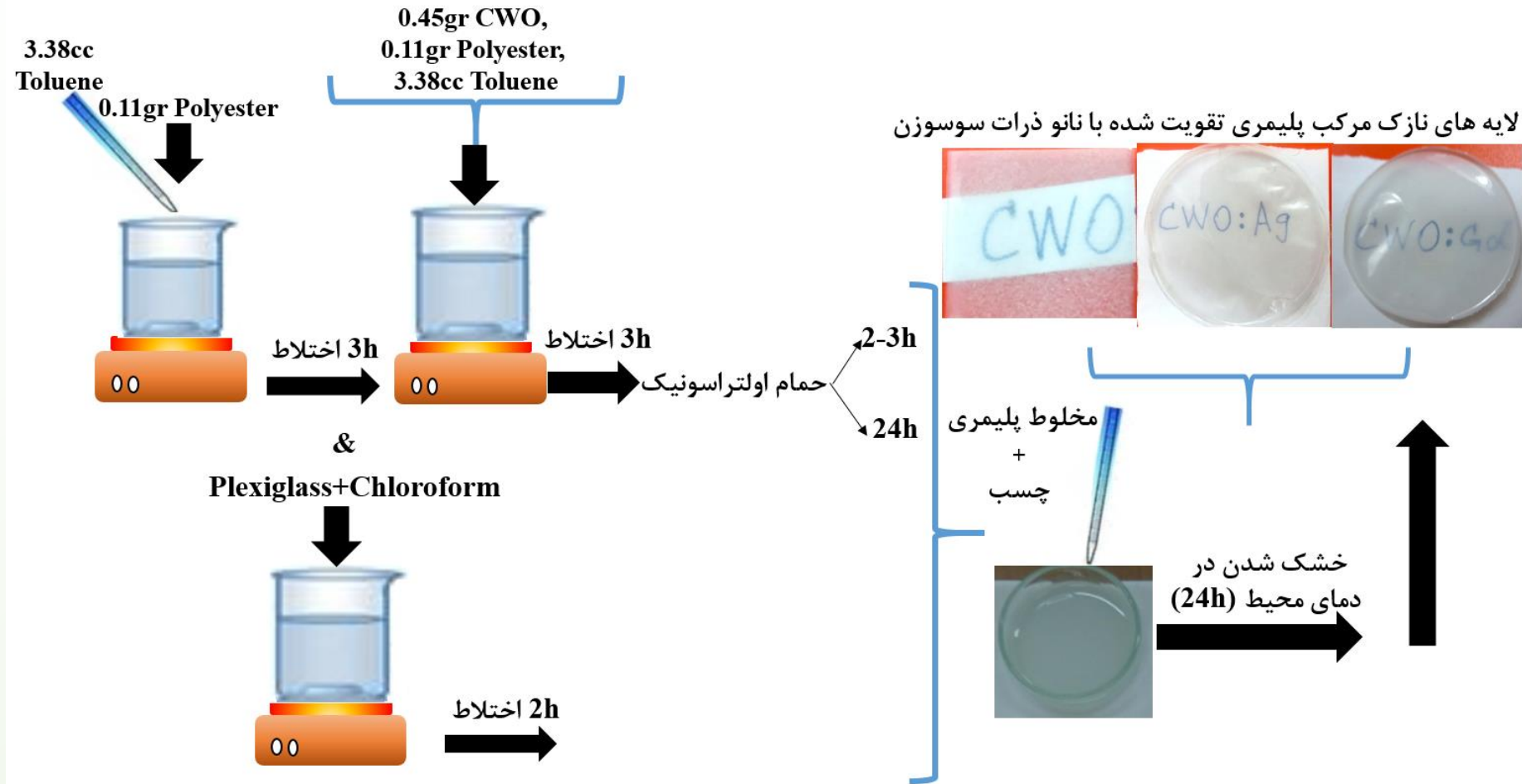
شکل ۸. خلاصه مراحل تولید پودر تنگستات کادمیم آلاییده به نقره / گادولینیوم به روش هم‌رسوبی.



شکل ۹. منحنی برد ذرات آلفا در نمونه های CWO، CWO: Gd، CWO: Ag و PES بر حسب انرژی ذرات آلفا حاصل از کد شبیه سازی SRIM.



تولید لایه های نازک پلیمری:



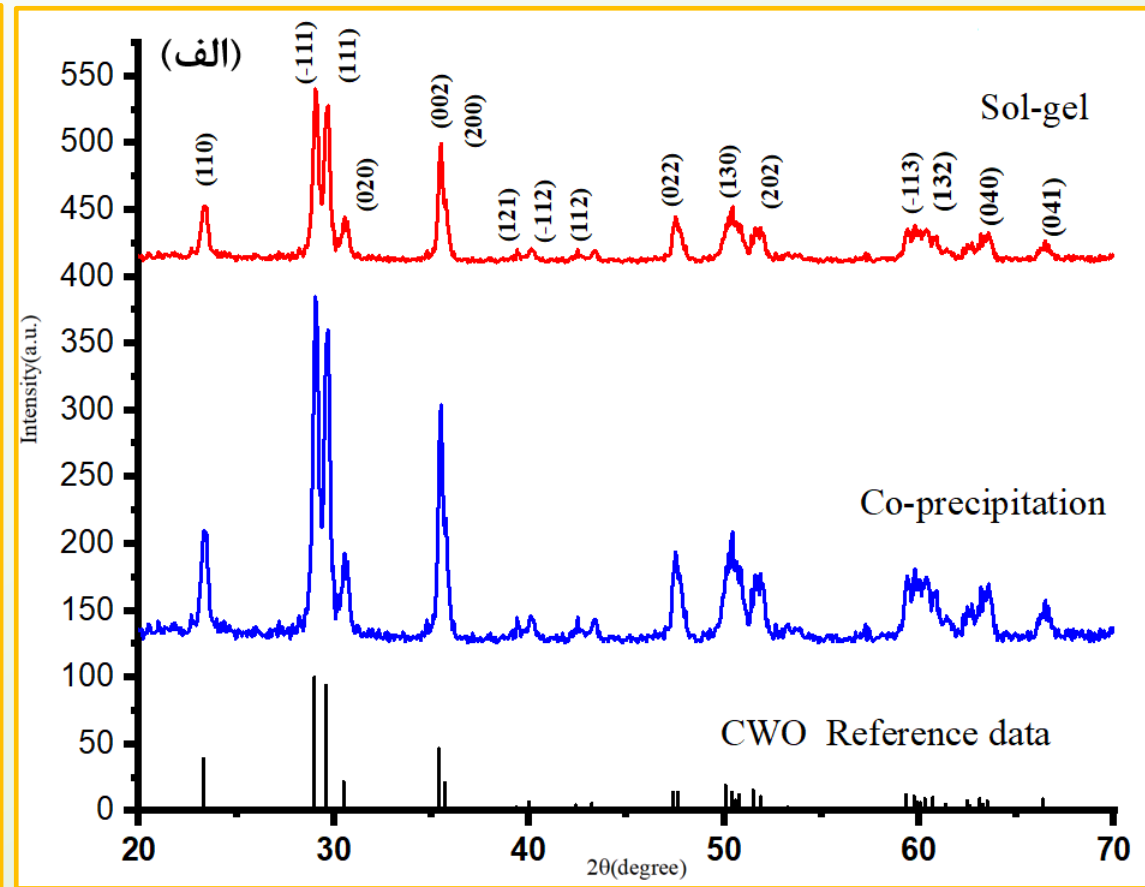
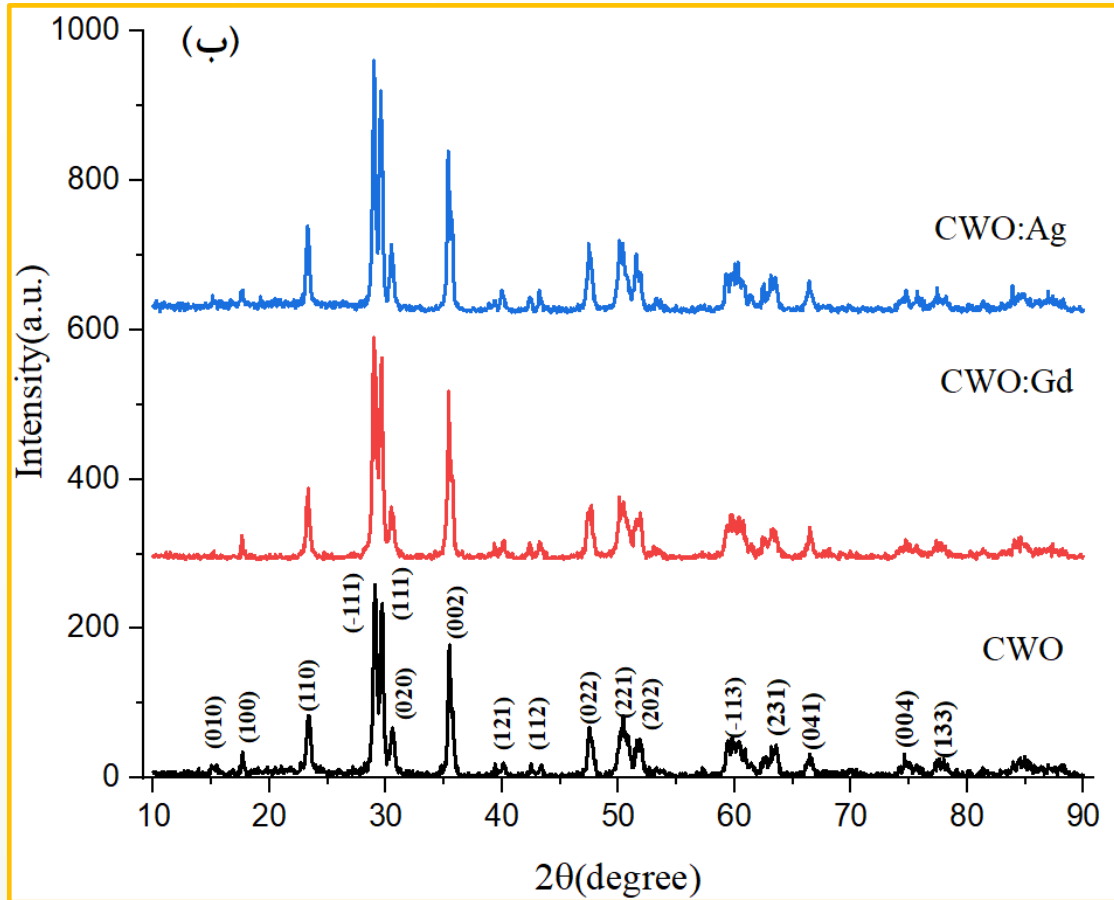
شکل ۱۰. خلاصه مراحل تولید لایه مرکب.

تحليل نتايج



تحلیل نتایج

الگوی پراش پرتوی ایکس:



شکل ۱۱. (الف). الگوی XRD نمونه‌های CWO تولید شده به روش سل-ژل و هم‌رسوبی و داده‌های رفرنس. (ب). مقایسه الگوی XRD نمونه‌های خالص و آلاینده.

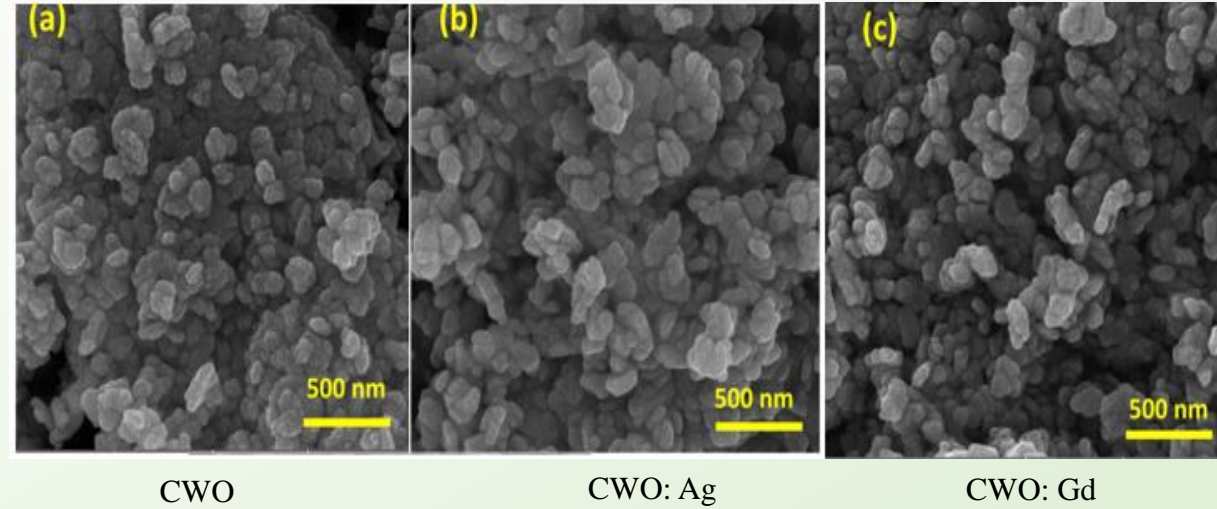
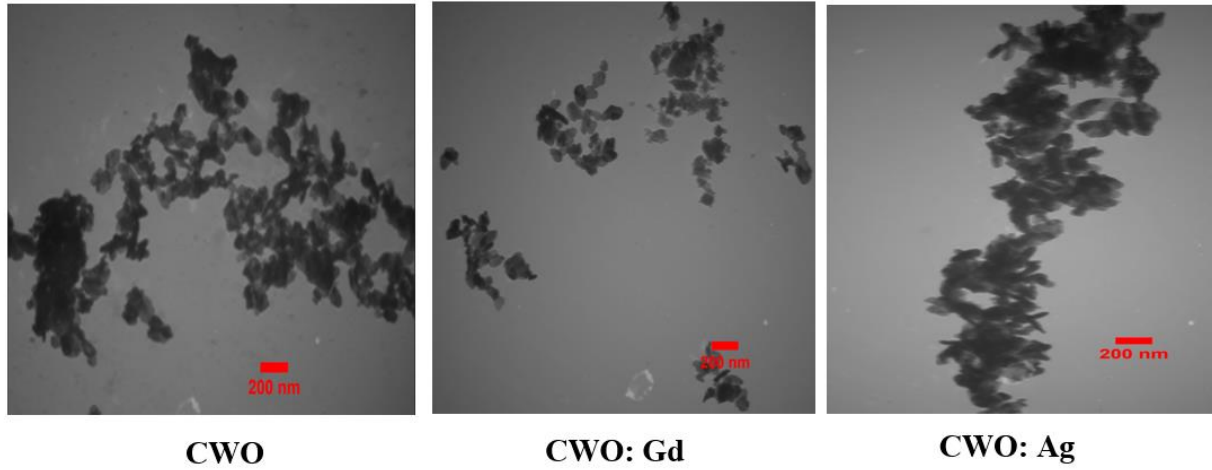
تحلیل نتایج

اندازه بلورک و کرنش:

$\epsilon_{\text{Rietveld}} * 10^{-3}$	d_{Rietveld} (nm)	$\epsilon_{\text{Williamson}} * 10^{-3}$	$d_{\text{Williamson}}$ (nm)	d_{Scherrer} (nm)	$V(A^0)^3$	γ (degree)	$c(A^0)$	$b(A^0)$	$a(A^0)$	نمونه
				27.85						CWO سل ژل
15.1±3.5	27.1±4.6	4.1	25.2	32	149.57	91.47	5.86	5.07	5.03	CWO همرسوبی
14.5±4.5	27± 8.4	9.6	34.2	34	149.62	91.56	5.86	5.07	5.03	CWO: Gd همرسوبی
7.8±0.9	31± 3.8	7.2	42	33	149.59	91.54	5.86	5.07	5.03	CWO: Ag همرسوبی
					149.3& 149.4	91.50& 91.48	5.857& 5.858	5.072& 5.073	5.029 &5.028	تک بلور CWO
					149.69	91.47	5.867	5.078	5.026	CWO هیدروترمال
				30&31			5.74 & 5.76	5.03 & 5.2	4.94& 4.99	CWO همرسوبی

تحلیل نتایج

تصاویر SEM و TEM نانوپودرها:



شکل ۱۳. تصاویر TEM نانوپودرها

شکل ۱۲. تصاویر FE-SEM نانوپودرها

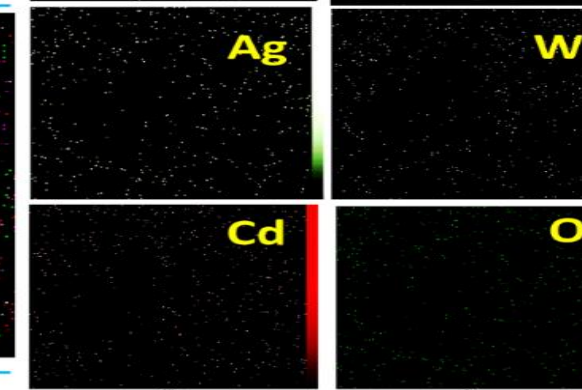
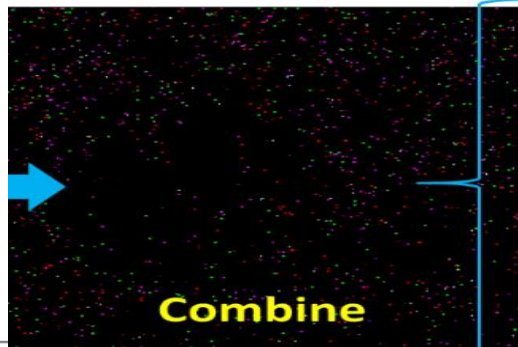
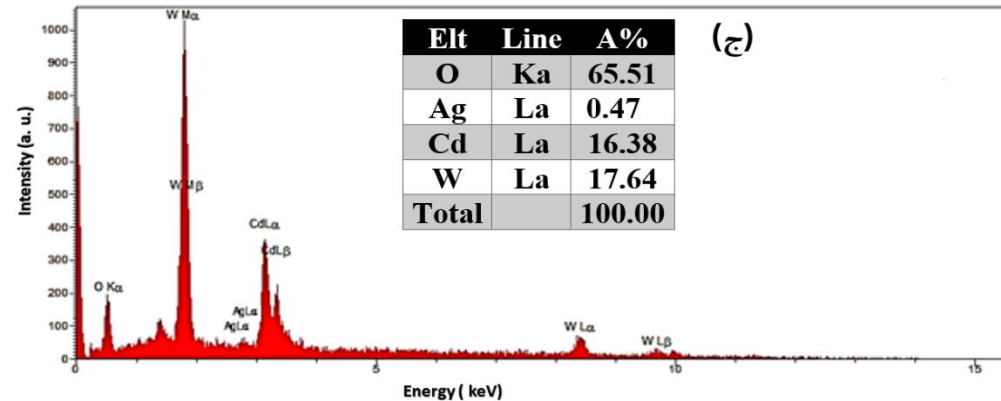
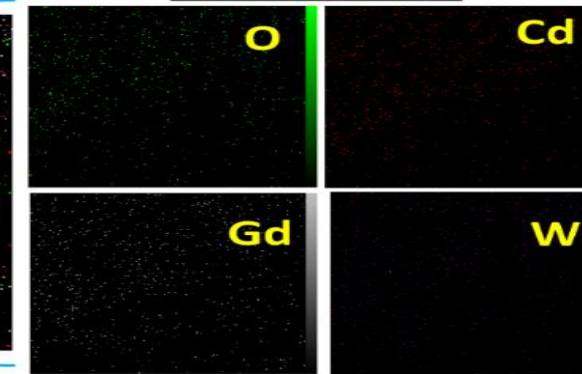
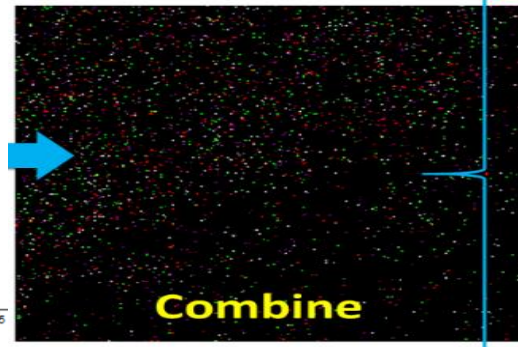
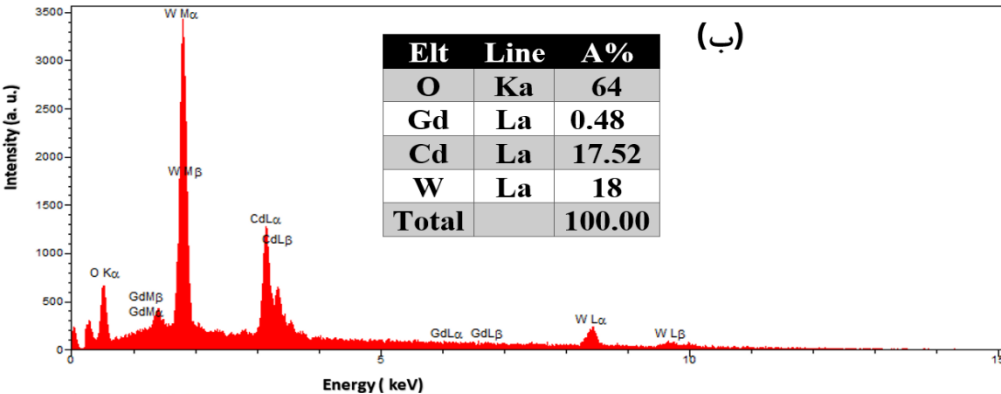
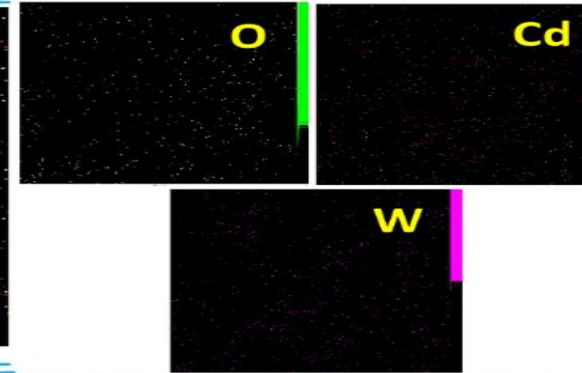
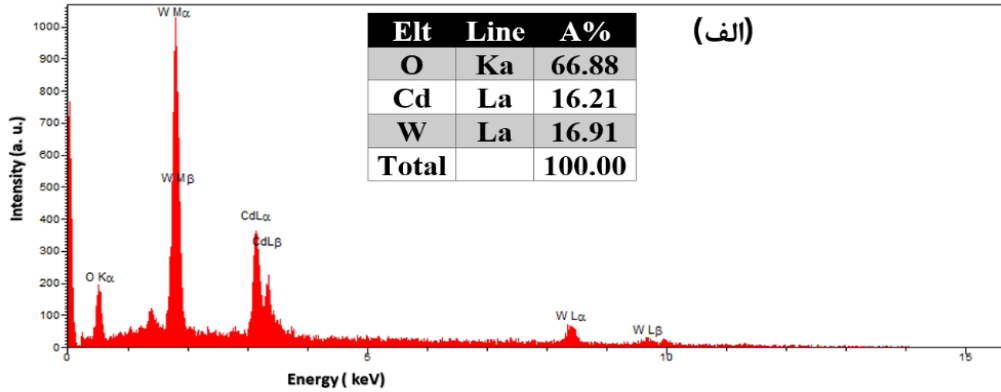
جدول ۱. اندازه ذرات

D(nm)	نمونه
62	CWO
68	CWO: Ag
53	CWO: Gd
100, 200	CWO همرسوبی
150*25	CWO هیدروترمال



تحليل نتايج

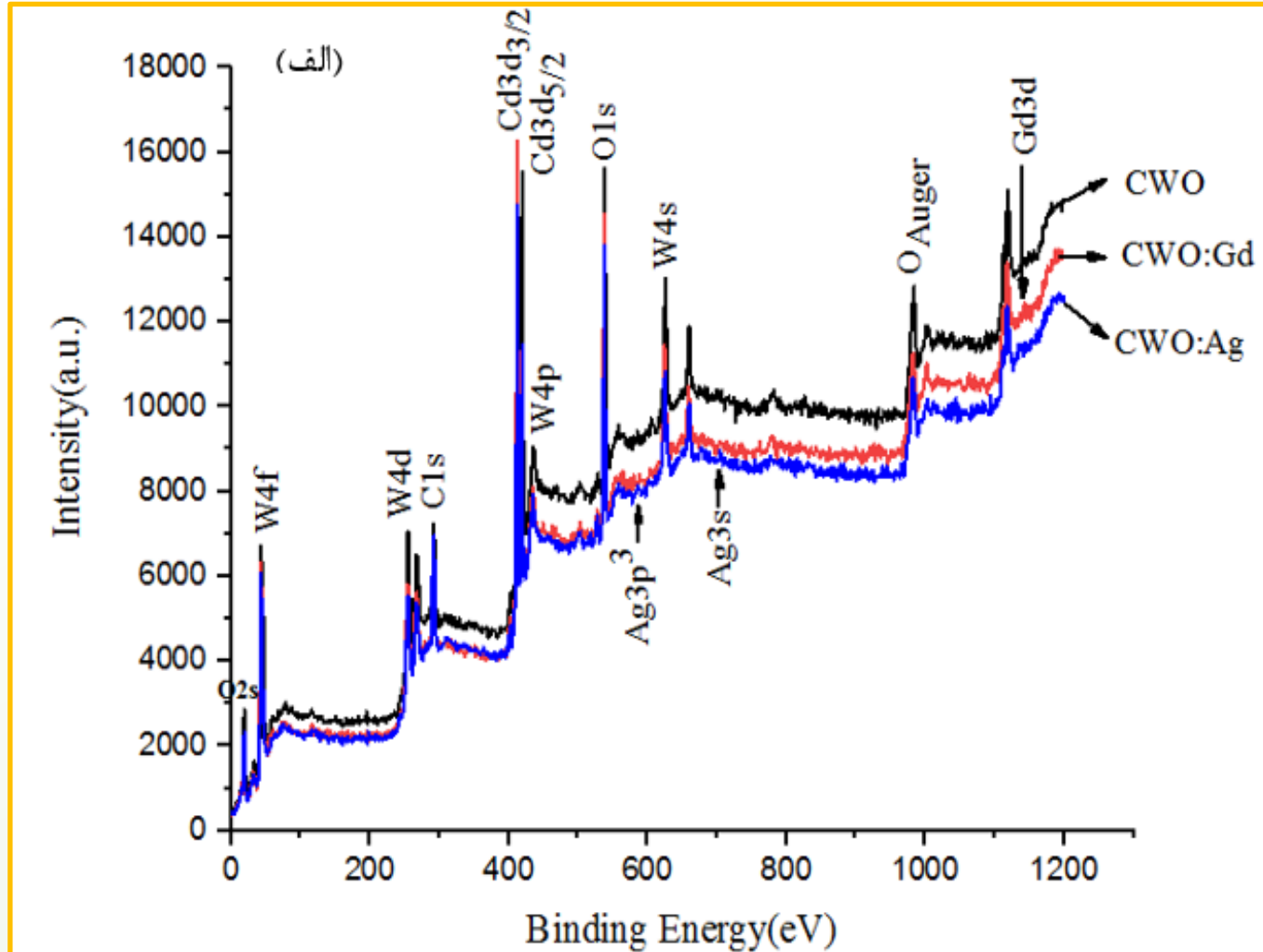
تصاویر EDAX-map



شکل ۱۴ - نتايج EDAX
 (الف). نمونه CWO،
 (ب) CWO:Gd .
 و (ج) CWO:Ag .

تحلیل نتایج

طیف سنجی XPS نانوپودرهای خالص و آلاینده:



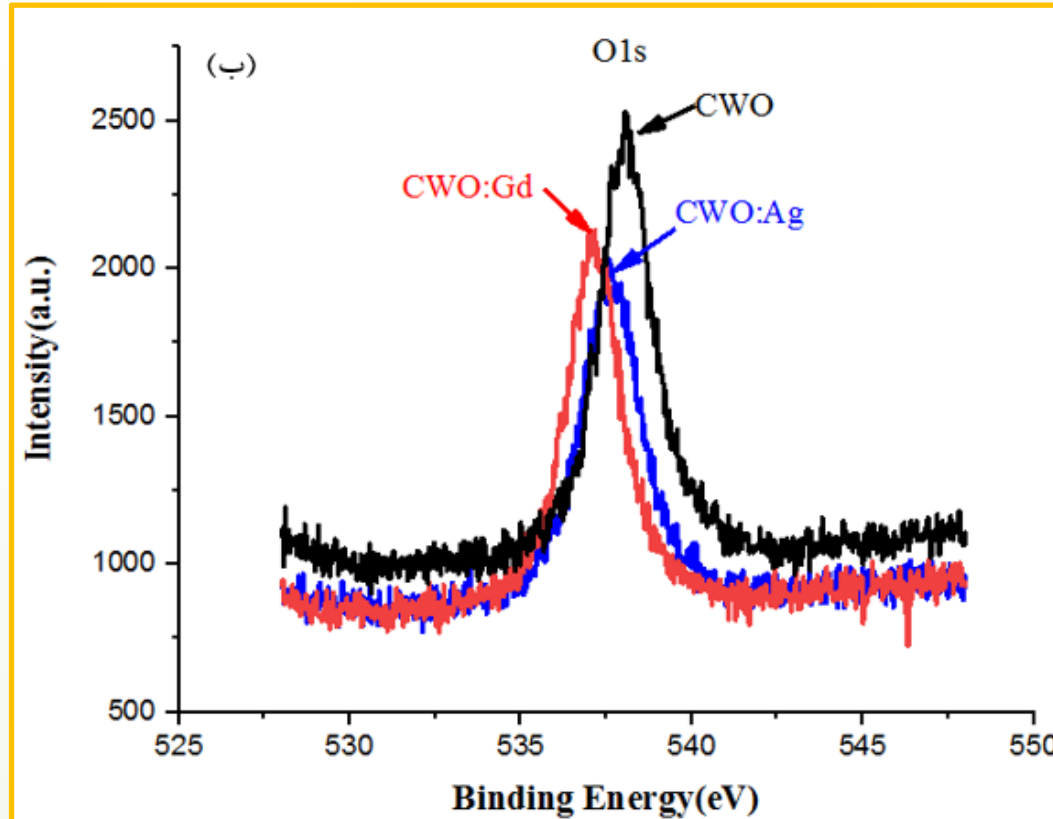
W4s	W4d	W5s	W4f	نمونه
605	256.5	75	40	CWO

Gd3d _{5/2}	Gd3d _{3/2}	Ag3s	Ag3p ³	نمونه
		705	584	CWO:Ag
1118	1112			CWO:Gd

شکل ۱۵. (الف) طیف XPS کلی برای CWO, CWO:Ag, CWO:Gd.

تحليل نتايج

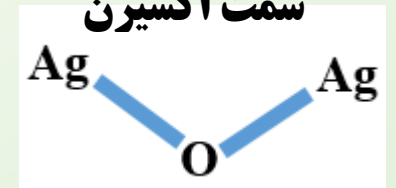
طيف سنجي XPS :



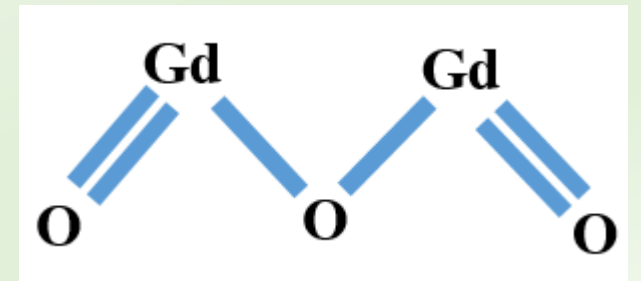
O1s	نمونه
538	CWO
537	CWO:Gd
537.5	CWO:Ag



جابجايي ابرالکتروني به سمت اکسيژن



جابجايي بيشترابرالکتروني به سمت اکسيژن



شکل ۱۶. (ب) طيف XPS قله محدود به O 1 s.

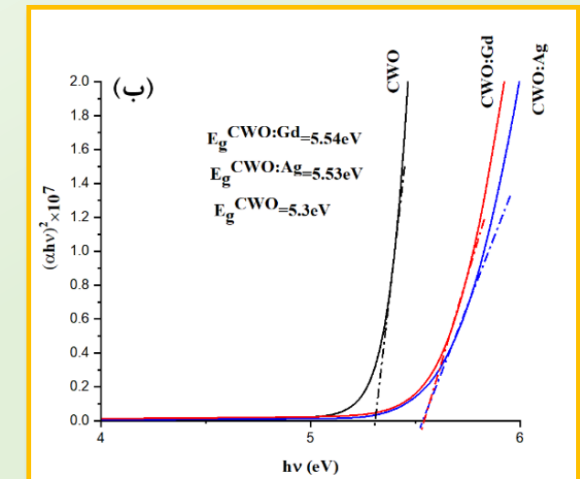
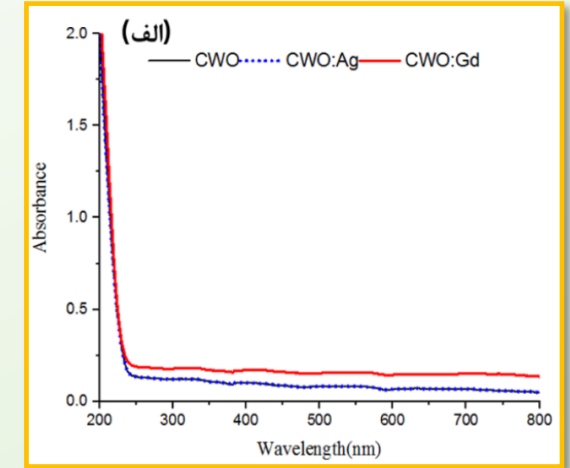


تحلیل نتایج

طیف سنجی UV-Vis و DRS:

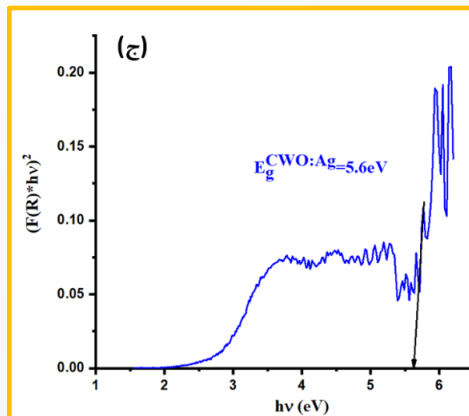
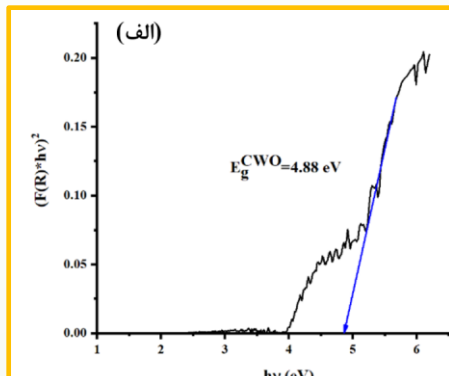
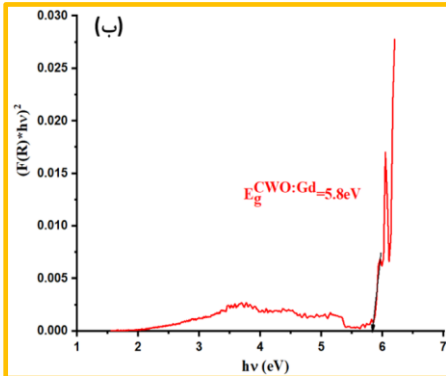
جدول ۲. مقایسه مقادیر گاف نواری روش UV-Vis و DRS در پژوهش با مقادیر ذکر شده در مقالات

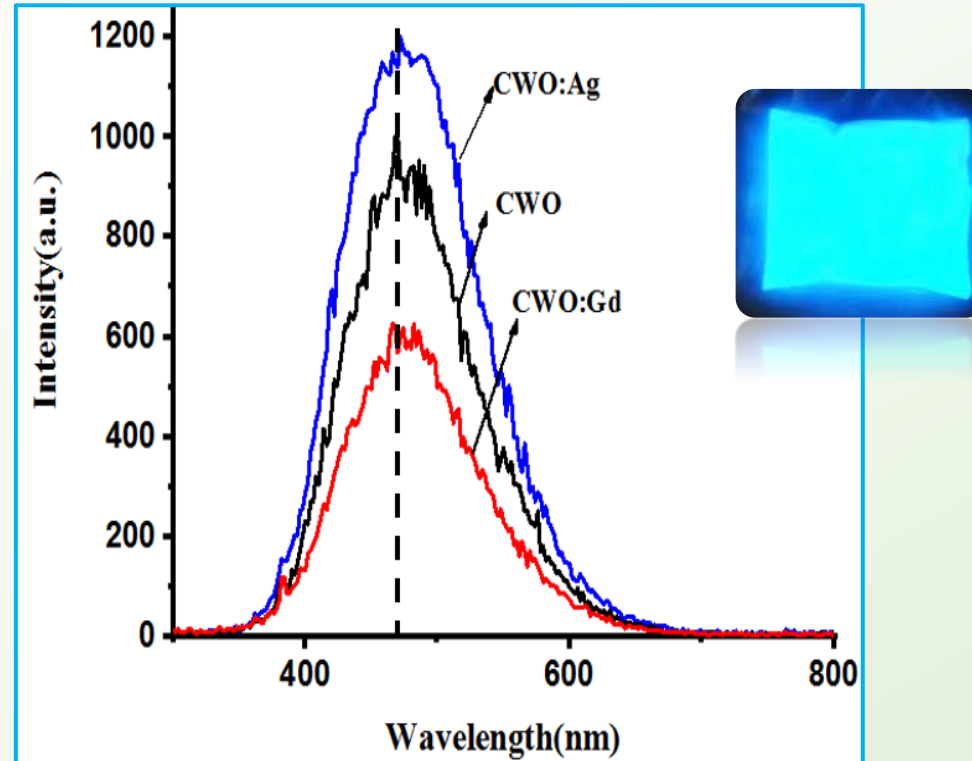
نمونه	E_g (eV) UV-Vis	E_g (eV) DRS
CWO	5.30	4.88
CWO: Ag	5.53	5.6
CWO: Gd	5.54	5.8
CWO _(Theory)	4.94	
CWO _(Exp)	3.8-5	



شکل ۱۷ - (الف). نمودار جذب فرابنفش نانوپودرها، (ب). منحنی تاک طیف جذب نانوپودرها.

شکل ۱۸ - طیف کوبلکا-مونک برای (الف) نانوپودر CWO، (ب) CWO: Gd و (ج) CWO: Ag.





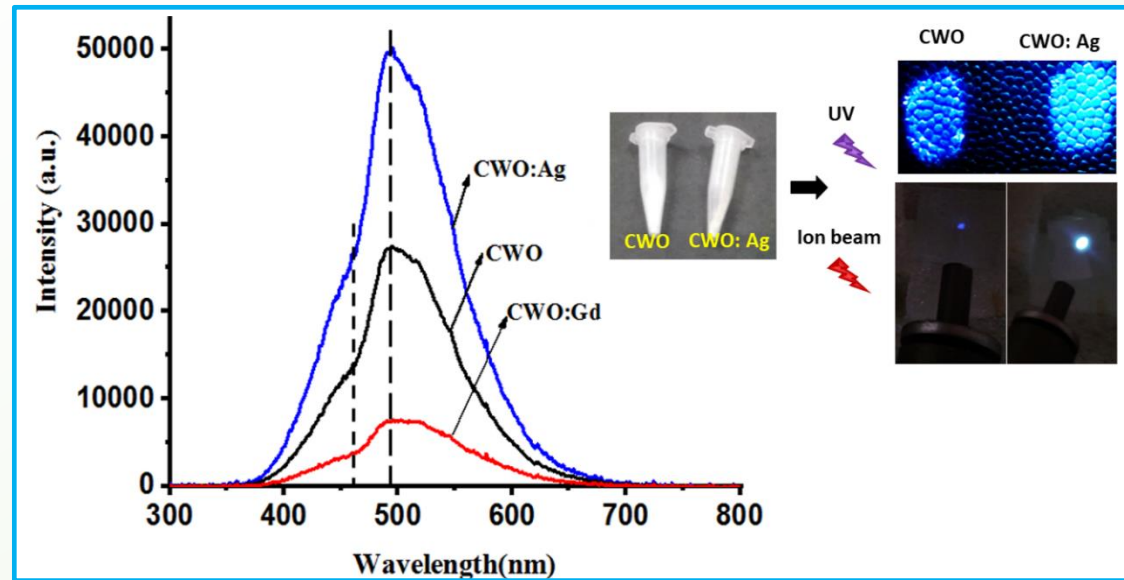
شکل ۱۹ - مقایسه نتایج PL نانوپودرها (طول موج برانگیختگی 290nm).

تحلیل نتایج

طیف سنجی یون القایی (IBIL):

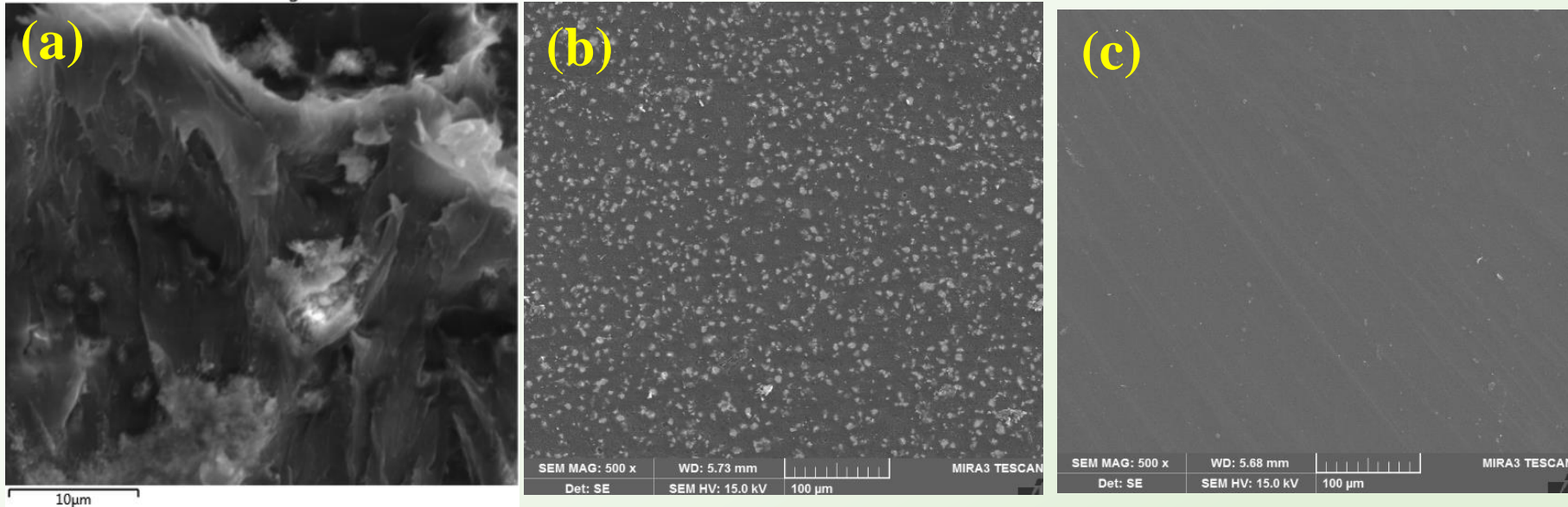
جدول ۳- طول موج بیشینه و نیز شدت بیشینه در منحنی‌های PL و IBIL نمونه‌های خالص و آلائیده.

I_{emi}^{IBIL} (a. u.)	I_{emi}^{PL} (a. u.)	λ_{emi}^{PL} (nm)	$\lambda_{shoulder}^{IBIL}$ (nm)	λ_{emi}^{IBIL} (nm)	نمونه
27457.67	1000	468.05	460	495.43	CWO
7548.33	626.17	467.8	460	495.43	CWO:Gd
50171	1200	467.6	460	495.43	CWO:Ag



شکل ۲۰- طیف IBIL پودرهای تولید شده CWO، CWO:Ag و CWO:Gd.

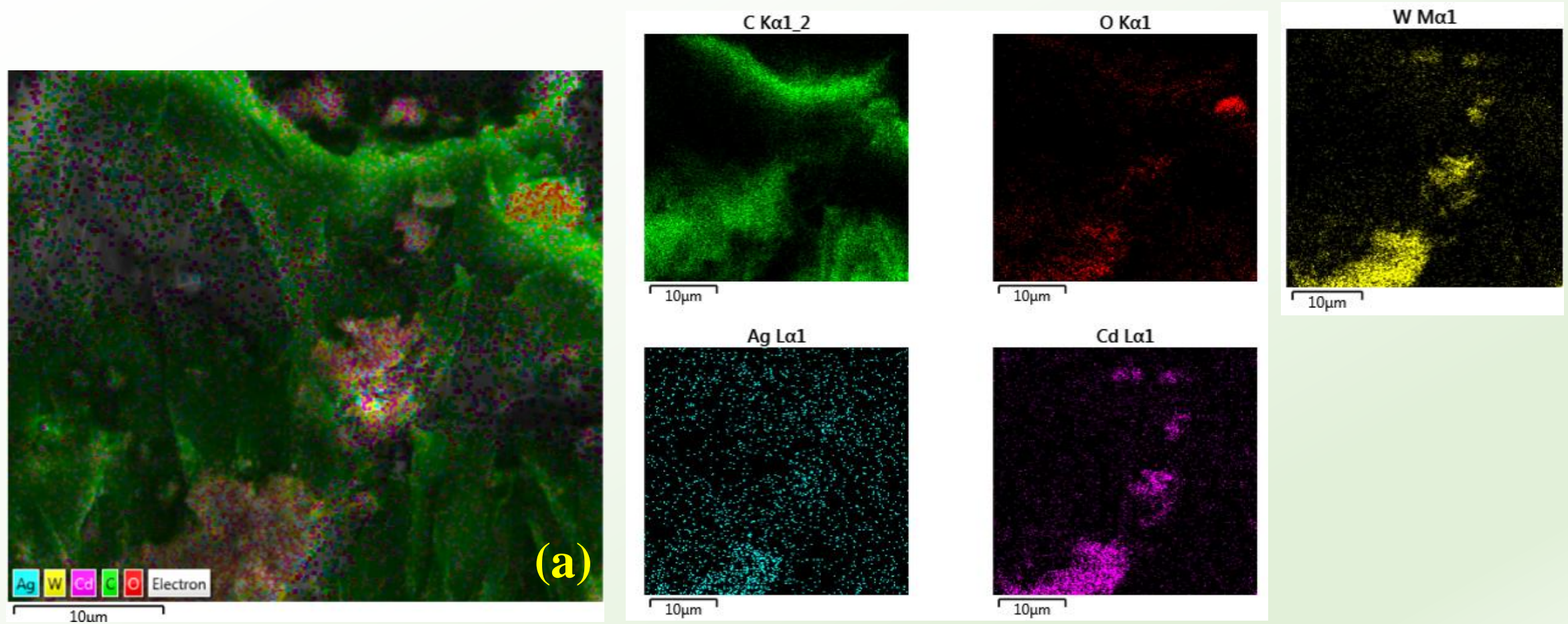
تصاویر SEM لایه های نازک پلیمری:



شکل ۲۱- تصویر SEM، (a). مقطع عرضی لایه مرکب پلی استر / CWO:Ag، (b). سطح تحتانی، (c). سطح فوقانی لایه مرکب.



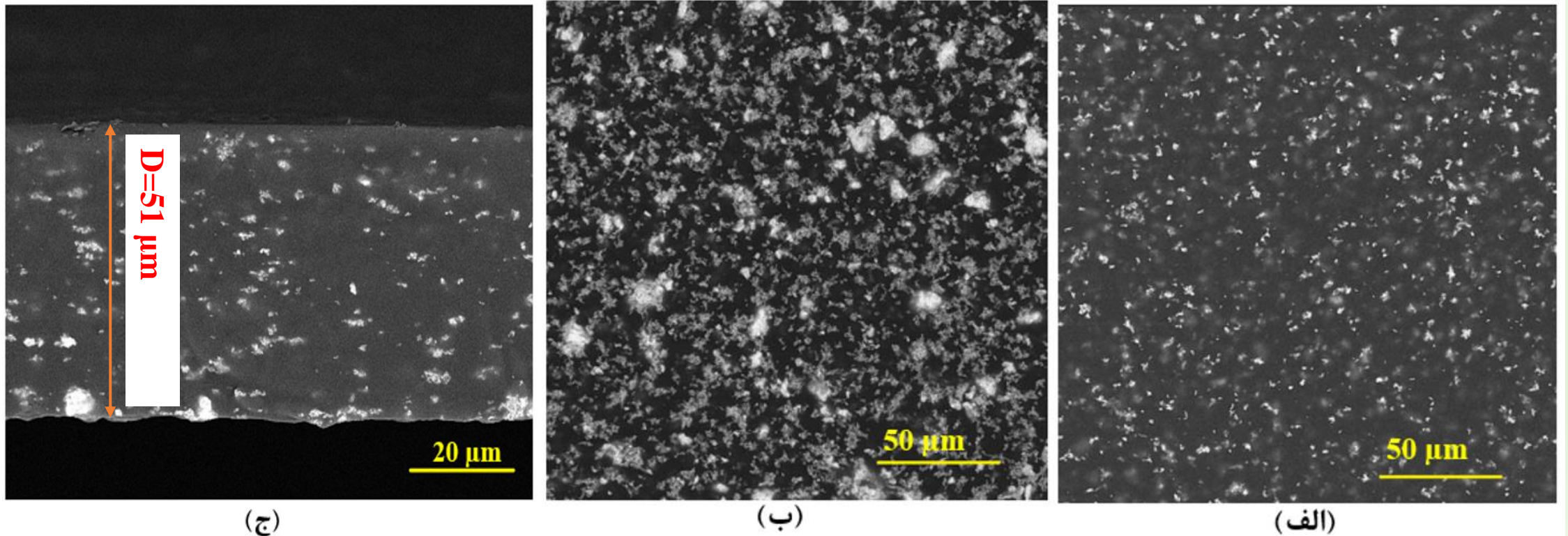
تصویر EDAX-map لایه نازک پلیمری:



شکل ۲۲. (a) تصویر EDAX-map از مقطع عرضی لایه مرکب پلی استر / CWO:Ag.

تحلیل نتایج

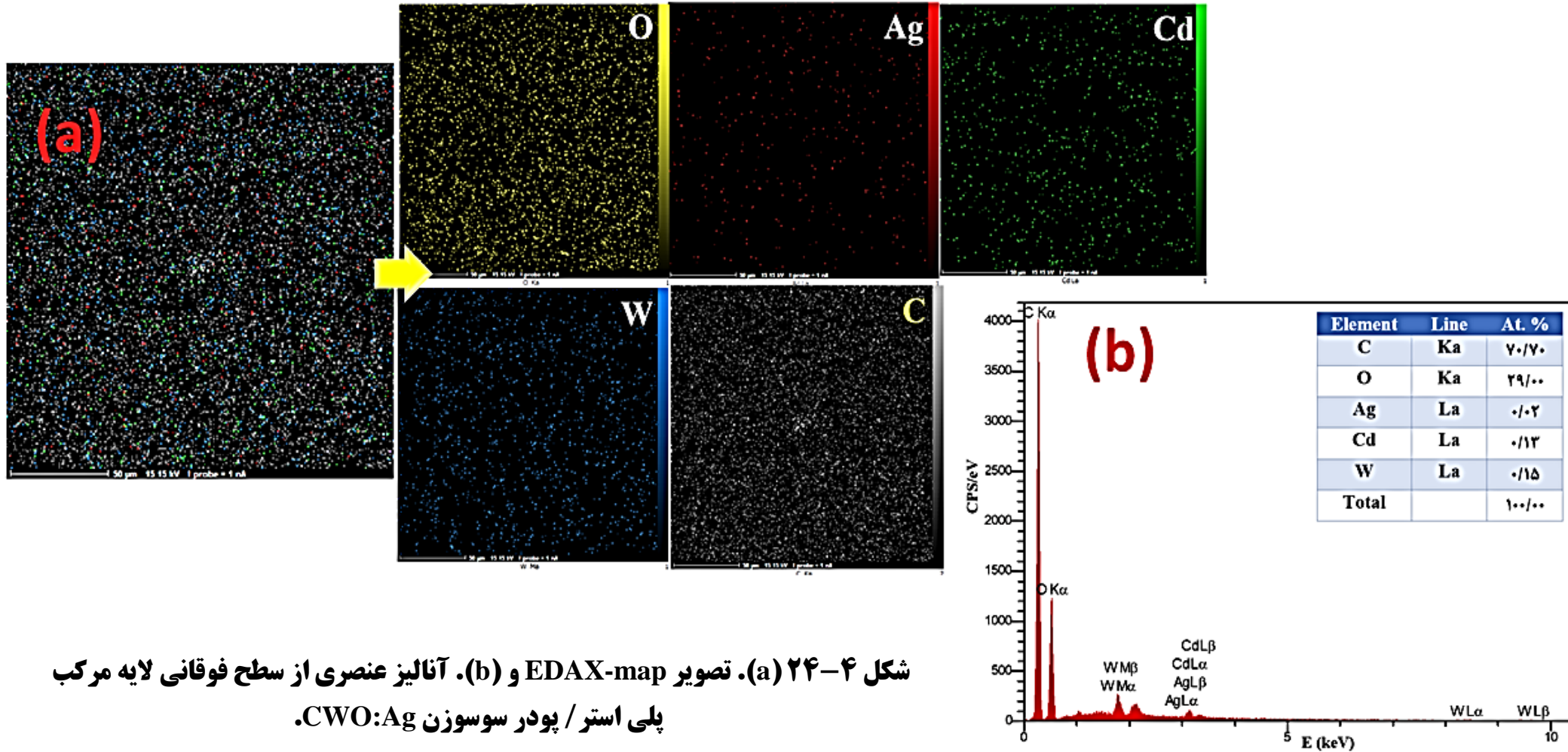
تصاویر SEM لایه های نازک پلیمری:



شکل ۴-۲۳- تصاویر FE-SEM از (الف). سطح فوقانی (ب). سطح پشتی و (ج). مقطع عرضی لایه مرکب پلی استر / پودر سوسوزن Ag:CWO.



تصویر EDAX-map لایه نازک پلیمری:



شکل ۴-۲۴ (a). تصویر EDAX-map و (b). آنالیز عنصری از سطح فوقانی لایه مرکب پلی استر / پودر سوسوزن Ag:CWO.

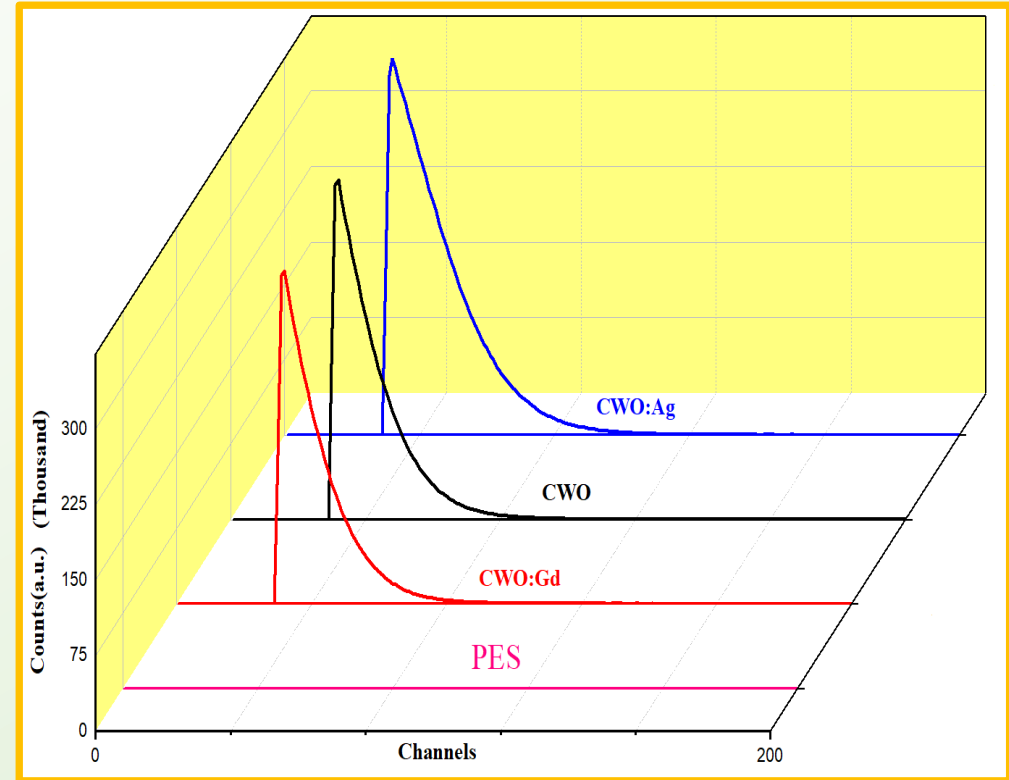
تحليل نتايج

جدول ۴- بهره شمارش مطلق و خالص لایه‌ها تحت چشمه ^{241}Am با اکتیویته .

3330Bq

نمونه	نرخ شمارش خالص (CPS)	بهره شمارش مطلق (%)	R (%)
CWO	8731	43	43
CWO: Ag	10524	96	58
CWO: Gd	8439	34	38

نتايج طيف ارتفاع پالس لایه ها:



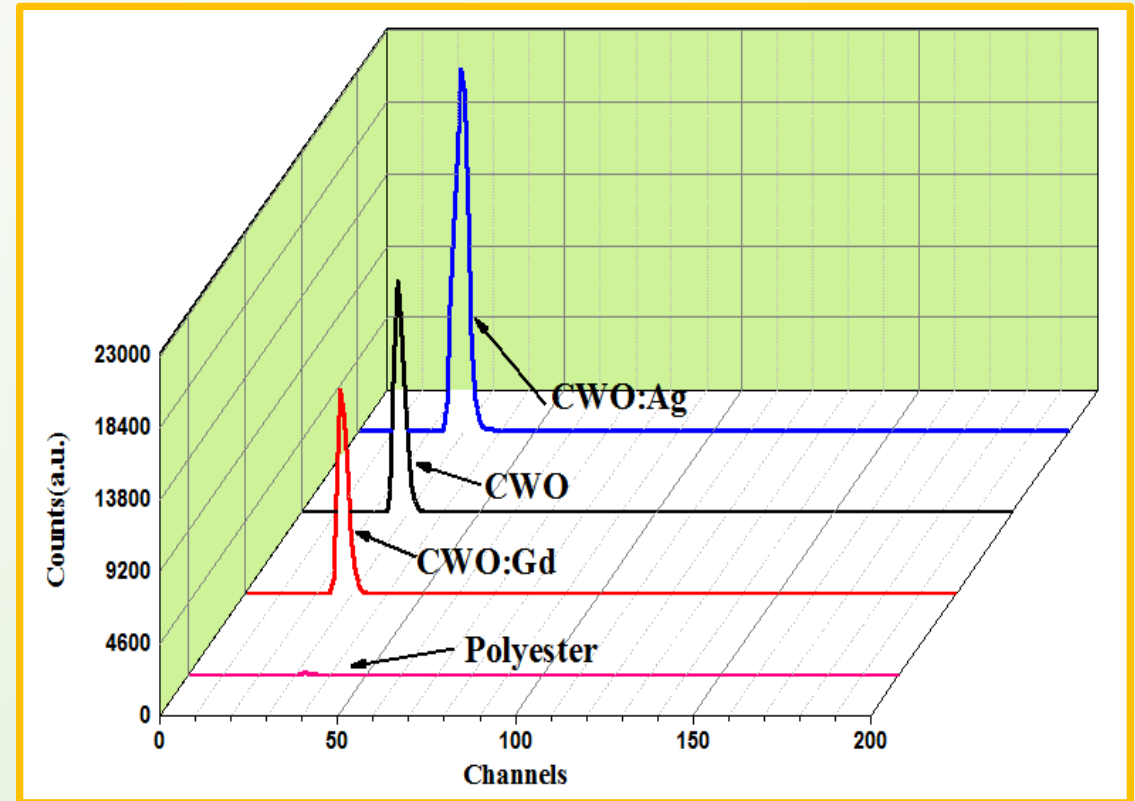
شکل ۲۵- طيف ارتفاع پالس لایه‌ها و زمینه چشمه ^{241}Am با اکتیویته (3330 Bq).

تحلیل نتایج

جدول ۵. بهره شمارش مطلق و خالص لایه‌ها و زمینه تحت چشمه ^{241}Am با اکتیویته 1860Bq.

ضخامت تجربی (μm)	R (%)	بهره شمارش مطلق (%)	نرخ شمارش خالص (CPS)	نمونه
54	11	28.56	531.22	CWO
53	13	58.18	1085.21	CWO: Ag
57	10.4	25.10	469.92	CWO: Gd

نتایج طیف ارتفاع پالس لایه‌ها:



شکل ۲۶. طیف ارتفاع پالس لایه‌های انعطاف پذیر تقویت شده با CWO، CWO: Ag و CWO: Gd به همراه طیف زمینه (چشمه آلفا ^{241}Am انرژی 5.5 MeV).

جدول ۶. بهره شمارش مطلق لایه مرکب CWO:Ag با ضخامتهای مختلف تحت 100 s تابش چشمه ^{241}Am با اکتیویته 1860Bq .

ضخامت تجربی (μm)	بهره شمارش مطلق (%)	نرخ شمارش خالص (CPS)	نمونه
30	33.87	630.10	CWO:Ag-1
60	57.99	1078.70	CWO: Ag-2
100	20.51	336.40	CWO:Ag-3

پایداری سوسوزنی لایه نازک Ag:CWO:

جدول ۷. بهره شمارش مطلق لایه مرکب CWO:Ag تحت چشمه ^{241}Am پس از گذشت 800 روز.

بهره شمارش مطلق (%)	زمان (روز)	فعالیت (Bq)	چشمه آلفا
~ 58	1	1860	^{241}Am
~ 55.8	800	1860	^{241}Am

خواص مکانیکی لایه ها:

نتایج آزمون کشی لایه مرکب polyester/CWO تحت استاندارد ASTM D18-889:

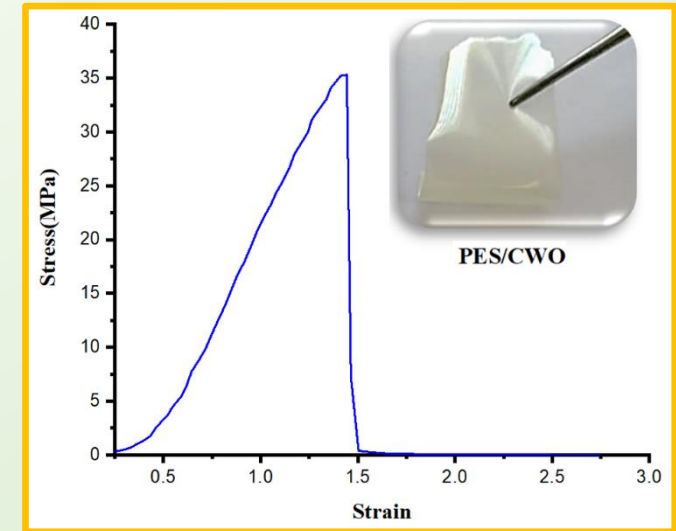


$$E=966.7\text{MPa}$$

$$e=1.5$$

$$\sigma_{\text{UTS}} = \sigma_{\text{F}} = 29 \text{ MPa}$$

$$EL=3\%$$



شکل ۲۸- نمودار تنش- ازدیاد طول نسبی برای لایه مرکب polyester/CWO.

شکل ۲۷- نمودار تنش- کرنش به همراه تصویر لایه نازک polyester/CWO.

جدول ۸- مقادير نور خروجي، بهره شمارش مطلق، حد تفكيك انرژي و زمان تاخير.

$\tau(ns)$	Energy resolution (%)	Efficiency (%)	Light Yield (photon/MeV)	ماده سوسوزن
	11, 43	28.56,43		PES/CWO- α
	56, 13	58.18,96		PES/CWO:Ag- α
	10.4, 38	25.10, 34		PES/CWO:Gd- α
16020, 17700	62.5-90	34.67, 46.4, 48		PMA/CWO- α
		52.3, 61.6		plexiGlass/CWO- α
20000, 19000	6.6		15000	CWO- γ

نتیجه گیری کلی

1. مشکل روش سل-ژل دشواری در رسیدن به محلول پایدار، حضور فازهای ناخالصی و بلورهای WO_3 و عیوب بالا در محصولات و تأثیر گذاری پارامترهای زیاد بر ویژگیهای محصولات؛
2. برای حل مشکلات مربوط به روش سل-ژل برای تولید نمونه‌های خالص و آلاینده از روش هم‌رسوبی که ساده و کم هزینه است و امکان تولید محصولات در دمای محیط را فراهم می‌کند استفاده گردید.
3. اثر آلاینده‌ها با ظرفیت‌ها و عملکردهای متفاوت (نقره بعنوان فلز نجیب و گادولینیوم بعنوان فلز کمیاب خاکی (لانتانید)) بر ویژگی‌های نوری و سوسوزنی تنگستات کادمیم بررسی گردید.

نتیجه گیری کلی

3. حسگرهای سوسوزن انعطاف پذیر با خواص نوری مناسب تهیه گردیدند.
4. آرایش CWO به Ag و Gd باعث تغییر بهره شمارش مطلق CWO به 96 و 25٪ شد.
5. آرایش CWO به Gd باعث کاهش حد تفکیک انرژی تا 10.4٪ و بهبود در کیفیت آشکارسازی شد.
6. روش تهیه و ساخت حسگرها مقرون به صرفه بود و قابلیت تولید در مقیاس انبوه را دارند.

دستاورد ها

- مقالات ISI
- مقالات داخلی
- مقالات کنفرانسی
- مقالات در حال مکاتبه

پیشنهادات برای کارهای آتی

- استفاده از غلظت‌های بالاتر نقره تا مقادیر 3% اتمی در CWO برای دریافت بهره کوانتومی و بهره آشکارسازی بهتر
- آرایش نانوپودر تنگستات کادمیم به آلاینده های دیگر با ظرفیت +1 و بررسی ویژگیهای نورتابی و سوسوزنی تحت تابش پرتوی X، γ و نوترون مقایسه نتایج با مقادیر ارائه شده برای بلور
- ساخت لایه‌های نازک مرکب با پلیمرهای دیگر مانند پلی استایرن (PS) و PMMA که نانو ذرات CWO: Ag در آن توزیع شده‌اند.
- بررسی اثر غلظت‌های مختلف گادولینیوم بر ویژگیهای نورتابی و سوسوزنی تنگستات کادمیم تحت تابش پرتوی X، γ و نوترون.



دانشگاه سمنان

قدردانی

