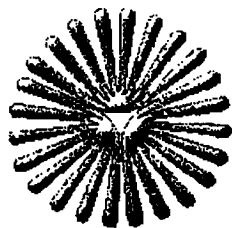


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

١٥٢٣٤٥



دانشگاه پیام نور

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته شیمی (معدنی)

دانشکده علوم

گروه علمی شیمی

عنوان پایان نامه:

سنتز و شناسایی نانو کادمیم (II) اکسید و سولفید با استفاده از پلیمرهای

کوئوردیناسیونی جدید سنتز شده

استاد راهنما:

دکتر علی مرسلی

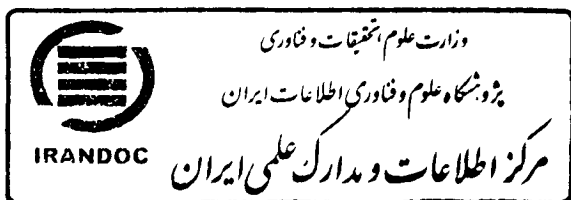
استاد مشاور:

دکتر فرزین مرندی

نگارش:

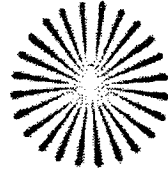
مریم رضانی

شهریور ۱۳۸۹



۱۵۲۳۶۵

۱۳۸۹/۱۱/۲۴



دانشگاه پیام نور
دانشکده علوم
گروه شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته‌ی شیمی گرایش معدنی خانم مریم رمضانی تحت عنوان

سنتز و شناسایی نانو کادمیم (II) اکسید و سولفید با استفاده از پلیمرهای کئوردیناسیونی جدید سنتز شده

در تاریخ ۸۹/۶/۲۹ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با نمره ۱۹.۴۵... با درجه... عالی..... به تصویب
نهایی رسید.

امضاء
A

با مرتبه‌ی علمی دانشیار

۱- استاد راهنما دکتر علی مرسلی

امضاء

با مرتبه‌ی علمی دانشیار

۲- استاد مشاور دکتر فرزین مرنندی

امضاء

با مرتبه‌ی علمی دانشیار

۳- استاد داور دکتر حسن حسینی منفرد

امضاء

با مرتبه‌ی علمی استادیار

۴- نماینده تحصیلات تکمیلی دکتر محمود پایه قدر

امضاء

تقدیر و تشکر

حمد و سپاس ایزد منان را که با الطاف بیکران خود این توفیق را به من ارزانی داشت که دوره ای دیگر از تحصیلات خود را به پایان برسانم.

با سپاس بیکران از همه اساتیدی که به من آموختند هر آنچه خود آموخته بودند: استاد ارجمند و فرزانه ام " جناب آقای دکتر مرسلی " که علاوه بر زحمت راهنمایی پایان نامه، همواره از پشتیبانی و راهنمایی های ایشان بهره مند بوده ام. جناب آقای دکتر مرندی: که با حوصله و دقت زحمت مطالعه، و تصحیح پایان نامه مرا به عهده گرفتند.

سپاس فراوان خود را تقدیم می دارم
به پدر و مادرم، که روشنی بخش زندگی من بودند
و همسرم

که همواره همدل و همراه من بود.

چکیده

در سالهای اخیر تلاش زیادی برای سنتز کمپلکس ها و پلیمرهای کوئوردیناسیونی بر مبنای لیگاندهای آلی چند دندانه شده است. این مواد به دلیل داشتن خواص منحصر به فرد، کاربردهای زیادی در صنعت دارند. سنتز پلیمرهای کوئوردیناسیونی جدید از کادمیم (II) در ابعاد بالک و نانو با استفاده از روش گرادیان دمایی و به روش شاخه جانبی صورت گرفته و با روش طیف سنجی IR و NMR و پایداری حرارتی آن ها توسط آنالیزهای وزن سنجی حرارتی (TGA) و تجزیه گرمایی تفاضلی (DTA) شناسایی شدند که عبارتند از:

[Cd(N₃)(3-pyc)(H₂O)] (۱), Nano-Plates of [Cd(N₃)(3-pyc)(H₂O)] (۲),

[Cd(SCN)(2-pyc)] (۳),

[Cd(I)(2-pyc)] (۴),

2-Hpyc=2-pyridinecarboxylic acid, 3-Hpyc=3-pyridinecarboxylic acid,

نانو ذرات پلیمرهای کوئوردیناسیونی با استفاده از روش سونوشیمی سنتز شدند و شکل ظاهری و مطالعات ساختاری آن ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی رویشی (SEM) و پراش اشعه X (XRD) انجام گرفت.

نانو کادمیم (II) اکسید با بکار بردن کمپلکس های سنتز شده ۴-۱ از طریق روش های کلسینه مستقیم، سل-ژل و تجزیه گرمایی در سورفکتانت اولئیک اسید سنتز شد. با توجه به طیف IR و SEM, XRD و تجزیه های حرارتی TGA و DTA در همه موارد وجود نانو ذرات CdO تأیید گردید.

در مواردی که سه ترکیب با روش مشابهی، جهت تهیه نانو کادمیم (II) اکسید، بکار گرفته شد نتایج تصاویر SEM نشان داد که شکل بلوری پلیمرهای کوئوردیناسیونی در مورفولوژی و اندازه ذرات نانو بدست آمده از آن ها تأثیر گذاشته است. هم چنین روش های مختلف نیز با پیش ماده یکسان، مورفولوژی و اندازه های متفاوتی را در پی داشته است.

کلمات کلیدی: پلیمر کوئوردیناسیونی، کادمیم (II)، نانو ساختار، کادمیم (II) اکسید.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول (مقدمه).....
۲	۱-۱- مقدمه ای در مورد کادمیم.....
۲	الف- معرفی عمومی.....
۲	ب- خواص فیزیکی.....
۲	پ- خواص شیمیایی.....
۳	ت- ایزوتوپ ها.....
۳	ث- سمیت.....
۳	ج- تاریخچه پیدایش.....
۳	ح- کاربردها و خواص بیولوژیکی.....
۴	۲-۱- بلور و بلورشناسی.....
۴	۱-۲-۱- روش های مختلف تهیه بلور از پلیمر های کوئوردیناسیونی.....
۵	الف- تبخیر آهسته.....
۵	ب- سرد کردن آهسته محلول.....
۵	ج- روش نفوذ حلال.....
۵	د- روش نفوذ ژل.....
۶	و- کریستال گیری به روش شاخه جانبی.....
۶	۱-۲-۲- ساختمان داخلی بلورها و شبکه های بلوری.....
۸	۱-۲-۳- روش های شناسایی.....
۸	الف- روش های پرتو ایکس.....
۹	ب- آنالیز حرارتی.....
۹	۱-۳-۳- پلیمرهای کوئوردیناسیونی.....
۹	۱-۳-۱- معرفی پلیمر های کوئوردیناسیونی.....
۱۰	۱-۳-۲- انواع پیوندها در ساختار پلیمر کوئوردیناسیونی.....

- ۱۲-۳-۳-۱- انواع شبکه های کوئوردیناسیونی.....
- الف- شبکه های تک بعدی..... ۱۳
- ب- شبکه های دو بعدی..... ۱۳
- ج- شبکه های سه بعدی..... ۱۵
- ۱۷-۴-۳-۱- خواص پلیمر های کوئوردیناسیونی.....
- الف- خاصیت تخلخل..... ۱۷
- ب- خاصیت مغناطیسی..... ۲۰
- پ- خاصیت رسانایی..... ۲۰
- ت- خواص رنگی..... ۲۰
- ث- خواص اکسایش و کاهش..... ۲۰
- ج- خاصیت کاتالیزوری..... ۲۱
- چ- خواص لومینسانس..... ۲۲
- ۲۳-۴-۱- پلیمر های کوئوردیناسیونی کادمیم.....
- ۱-۴-۱- نمونه هایی از پلیمر های کوئوردیناسیونی یک بعدی کادمیم (II)..... ۲۳
- الف- پلیمر کوئوردیناسیونی ساخته شده از لیگاند صلب..... ۲۳
- ب- پلیمر کوئوردیناسیونی ساخته شده از لیگاند انعطاف پذیر..... ۲۵
- ۲-۴-۱- نمونه ای از پلیمر کوئوردیناسیونی دو بعدی کادمیم (II)..... ۲۶
- ۳-۴-۱- نمونه ای از پلیمر کوئوردیناسیونی سه بعدی کادمیم (II)..... ۲۶
- ۱-۵-۱- نانو مواد، خواص و روش های سنتز آن..... ۲۹
- ۱-۵-۱- تعریف نانو..... ۲۹
- ۲-۵-۱- نانوذرات..... ۳۰
- ۳-۵-۱- کاربرد نانو ذرات..... ۳۱
- ۴-۵-۱- روش های ساخت نانو مواد..... ۳۲
- ۵-۵-۱- استفاده از سونوشیمی در تولید نانو ذرت..... ۳۳
- ۶-۵-۱- استفاده از روش کلسینه در تهیه نانو مواد..... ۳۴
- ۷-۵-۱- استفاده از روش سولوترمال در تهیه نانو مواد..... ۳۴
- ۸-۵-۱- استفاده از مواد فعال در سطح (سورفکتانت) در تهیه نانو مواد..... ۳۵
- ۹-۵-۱- استفاده از روش سل-ژل در تهیه نانو ذرات..... ۳۶

۵۸.....	۴-۱-۳- بررسی ساختار و مورفولوژی نانو ذرات ترکیب ۱
۶۱.....	۵-۱-۳- روش های سنتز نانو ذرات کادمیم (II) اکسید
۶۱.....	الف- تهیه نانو ذرات CdO از کلسینه نانو ذرات ترکیب ۱
۶۲.....	ب- سنتز نانو ذرات CdO به روش کلسینه مستقیم
۶۴.....	پ- تهیه نانو ذرات CdO از کمپلکس ۱ به روش تجزیه گرمایی در سورفکتانت و سپس کلسینه آن
۶۶.....	۲-۳- کمپلکس $[Cd(SCN)(2-PYC)(H_2O)]_n$ (۳)
۶۶.....	۱-۲-۳- خواص طیفی کمپلکس ۳
۶۷.....	۲-۲-۳- خواص حرارتی کمپلکس ۳
۶۸.....	۳-۲-۳- روش های سنتز نانو ذرات کادمیم (II) اکسید
۶۸.....	الف- سنتز نانو ذرات CdO با روش کلسینه مستقیم
۷۰.....	ب- سنتز نانو ذرات CdO با روش سل - ژل
۷۱.....	۳-۳- کمپلکس $[Cd(I)(2-pyc)]_n$ (۴)
۷۱.....	۱-۳-۳- خواص طیفی کمپلکس ۴
۷۲.....	۲-۳-۳- خواص حرارتی کمپلکس ۴
۷۲.....	۳-۳-۳- سنتز نانو ذرات کادمیم (II) اکسید به روش کلسینه مستقیم
۷۵.....	۴- نتایج
۷۶.....	۵- مراجع

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- تجمع بر گشت پذیر از بلوک های ساختاری که به سمت پلیمر کوئوردیناسیونی می رود.....	۱۱
شکل ۲-۱- نمایش انواع بر هم کنش $\pi-\pi$	۱۲
شکل ۳-۱- انواعی از شبکه های تک بعدی.....	۱۳
شکل ۴-۱- شبکه دو بعدی مربعی.....	۱۴
شکل ۵-۱- چند مثال از شبکه های دو بعدی T- شکل.....	۱۴
شکل ۶-۱- دو مثال از شبکه های دو لایه های T- شکل.....	۱۵
شکل ۸-۱- شبکه پلیمری با گره های الماسی از Cd و دارای حفره هایی جهت سوراخ.....	۱۵
شکل ۹-۱- شبکه های پلیمری با گره های الماسی و رسوخ شبکه ای در حفره ها.....	۱۶
شکل ۱۰-۱- شبکه سه بعدی با گره های اکتاهدراال.....	۱۶
شکل ۱۱-۱- انواعی از نامگذاری شبکه های سه بعدی.....	۱۷
شکل ۱۲-۱- طبقه بندی ترکیبات متخلخل به عنوان نوع اول، دوم و سوم.....	۱۸
شکل ۱۳-۱- طبقه بندی انواع ترکیبات نوع سوم.....	۱۹
شکل ۱۴-۱- مکانیسم کاتالستی $\{In_2(OH)_3(abc)_{1.5}\}_n$	۲۱
شکل ۱۵-۱- کمپلکس فلزی لاتانید و ساختار $Ba_2(H_2O)_4[LnL_3(H_2O)_2](H_2O)_n$	۲۲
شکل ۱۶-۱- لیگاند های نوع میله ای.....	۲۴
شکل ۱۷-۱- انواع لیگاندهای دو اتصالی سخت و زاویه دار.....	۲۴
شکل ۱۸-۱- محیط کوئوردینه اطراف پلیمر کادمیم.....	۲۴
شکل ۱۹-۱- زنجیرهای یک بعدی پلیمر $[Cd(SCN)_2(POM)_2]$	۲۴
شکل ۲۰-۱- محیط کوئوردینه اطراف پلیمر کادمیم.....	۲۵
شکل ۲۱-۱- پیوندهای تیدروژنی در کمپلکس $[Cd(5-mpdoa)(H_2O)_3]_{n.n} \cdot H_2O$	۲۵
شکل ۲۲-۱- محیط کوئوردینه Cd^{2+}	۲۶
شکل ۲۳-۱- روش های کوئوردینه شدن لیگاند TCMB.....	۲۶
شکل ۲۴-۱- روش های کوئوردینه شدن لیگاند NDC.....	۲۷

- شکل ۱-۲۵- محیط کوئوردینه اطراف پلیمر کادمیم..... ۲۸
- شکل ۱-۲۶- (a) سوپر مولکول یک بعدی Dpq با اینترکشن π - π (b) نمایش شبکه سه بعدی (c) بلوک ساخته شده..... ۲۸
- شکل ۱-۲۷- تقسیم بندی عناصر پایه..... ۳۰
- شکل ۱-۲۸- شمایی از روش بالا به پایین و پایین به بالا..... ۳۲
- شکل ۱-۲۹- نمایی از دستگاه اولتراسونیک..... ۳۴
- شکل ۱-۳۰- تصویر SEM نانو سیم های کادمیم (II) اکسید تهیه شده با روش کلسینه..... ۳۷
- شکل ۱-۲- طیف IR کمپلکس $[Cd(N_3)(3-pyc)(H_2O)]_n$ (۱) (قرص KBr)..... ۴۷
- شکل ۲-۲- طیف IR نانو پلیت $[Cd(N_3)(3-pyc)(H_2O)]_n$ (۲) (قرص KBr)..... ۴۷
- شکل ۲-۳- طیف IR کمپلکس $[Cd(SCN)(2-pyc)(H_2O)]_n$ (۳) (قرص KBr)..... ۴۸
- شکل ۲-۴- طیف IR کمپلکس $[Cd(I)(H_2O)]_n$ (۴) (قرص KBr)..... ۴۸
- شکل ۲-۵- طیف 1H NMR کمپلکس $[Cd(SCN)(2-pyc)(H_2O)]_n$ (۳) (حلال DMSO)..... ۴۹
- شکل ۲-۶- طیف ^{13}C NMR کمپلکس $[Cd(SCN)(2-pyc)(H_2O)]_n$ (۳) (حلال DMSO)..... ۵۰
- شکل ۲-۷- تصویرهای SEM حاصل از کمپلکس ۴ به روش سل-ژل در دمای $500^\circ C$ ۵۱
- شکل ۳-۱- لیگاندهای مورد استفاده در انجام آزمایشات..... ۵۳
- شکل ۳-۲- نمایش ORTEP کمپلکس $[Cd_3(N_3)_2(3-pyc)_4(H_2O)_2]_n$ (۱)..... ۵۵
- شکل ۳-۳- نمایش packing پلیمر $[Cd_3(N_3)_2(3-pyc)_4(H_2O)_2]_n$ (۱)..... ۵۵
- شکل ۳-۴- طیف XRD پلیمر کوئوردیناسیونی ترکیب ۱ به روش شاخه جانبی..... ۵۶
- شکل ۳-۵- طیف XRD شبیه سازی شده پلیمر کوئوردیناسیونی ترکیب ۱..... ۵۶
- شکل ۳-۶- رفتار گرمایی ترکیب $[Cd_3(N_3)_2(3-pyc)_4(H_2O)_2]_n$ (۱)..... ۵۷
- شکل ۳-۷- مقایسه طیف XRD (a) شبیه سازی شده ۱ (b) ترکیب نانو ۱..... ۵۸
- شکل ۳-۸- تصویر SEM نانو ساختارهای بدست آمده از محلول ۰/۱M کمپلکس ۱ در اولتراسونیک..... ۵۹
- شکل ۳-۹- تصویر SEM نانو ساختارهای بدست آمده از محلول ۰/۱M کمپلکس ۱ در اولتراسونیک..... ۵۹
- شکل ۳-۱۰- رفتار گرمایی نانو ذرات ترکیب ۱..... ۶۰
- شکل ۳-۱۱- تصویر SEM نانو ساختارهای CdO تهیه شده با کلسیناسیون کمپلکس نانو ساختار در دمای $500^\circ C$ ۶۱
- شکل ۳-۱۲- الگوی XRD پودری مربوط به CdO با کلسیناسیون مستقیم پیش ماده ۱..... ۶۲
- شکل ۳-۱۳- تصویر SEM نانو ساختار CdO تولید شده از کلسیناسیون کمپلکس ۱ در دمای (a) $500^\circ C$ (b) $600^\circ C$ ۶۳
- شکل ۳-۱۴- تصویر SEM نانو ساختار CdO تولید شده از کمپلکس ۱ به روش تجزیه گرمایی در سورفکتانت اولئیک اسید در دمای $220^\circ C$ ۶۴

- شکل ۳-۱۵- طیف IR مربوط به CdO با پیش ماده ۱..... ۶۵
- شکل ۳-۱۶- تصاویر SEM نانو ساختار CdO تولید شده از کلسینه ماده حاصل از تجزیه گرمایی در سورفکتانت در دمای ۵۰۰°C (a) با بزرگنمایی بیشتر (b) با بزرگنمایی کمتر..... ۶۵
- شکل ۳-۱۷- شمایی از ترکیب ۳..... ۶۷
- شکل ۳-۱۸- شمایی از ترکیب ۳..... ۶۷
- شکل ۳-۱۹- رفتار گرمایی کمپلکس $[Cd(SCN)(2-pyc)]_n$ (۳)..... ۶۸
- شکل ۳-۲۰- طیف IR مربوط به CdO با پیش ماده ۳ و ۴..... ۶۸
- شکل ۳-۲۱- تصاویر SEM نانو ساختار CdO تولید شده از کلسیناسیون کمپلکس ۳ در دمای ۴۰۰°C (a)..... ۶۸
- شکل ۳-۲۲- تصویر SEM نانو ساختار CdO تولید شده از کمپلکس ۳ به روش سل-ژل در دمای ۶۰۰°C (b) ۵۰۰°C (c) ۶۰۰°C..... ۶۹
- شکل ۳-۲۳- تصاویر SEM نانو ساختار CdO تولید شده از کمپلکس ۳ به روش سل-ژل در دمای ۶۰۰°C (a) با بزرگنمایی بیشتر (b) با بزرگنمایی کمتر..... ۷۰-۷۱
- شکل ۳-۲۳- رفتار گرمایی کمپلکس $[Cd(I)(2-pyc)]_n$ (۴)..... ۷۲
- شکل ۳-۲۴- تصاویر SEM نانو ساختار CdO از کلسیناسیون کمپلکس ۴ در دمای ۴۰۰°C (a) ۴۰۰°C (b) ۵۰۰°C (c) ۶۰۰°C..... ۷۲
- ۷۳- ۷۴

فهرست جدول ها

صفحه	عنوان
۷.....	جدول ۱-۱- مشخصات هفت سیستم بلوری.....
۳۱.....	جدول ۱-۲- برخی ویژگی های نانو ذرات.....

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه ای در مورد کادمیم

الف- معرفی عمومی

کادمیم یک عنصر شیمیایی با علامت اختصاری Cd می باشد که دارای عدد اتمی ۴۸ است. کادمیم عنصری نسبتاً کمیاب، نرم، رنگ سفید مایل به آبی و فلز واسطه سمی می باشد که در سنگ معدن روی وجود دارد [۱]. در اسیدها بویژه نیتریک اسید و در آمونیم نیترات محلول است [۲]. سنگهای معدنی که حاوی کادمیم باشند کمیاب بوده و در صورت یافت شدن به مقادیر خیلی کم وجود دارند کادمیم سولفور (CdS) تنها کانی مهم کادمیم است که تقریباً همیشه به ZnS متصل است. در نتیجه کادمیم عمدتاً بعنوان یک محصول جانبی از استخراج، خالص سازی و تصفیه سولفید اوره حاصل از سنگ معدن روی و به میزان کمتر سرب و مس تولید می شود [۱].

ب- خواص فیزیکی

کادمیم فلزی با عدد اتمی ۴۸ و جرم اتمی ۱۱۲/۴ که چگالی آن g/cm^3 ۸/۶۵ است. که فلزی است چکش خوار و پودر متمایل به خاکستری که در هوای مرطوب مقاومت ضعیفی داشته و خورده می شود. و در ۸۰ درجه سانتی گراد شکننده بوده در قلیایها مقاومند. نقطه ذوب ۳۲۰/۹ درجه سانتی گراد و در فشار ۱ اتمسفر دارای نقطه جوش ۷۶۷ درجه سانتی گراد می باشد. این عنصر در گروه IIB جدول تناوبی قرار دارد که در حالت پایه آرایش الکترونی $4d^{10} 5s^2 [kr]$ دارد. سیستم بلوری آن H.C.P و گروه فضایی $P6_3/mmc$ که ابعاد سلول واحد آن (pm) $a=297/94$ $b=561/86$ $c=$ می باشد فلزی است نرم، که می توان آن را با چاقو برید [۳].

پ- خواص شیمیایی

از نظر شیمیایی کادمیم فلزی است دو ظرفیتی گرچه نمونه های کمیابی مانند $Cd_2[AlCl_4]$ با عدد اکسایش +۱ نیز می توان پیدا کرد. این عنصر از بسیاری جهات شبیه روی است اما کادمیم ترکیبات پیچیده بیشتری بوجود می آورد. کادمیم در سریهای الکتروشیمیایی بالاتر از هیدروژن واقع شده، بصورتیکه فلز کادمیم در یک محلول اسیدی می تواند واکنش نموده و گاز هیدروژن آزاد نماید [۳]. اگر فلز کادمیم را در دستگاه تقطیر قرار دهیم بخارات آن با هوا واکنش می دهد و اکسید کادمیم

بدست می آید که به صورت کریستالهای قهوه ای یا قرمز ظاهر می شود که در دمای 900°C دکامپوز می شود. کریستالها در اسیدها و بازها حل می شوند و در آب غیر قابل انحلال اند [۱].

ت- ایزوتوپ ها

کادمیم دارای ۸ ایزوتوپ پایدار ۱۰۸، ۱۰۹، ۱۱۰، ۱۱۱، ۱۱۲، ۱۱۳، ۱۱۴، ۱۱۶ است که پایدارترین آنها ^{113}Cd است [۴].

ث- سمیت

کادمیم از معدود عناصری است که هیچگونه نقش ساختاری در بدن انسان ندارد. این عنصر و محلول ترکیبات آن حتی به مقدار بسیار کم، سمی هستند و در اندامها و محیط زیست ذخیره می شوند. استنشاق گروه های کادمیم به سرعت در دستگاه تنفسی و کلیه ها ایجاد مشکلاتی می کند که می توان کشنده باشند. هر مقدار قابل ملاحظه ای از کادمیم موجب مسمومیت سریع کبد و کلیه ها می گردد. کادمیم اکسید نیز دارای سمیت بالا و استنشاق بخار یا دود آن ممکن است کشنده باشد و عاملی سرطانزاست. گرچه کادمیم و ترکیبات آن به شدت سمی هستند اما دیدید کادمیم بعنوان دارویی برای معالجه ورم مفاصل و سرمازدگی مورد استفاده قرار می گیرد [۴].

ج- تاریخچه پیدایش

کادمیم در سال ۱۸۱۷ در آلمان توسط فریدیش استرومیر^۱ کشف شد. او این عنصر جدید را درون یک ناخالصی در کربنات روی پیدا کرد (کالامین) و برای مدت ۱۰۰ سال تنها تولید کننده مهم این فلز باقی ماند و این فلز بهمان واژه لاتین کالامین نامگذاری شد. چون آن را در ترکیب روی یافته بودند او متوجه شد بعضی از نمونه های ناخالص کالامین هنگام حرارت تغییر رنگ می دهند اما کالامین خالص اینگونه نیست [۴].

ح- کاربردها و خواص بیولوژیکی

- تقریباً سه چهارم کادمیم در باتریها استفاده می گردد (بخصوص باتریهای Ni-Cd) و بیشتر از یک سوم

۱. Friedrich Stromeyer

- باقی مانده عمدتاً" جهت رنگها، پوششها، آبکاری و بعنوان مواد ثبات بخش در پلاستیکها بکار می رود.
- کادمیم نمکهای مختلفی را بوجود می آورد که معمول ترین آنها سولفید کادمیم است از این سولفید بعنوان رنگدانه زرد استفاده می شود.
 - در برخی از نیمه هادیها کاربرد دارد.
 - به علت ضریب اصطکاک پایین و مقاومت بسیار خوب، در آلیاژهای بلبرینگ از آن استفاده می شود.
 - ۶۰٪ از کادمیم یافت شده در آبکاری الکتریکی بکار می رود.
 - ترکیبات حاوی کادمیم در مواد درخشان تلویزیونهای سیاه و سفید و نیز در مواد درخشان آبی و سبز در لامپ تصویر تلویزیونهای رنگی بکار می رود.
 - بعنوان مانعی برای کنترل کافش اتمی^۱ بکار می رود.

۱-۲- بلور و بلورشناسی

جامدی که دارای شکل هندسی منتظم و مشخص، محدود به سطوح مستوی با زاویه های ثابت و معین باشد در اصطلاح بلور^۲ نامیده می شود. سیستمی از نقاط که نشانگر موضع های ذره ها و تکرار آنها در بلور در سه بعد فضا است و شکل خارجی بلور را مشخص می کند شبکه بلور^۳ نامیده می شود. کوچکترین بخش تشکیل دهنده هر جامد بلوری که بتواند ساختار آن را مشخص کرده و تمام ویژگیهای آن را در بر داشته باشد سلول واحد^۴ شبکه می نامند. در حقیقت تکرار همین سلولهای واحد در سه بعد فضا است که شبکه بلور را بوجود می آورد [۵].

۱-۲-۱- روش های مختلف تهیه بلور از پلیمرهای کوئوردیناسیونی

روش های مختلفی جهت رشد وجداسازی بلور از پلیمرهای کوئوردیناسیونی با مواد اولیه یکسان، مورد استفاده قرار می گیرد. در زیر تعدادی از روش های به کار رفته در تهیه بلور را بطور مختصر بیان می کنیم.

۱.Nuclear fision

۲.Crystal

۳.Crystal lattice

۴.Unit cell

الف- تبخیر آهسته

ساده ترین روش رشد کریستال بوده و تنها شامل آماده سازی محلول اشباع از آن ماده در یک حلال مناسب می باشد که سپس این محلول صاف می شود تا از هر گونه ناخالصی به عنوان هسته یا مرکز برای کریستال در حال رشد، جلوگیری شود. آن گاه محلول صاف شده را درون یک محفظه کوچک که دارای سرپوش سوراخ دار است قرار می دهند که سوراخ های موجود به حلال اجازه می دهند تا به آرامی تبخیر شود که غلظت در حال افزایش ماده باعث تبلور محلول می شود ولی اغلب این روش خیلی مهم نیست زیرا محلول تمایل به فوق اشباع شدن داشته و رشد بیش از حد سریع است که به کریستال های خیلی کوچک منجر می شود.

ب- سرد کردن آهسته محلول

سرد کردن آهسته محلول دارای اثر مشابهی مثل تبخیر آهسته است زیرا اغلب حلالیت به میزان قابل توجهی با کاهش دما کم می شود که در این جا نیز یک محلول اشباع تولید می شود ولی این بار از یک حلال در حال جوشیدن استفاده می شود و سپس اجازه می دهیم به آرامی سرد شود می توان این عمل را در یک فلاسک "دوار" که برای مثال با آب گرم پر شده و یا در یک حمام آبی که در آن کاهش دما قابل کنترل است انجام داد.

ج- روش نفوذ حلال

اساس این روش از دو حلال است که محصول در آن دارای حلالیت های متفاوتی است. در اینجا نیز یک محلول اشباع تشکیل می شود که سپس صاف شده درون محفظه کوچک قرار داده می شود و آن گاه این محفظه درون ظرفی دیگری قرار می گیرد که شامل حلال فرارتری است و محصول دارای حلالیت کمتری خواهد بود هنگامی که سهم این حلال نفوذ کننده دوم درون محلول افزایش می یابد محصول رسوب می کند و در صورتی که این فرایند به اندازه کافی آهسته انجام گیرد تک بلور هایی تشکیل می شود.

د- روش نفوذ ژل

در این روش بلوری شدن حین انجام واکنش اتفاق می افتد که در آن یک ژل سیلیسیمی همگن از مواد اولیه تهیه می شود و به آن اجازه می دهیم یک ژل نسبتاً محکم در طول شب ایجاد کند. هنگامی

که سطح ژل تشکیل و مایعات اضافی بر روی سطح ژل لایه ای را بدون اختلاط با آن ایجاد کرد آن گاه مواد اولیه دیگر را به آن اضافه می کنیم. سپس ماده از درون مایع به آهستگی به درون ژل منتشر شده و واکنش انجام می شود. ژل در این جا دو عملکرد اساسی دارد: باعث نفوذ آهسته واکنش گر ها می شود که در نتیجه انجام واکنش آهسته خواهد بود و هم چنین ژل باعث رشد آهسته بلور می گردد. می توان با این روش تک بلورهای بسیار بزرگ تولید نمود.

و- کریستال گیری به روش شاخه جانبی

جدیدترین و آسان ترین روش در زمینه رشد بلور استفاده از شاخه جانبی است. در این روش مواد اولیه را با هم در انتهای لوله که دارای شاخه جانبی در فاصله معین از انتهای آن می باشد، وارد می کنیم سپس حلال مورد نظر را به آرامی و با دقت زیاد در داخل لوله اضافه می نمایم به طوری که در هنگام اضافه کردن حلال واکنش گر ها وارد شاخه جانبی نشود بعد دهانه لوله را برای جلوگیری از خارج شدن حلال با یک ماده بی اثر (ماده ای که به مرور زمان با حلال واکنش ندهد) مسدود می کنیم و سپس آن را در درون یک حمام با دمای مشخص و ثابت قرار میدهیم به طوری که انتهای لوله که واکنش گر ها در آن قرار دارند در داخل حمام گرم و شاخه جانبی در دمای محیط قرار داشته باشد. بعد از گذشت مدت زمان لازم که ممکن است برای برخی واکنش ها کم و برای بعضی دیگر چندین روز (حتی هفته ها) باشد کریستال ها در شاخه جانبی تشکیل می شوند که می توان آن را به آسانی جدا کرد.

در انتخاب حلال برای استفاده در این روش باید دقت کافی کرد تا حلالی استفاده شود که لیگاند در آن و در دمای حمام به طور کامل حل شود ولی نمک فلزی به مرور زمان حل شده و یا لیگاند وارد واکنش شود. از مزیت های عمده در این روش می توان به عدم نیاز به صاف کردن و به دست آوردن محصولات به صورت خالص در یک مرحله اشاره کرد [۶-۱۳].

۱-۲-۲- ساختمان داخلی بلورها و شبکه های بلوری

یک شبکه بلورین را می توان به قسمت های مشابه موسوم به سلول های واحد تقسیم کرد. سلول واحد شبکه های بلوری دارای سه ویژگی مهم است:

(۱) میزان گسترش در راستای محورهای بلورشناسی که بعدها سلول واحد نامیده می شود به ترتیب

با a, b, c نشان داده می شود.

(۲) زاویه بین محورهای بلورشناسی با α, β, γ نشان داده می شود.

(۳) تعداد ذره های شرکت کننده در تشکیل سلول واحد. از این نقطه نظر سلول واحد ممکن است ساده^۱، مرکز پر^۲ و یا وجوه مرکز پر^۳ و..... باشند.

با در نظر گرفتن کلیه امکانات و تغییرات فقط هفت گروه می توان یافت که تمام شبکه های ممکن را تعریف نماید. این هفت سیستم بلوری یا سیستم تبلور در جدول ۱-۱ توضیح داده شده است.

جدول ۱-۱- مشخصات هفت سیستم بلوری

مکعبی	Cubic	$a=b=c, \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$
تتراگونال	Tetragonal	$a=b \neq c, \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$
اورتورومبیک	Orthorhombic	$a \neq b \neq c, \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$
رومبوهدرال(تری گونال)	Rhombohedral(Trigonal)	$a=b=c, \alpha=\beta=\gamma \neq 90^\circ$
هگزاگونال	Hexagonal	$a=b \neq c, \alpha=\beta=90^\circ, \gamma=120^\circ$
منوکلینیک	Monoclinic	$a \neq b \neq c, \alpha=\beta=90^\circ, \gamma \neq 90^\circ$
تری کلینیک	Triclinic	$a \neq b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$

سیستم های هفت گانه بلوری را می توان به چند سیستم فرعی تقسیم کرد که در قالب چهارده شبکه قرار می گیرد که این چهارده شبکه را شبکه های براوه (Bravais Lattices) می نامند.

از طرفی عناصر و اعمال تقارن نیز بر روی این هفت سیستم نقش موثری را ایفا می کند! هر عمل تقارن، در واقع یک عمل هندسی است که اگر بر روی مولکولی انجام گیرد، آن را در همان وضعیت اولیه یا هم ارز با وضعیت اولیه آن قرار می دهد. از اثر این عناصر و اعمال تقارن بر روی سیستم هفت گانه بلوری ۳۲ گروه نقطه ای حاصل می شود که خود این ۳۲ گروه هم، دوباره تحت تأثیر

-
۱. Primitive
 ۲. Body - Centered
 ۳. Face - Centered