بسم الله الرحمن الرحیم

پروردگارا سپاس تو را از همه وجودی که در وجود ناچیزم قرار دادی و دانشی که بر من عطا کردی.

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم که وجودشان مایه‌ی دلگرمی در تمام مراحل زندگی من بوده و اکنون هرچه دارم نتیجه ی صبر و تلاش این عزیزان است.

هم چنین برادر عزیزم که همیشه وجودش، سرزندگی اش، و لبخندش بهانه ای برای شاد بودن در دنیایم است.

بر خود لازم می‌دانم از استاد ارجمند، **جناب آقای دکتر صلواتی نیاسری**، که راهنمایی این پروژه را به عهده گرفته و اینجانب را از راهنمایی‌های خردمندانه خود بهره‌مند کردند، کمال تشکر را داشته باشم.

از **جناب آقای دکتر حدادزاده** به عنوان داور محترم خارج **و جناب آقای دکتر دهقانی** به عنوان داور محترم داخل دانشگاه که مطالعه‌ی پایان‌نامه‌ی اینجانب را بر عهده گرفته و در جلسه‌ی دفاع شرکت نمودند بسیار سپاس‌گزارم. همچنین از **جناب آقای دکتر رحمتی** که به عنوان نماینده‌ی تحصیلات تکمیلی در جلسه‌ی دفاع حضور به عمل رساندند کمال تشکر را دارم.

در پایان از تمامی دوستانی که من را یاری رساندند سپاسگزارم.

دانشگاه کاشان

دانشکده شیمی

گروه شیمی معدنی

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته شیمی معدنی

عنوان:

تهیه و شناسایی نانوذرات مس(II) و نیکل(II) سولفید به روش مایکروویو با استفاده از پیش‌ماده کمپلکس 2-هیدروکسی استوفنون

استاد راهنما:

پروفسور مسعود صلواتی نیاسری

به وسیله:

غزاله بنائیان مفرد

شهریور 1390

چکیده:

در این پژوهش نانوذرات سولفیدی مس(II) و نیکل(II) به روش مایکروویو تهیه شدند و سپس خواص فیزیکی و شیمیایی آن‌ها با استفاده از روش‌های مختلفی مانند XRD، PL، SEM، FT-IR وEDX مورد بررسی قرار گرفت. علاوه بر این اثر دما، زمان، غلظت واکنشگرها، قدرت دستگاه، نوع و حجم حلال، pH و سورفکتانت بر روی اندازه و شکل محصولات مورد بررسی قرار گرفت. نانوساختارهای سولفیدی مس(II) و نیکل(II) با استفاده از پیش‌ماده مس(II)-2-هیدروکسی استوفنون و نیکل(II)-2-هیدروکسی استوفنون در حضور امواج مایکروویو تهیه شدند که فرآیند مایکروویو در مقایسه با سایر روش‌های شیمیایی برای تهیه نانوذرات دارای مزایای زیادی از جمله: زمان کوتاه، هزینه کم و بازده ی زیاد می‌باشد.

کلمات کلیدی: نانوذرات، مایکروویو، مس (II) سولفید، نیکل (II) سولفید، 2-هیدروکسی استوفنون.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول 1
1-1- تعریف فناوری نانو 2
2-1- روش‌های ساخت نانومواد 2
1-2-1- مایکروویو 4
2-2-1- ارجحیت روش مایکروویو نسبت به روش‌های معمولی گرم‌کردن 4
3-2-1- چرا از امواج مایکروویو استفاده می‌کنیم؟ 6
4-2-1- امواج مایکروویو 7
5-2-1- برهمکنش مواد با امواج مایکروویو 8
6-2-1- گرمادهی دی‌الکتریک مایکروویو 9
1-6-2-1- پلاریزاسیون دوقطبی 9
2-6-2-1- مکانیسم هدایت یونی 11
7-2-1-خواص دی‌الکتریک 12
8-2-1-تأثیرات مایکروویو 15
1-8-2-1- تأثیرات گرمایی مایکروویو 15
2-8-2-1- تأثیرات غیر گرمایی مایکروویو 17
9-2-1- انتخاب حلال 18
10-2-1- دما، زمان و قدرت مایکروویو 19
11-2-1- بهینه‌سازی شرایط واکنش 19
12-2-1-مزایا و معایب استفاده از دستگاه مایکروویو 21
3-1- نانوساختارهای CuS 21
1-3-1- اهمیت نیمه‌هادی‌های گروه II-VI 21
2-3-1-مس سولفید (CuS) و کاربردهای آن 22
3-3-1-مروری بر تهیه نانوساختارهای مس سولفید 22
4-1- نانوساختارهای NiS 25
1-4-1- نیکل سولفید (NiS) و کاربردهای آن 25
2-4-1- مروری بر تهیه نانوساختارهای نیکل سولفید 26
فصل دوم 30
2-1- وسایل، مواد و دستگاه‌های مورد استفاده 31
1-1-2- وسایل آزمایشگاهی 31
2-1-2- مواد شیمیایی 31

2-1-3- دستگاه‌های مورد استفاده جهت تولید محصولات 31
2-1-4- دستگاه‌های مورد استفاده جهت شناسایی محصولات 31
2-2- روش انجام آزمایش 33
2-2-1- نانوساختارهای CuS 33
2-2-1-1- تهیه پیش‌ماده $[Cu(HAP)_2]$ کمپلکس بیس (2-هیدروکسی استوفناتو) مس (II) 33
2-2-1-2- تهیه‌ی نانوساختارهای CuS 33
الف- اثر غلظت تیواستآمید 34
ب- اثر زمان 35
ج- اثر قدرت دستگاه 36
د- اثر حلال 37
ه- اثر حجم حلال 38
چ- اثر pH محیط 38
ح- اثر سورفکتانت 39
خ- اثر تغییر هم‌زمان حلال و قدرت دستگاه 40
2-2-2- نانوساختارهای NiS 43
2-2-2-1- تهیه پیش‌ماده $[Ni(HAP)_2]$ کمپلکس بیس (2-هیدروکسی استوفناتو) نیکل (II) 43
2-2-2-2- تهیه نانوساختارهای NiS 43
الف- اثر غلظت تیواستآمید 44
ب- اثر زمان 45
ج- اثر قدرت دستگاه 46
ه- اثر تغییر منبع سولفید 47

2-3- آماده‌سازی نمونه برای گرفتن تصویر SEM 48
2-4- آماده‌سازی نمونه برای بررسی خواص نوری 50
2-5- آماده‌سازی نمونه برای گرفت طیف EDX 50
فصل سوم 51
3-1- معرفی 52
3-2-نانوساختارهای CuS 52
3-2-1- نتایج FT-IR پیش‌ماده‌ی $[Cu(HAP)_2]$ و نانوذرات CuS 52
3-2-2- نتایج XRD 54

3-2-3- بررسی اثر غلظت تیواستآمید 57
3-2-4- بررسی اثر زمان 57
3-2-5- بررسی اثر قدرت دستگاه 61
3-2-6- بررسی اثر حلال 65
3-2- 7-بررسی اثر حجم حلال 65
3-2-8- بررسی اثر pH 70
3-2-9- بررسی اثر سورفکتانت 70
3-2-10- بررسی اثر تغییر همزمان قدرت دستگاه و حلال 75
3-2-11- بررسی سازوکار تشکیل نانوذرات مس سولفید 76
3-2-12- بررسی خواص نوری نانوذرات CuS 78
3-2-13- نتایج EDX 80
3-3-نانوساختارهای NiS 81
3-3-1- نتایج FT-IR پیش‌ماده‌ی $[Ni(HAP)_2]$ و نانوذرات NiS 81
3-3-2- نتایج XRD 81
3-3-3- بررسی اثر غلظت تیواستآمید 84
3-3-4- بررسی اثر زمان 87
3-3-5- بررسی اثر قدرت دستگاه 87
3-3-6- بررسی اثر منبع سولفید 93
3-3-7- بررسی خواص نوری نانوذرات NiS 94
3-3-8- نتایج EDX 95
3-4- نتیجه‌گیری 95
فهرست مراجع 97

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل 1-1- مقایسه (a)، گرم کردن عمومی و (b)، گرم شدن توسط مایکروویو 5
شکل 1-2- محدوده امواج الکترومغناطیس 7
شکل 1-3- برهم‌کنش امواج مایکروویو با مواد مختلف، a)انعکاس b)جذب c)عبور 8
شکل 1-4- اجزای میدان الکتریکی و مغناطیسی امواج مایکروویو 9
شکل 1-5- مقایسه دو مکانیسم a) پلاریزاسیون دوقطبی وb) هدایت یونی 11
شکل 1-6- خواص دی‌الکتریکی آب در دمای 25ºC 13
شکل 1-7- تانژات از دست‌رفته (tanδ) آب در دماهای متفاوت 13
شکل 1-8- نمودار دمایی مربوط به NMP در قدرت‌های متفاوت دستگاه مایکروویو 15
شکل 1-9- نمودار دما، قدرت و فشار مربوط به متانول در دماهای مختلف 16
شکل 1-10-نمودار انرژی فعالسازی برای واکنش‌های بدون استفاده ازدستگاه مایکروویو و با استفاده از مایکروویو 17
شکل 1-11- تصویر TEM ازنانومیله‌های مس سولفید 23
شکل 1-12- تصاویر SEM از نانوساختارهای مس سولفید تهیه‌شده تحت شرایط گوناگون 24
شکل 1-13- تصویر SEM (a) و XRD (b) نانوذرات مس سولفید تهیه‌شده در دمای 150°C و 24h 25
شکل 1-14- تصاویرSEM وXRD از نانو ساختارهای NiS تهیه شده با روش هیدروترمال 26
شکل 1-15- تصاویر SEM و TEM نانوساختارهای NiS 27
شکل 1-16- تصویر SEM مربوط به نانو ذرات NiS تهیه‌شده به روش میکروامولسیون 28
شکل 1-17- تصاویر SEM مربوط به نانو ساختارهای NiS تهیه شده به روش هیدروترمال 29
شکل 2-1- تصویر SEM نمونه‌ی S1 34
شکل 2-2- تصاویر SEM محصول CuS از نمونه‌های a) S2 b) S3 35
شکل 2-3- تصاویر SEM محصول CuS از نمونه های a) S4 b) S5 36
شکل 2-4- تصاویر SEM محصول CuS از نمونه‌های a) S6 b) S7 37
شکل 2-5- تصاویر SEM محصول CuS از نمونه‌های a) S8 b) S9 37
شکل 2-6- تصاویر SEM محصول CuS از نمونه‌های a) S10 b) S11 39
شکل 2-7- تصاویر SEM محصول CuS از نمونه‌های a) S12 b) S13 40
شکل 2-8- تصاویر SEM محصول CuS از نمونه‌های a) S14 b) S15 40
شکل 2-9- تصاویر SEM محصول CuS از نمونه‌ی S16 41
شکل 2-10- تصاویر SEM محصول CuS از نمونه‌ی a) S17 44
شکل 2-11- تصویر SEM محصول NiS از نمونه‌ی a)S18, b)S19, c)S20 45

شکل 2-12- تصویر SEM محصول NiS از نمونه‌ی S21(a, S22(b, S23(c 46
شکل 2-13- تصویر SEM نمونه‌ی S24(a, S25(b 47
شکل 2-14- تصویر SEM نمونه‌ی S26(a, S27(b 48
شکل 3-1- طیف FT-IR (a) پیش ماده‌ی تهیه شده، [$Cu(HAP)_2$] (b) نمونه‌ی S1 53
شکل 3-2- الگوی XRD کمپلکس $Cu(HAP)_2$ 55
شکل 3-3- الگوی XRD نمونه‌ی S1 55
شکل 3-4- الگوی XRD نمونه‌ی S2 56
شکل 3-5- الگوی XRD نمونه‌ی S14 56
شکل 3-6- تصاویر SEM محصول S2 58
شکل 3-7- تصاویر SEM محصول S3 59
شکل 3-8- تصاویر SEM محصول S1 60
شکل 3-9- تصاویر SEM محصول S4 61
شکل 3-10- تصاویر SEM محصول S5 62
شکل 3-11- تصاویر SEM محصول S6 63
شکل 3-12- تصاویر SEM محصول S7 64
شکل 3-13- تصاویر SEM محصول S8 66
شکل 3-14- تصاویر SEM محصول S9 67
شکل 3-15- تصاویر SEM محصول S10 68
شکل 3-16- تصاویر SEM محصول S11 69
شکل 3-17- تصاویر SEM محصول S12 (pH=8) 71
شکل 3-18- تصاویر SEM محصول S13 (pH=10) 72
شکل 3-19- تصاویر SEM محصول S14 (SDS) 73
شکل 3-20- تصاویر SEM محصول S15 (PEG 4000) 74
شکل 3-21- تصاویر SEM محصول S16 75
شکل 3-22- مکانیسم پیشنهادی برای تهیه‌ی نانوذرات CuS در حضور مایکروویو 77
شکل 3-23- طیف فوتولومینسانس نانوذرات CuS تهیه‌شده به روش مایکروویو مربوط به نمونه‌ی S1 79
شکل 3-24- طیف EDX محصول CuS نمونه‌ی S1 80
شکل 3-26- طیف FT-IR (a) پیش ماده‌ی تهیه شده، [$Ni(HAP)_2$] (b) نمونه‌ی S17 82
شکل 3-26- الگوی XRD نیکل سولفید از نمونه‌ی S17 83
شکل 3-27- تصاویر SEM از محصول نیکل سولفید a) (S18) و b) (S19) 84
شکل 3-28- تصاویر SEM از محصول نیکل سولفید 1:3=[TAA]/[Ni^{2+}] (S17) 85

شکل 3-29- تصاویر SEM از محصول نیکل سولفید $[Ni^{2+}]/[TAA]=1:4$ (S20) 86
شکل 3-30- تصاویر SEM محصولات نیکل سولفید از نمونه‌ی S21 (زمان 5 دقیقه)..... 88
شکل 3-31- تصاویر SEM محصولات نیکل سولفید از نمونه‌ی S22 (زمان 10 دقیقه)..... 89
شکل 3-32- تصاویر SEM محصولات نیکل سولفید از نمونه‌ی S23 (زمان 5 دقیقه) 90
شکل 3-33- تصاویر SEM محصولات نیکل سولفید از نمونه‌ی S24 (قدرت 300 وات)..... 91
شکل 3-34- تصاویر SEM محصولات نیکل سولفید از نمونه‌ی S24 (قدرت 900 وات)..... 92
شکل 3-35- تصاویر SEM محصولات نیکل سولفید از نمونه‌ی S26 (تیوسولفات)..... 93
شکل 3-36- تصاویر SEM محصولات نیکل سولفید از نمونه‌ی S26 (تیواوره)..... 93
شکل 3-37- طیف فوتولومینسانس نمونه‌ی S17 94
شکل 3-38- طیف EDX نمونه‌ی S17 95

فهرست جدول‌ها

عنوان صفحه

جدول 1-1- مقدار تانژانت از دست‌رفته برای حلال‌های مختلف 14
جدول 1-2- مقایسه عملکرد حلال‌های مختلف در برابر مایکروویو 18
جدول 1-3- مشکلاتی که ممکن است در حین بهینه‌سازی ایجاد شود و راه حل آن 20
جدول 2-1- انواع مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق 32
جدول 2-2- شرایط مختلف آزمایش در تهیه‌ی نانوساختارهای CuS 42
جدول 2-3- شرایط مختلف آزمایش در تهیه‌ی نانوساختارهای NiS 49

فهرست علائم و اختصارات

XRD	X-ray diffraction
FT-IR	Fourier transform infrared
SEM	Scanning electron microscopy
TEM	Transmission electron microscopy
EDX	Energy dispersive x-ray
PL	Photoluminesence
HAP	Hydroxy acetophenon
TAA	Thioacetamide
Tu	Thiourea
PEG	Polyethyleneglycol
EG	Ethylene glycol

فصل اول

مقدمه

1 - 1 - تعریف فناوری نانو

فناوری نانو ساخت اشیا اتم به اتم و مولکول به مولکول توسط ماشین‌های برنامه‌ریزی شده در مقیاس نانومتریک است. مهارت در این فناوری عبارت است از دستکاری اتم‌ها به طور جداگانه و قرار دادن دقیق آن‌ها در مکانی که برای رسیدن به ساختار دلخواه و ایده‌ال مورد نیاز می‌باشد. فناوری نانو به مواد و سیستم‌هایی مربوط می‌شود که ساختار و اجزای آن‌ها به دلیل ابعاد نانومتری رفتار جدید و بهتری را نشان می‌دهند. با ایجاد ساختارهای نانومتری، کنترل خصوصیات اساسی مواد مانند دمای ذوب، رفتار مغناطیسی، ظرفیت شارژ و حتی رنگ آن‌ها بدون تغییر ترکیب شیمیایی مواد، ممکن خواهد بود، به این معنی که توسط این فناوری به محصولاتی دست پیدا خواهیم کرد که قبلاً نمی‌توانستیم به آن‌ها دسترسی پیدا کنیم. هدف این فناوری ساخت اشیا اتم به اتم، مولکول به مولکول و با یک رویکرد از پایین به بالاست، یعنی وقتی بتوان به اتم‌ها گفت چگونه خود را بچینند و چگونه رفتار کنند می‌توان خواص ماده را کنترل کرد. بنابراین خواصی مانند رنگ، استحکام و شکنندگی نیز در سطح اتمی قابل تعیین خواهند بود. فناوری نانو آئینه فناوری آفرینش است، نقطه‌ی تلاقی تفکر و عمل تمامی دانشمندان و محققان علوم مختلف است. این فناوری امکان ساخت و تولید اشیای بسیاری را در قیمت‌های کم و بدون ضایعات فراهم خواهد ساخت. در نتیجه این فن‌آوری پیشرفتی است شگرف و مهم، درست همان قدر مهم که نخستین ابزار کشف شد [3-1].

1 - 2 - روش‌های ساخت نانومواد

به طور کلی نانوساختارها و پوشش‌هایی با اندازه‌ی نانومتری توسط روش‌های بسیاری قابل تولید است. می‌توان روش‌های تهیه‌ی نانومواد را به سه دسته تقسیم کرد، هرچند دسته بندی روش‌های ساخت نانومواد مانند انواع آن‌ها بسیار متنوع است [4]:

- روش‌های فیزیکی

- روش‌های شیمیایی (حالت مایع و با کمک روش‌های شیمیایی تر[1])
- روش‌های مکانیکی

البته هر کدام از این روش‌ها به خودی خود دارای راهکارهای جزئی‌تر می‌باشند. در روش‌های فیزیکی، بیشتر واکنش‌ها در فاز گاز انجام می‌شود. بنابراین در دو روش اول، روند تهیه‌ی مواد از چینش اتم‌ها (یا مولکول‌ها) آغاز و با ساخت نانومواد پایدارشده پایان می‌پذیرد (در واقع این همان تکنیک «پایین به بالا» است). اما روش‌های مکانیکی برعکس این موارد است. یعنی این روش، روشی بالا به پایین محسوب می‌شود و نانومواد ساخته شده، نتیجه خردشدن و تغییر شکل مواد توده‌ایی مربوطه است.

در روش فیزیکی عمدتاً ابزارهای بسیار دقیق و در عین حال گران قیمتی مورد نیاز می‌باشد که به راحتی هم در دسترس قرار نمی‌گیرد و یکی از عیوب این روش‌ها محسوب می‌شود. تولید نانومواد با استفاده از واکنش-های شیمیایی در مقایسه با روش فیزیکی، بسیار ارزان‌تر و در دسترس‌تر است. مزیت این روش‌ها ارزان بودن، در دسترس بودن و ساده بودن آزمایش‌ها برای تولید نانوذرات می‌باشد. شاید به این دلیل بخش عظیمی از تحقیقات در زمینه نانوذرات در دنیا با استفاده از روش‌های شیمیایی انجام می‌پذیرد [7-5].

روش‌های شیمیایی متنوعی برای تهیه‌ی نانوساختارها وجود دارد که از جمله می‌توان موارد ذکر شده در پایین را عنوان کرد:

1- هیدروترمال
2- تخریب حرارتی
3- استفاده از مایسل‌ها
4- هم‌رسوبی
5- اولتراسونیک
6- مایکروویو

[1] Wet chemicals methods

انتخاب روش ساخت نانومواد بسیار مهم بوده و بستگی به ترکیب شیمیایی نانوماده، کاربرد آن و همچنین امکانات آزمایشگاهی، هزینه‌ی اقتصادی، نوع مواد واکنش‌دهنده‌ی اولیه و غیره دارد، که باید در هنگام انتخاب روش ساخت نانوماده در نظر گرفت [8].

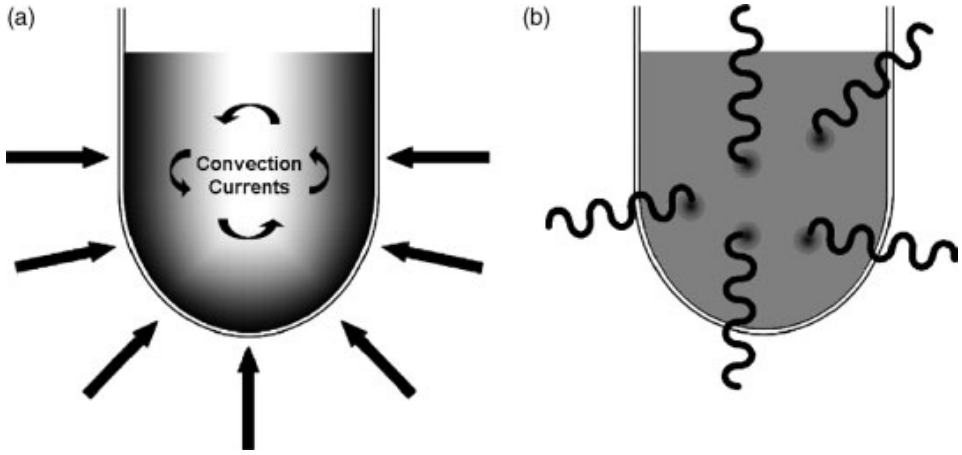
1 - 2 - 1 - مایکروویو

استفاده از امواج مایکروویو یک روش بسیار مفید گرمایی برای تهیه شیمیایی نانومواد است. به طور گسترده، مایکروویو یک روش امید بخش را برای تهیه‌ی نانو ذرات فلزی فراهم می‌کند. امواج مایکروویو منجر به یک گرمایش سریع حجمی، سرعت بالا، زمان کوتاه و ذخیره‌ی انرژی می‌شود. آنچه که مشخص است گرمای مایکروویو باعث بر هم‌کنش بین ممان دوقطبی مولکول‌ها با امواج الکترومغناطیسی با فرکانس بالا می‌شود [9]. در حدود 30 سال پیش آون‌های مایکروویو بعنوان یک وسیله‌ی کاربردی ضروری وارد آشپزخانه‌ها شدند. سرعت بالاتر پخت و ذخیره‌ی انرژی در مقابل روش سنتی گرما دادن اصلی‌ترین برتری دستگاه‌های مایکروویو بود. اگرچه استفاده از مایکروویو برای پخت غذا معمول شد، استفاده از آن در فرآیندهای شیمیایی هم گسترش جدیدی پیدا کرد. استفاده از انرژی مایکروویو برای تولید مواد یک روش سودمند برای کاهش زمان و ذخیره‌ی انرژی را فراهم کرد.

1 - 2 - 2 - ارجحیت روش مایکروویو نسبت به روش‌های معمولی گرم کردن

در روش گرم کردن معمولی گرما از طریق انتقال، هدایت و تابش از سطح ماده به درون آن منتقل می‌شود. بر خلاف آن، انرژی مایکروویو مستقیماً در درون ماده توسط برهم‌کنش امواج الکترومغناطیس با مولکول منتقل می‌شود (شکل1-1). در هدایت گرمایی، انرژی منتقل شده باعث ایجاد شیب گرمایی می‌شود، ولی در مایکروویو انرژی الکترومغناطیس به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود و ما در واقع به جای هدایت گرما یک نوع تبدیل انرژی داریم. این تفاوت در تحویل گرما به ماده باعث تفاوت گرمای تولید شده توسط امواج مایکروویو و روش گرم کردن معمولی می‌شود، به این دلیل که مایکروویو می‌تواند به داخل مواد نفوذ کرده و گرما را در آنجا

ذخیره کند وگرما می‌تواند در سراسر حجم ماده تولید شود. در اینجا هدایت گرما بستگی به انتشار گرما در سطح ماده ندارد و این پدیده این امکان را فراهم می‌کند که یک ماده با ضخامت بالا، سریع و به طور یکنواخت گرم شود [10]. در واقع امواج مایکروویو یک گرمادهی درونی مفید را در اثر برهم‌کنش مستقیم امواج مایکروویو با مولکول‌هایی که درون واکنش قرار دارند، فراهم می‌کند. به این ترتیب امواج مایکروویو به طور همزمان گرما را در سراسر حجم ماده افزایش می‌دهد، در حالی که در روش گرم کردن معمولی ابتدا موادی‌که در ارتباط با ظرف واکنش هستند گرم می‌شوند [11].



شکل (1-1). مقایسه (a) گرم کردن معمولی و (b) گرم شدن توسط مایکروویو.

علاوه بر مواردی‌که در بالا گفته شد، امواج مایکروویو می‌تواند مزیت‌های دیگری نیز داشته باشد. مایکروویو می‌تواند برای گرم کردن انتخابی مواد مناسب باشد. ساختار مولکولی در توانایی امواج مایکروویو در گرم کردن و انتقال انرژی تأثیر دارد. موادی‌که در ارتباط با این امواج هستند خواص دی‌الکتریک متفاوتی دارند، مایکروویو به طور انتخابی با مواد دارای تانژات ($\tan\delta$) از دست رفته‌ی بالاتر برهم‌کنش می‌کند. این پدیده‌ی گرمایش انتخابی می‌تواند برای هدف‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد [12-13].

مایکروویو همچنین می‌تواند واکنش‌های شیمیایی که توسط گرم کردن عمومی انجام پذیر نیستند را به صورت گرمایش انتخابی پیش ببرد. بنابراین مواد جدید تولید می‌شود. اگرچه گرم کردن مستقیم بوسیله‌ی

مایکروویو سودمندی‌های بسیاری در مقابل با گرم کردن معمولی دارد، ولی مکانیسم‌های مختلف انتقال انرژی در گرم شدن توسط مایکروویو این نتیجه را در بر دارد که روش‌های دیگر گرم کردن به رقابت با آن بپردازند. به این دلیل که انرژی که توسط امواج الکترومغناطیس انتقال می‌یابد، به دلیل غیر یکنواختی امواج الکترومغناطیس، باعث گرم کردن غیر یکنواخت می‌شود. همزمان که مواد در فرآیند قرار گرفته‌اند، آنها معمولاً دستخوش تغییرات فیزیکی و ساختاری می‌شوند که بر روی خواص دی‌الکتریکی آن‌ها تأثیر می‌گذارد. بنابر این توانایی مایکروویو در تولید گرما در طول فرآیند متفاوت خواهد بود. تغییرات شدید در توانایی مایکروویو در تولید گرما در طول فرآیند می‌تواند سبب بروز مشکلاتی در فرایند و کنترل آن شود. خواص میدان الکترومغناطیس، ترکیب شیمیایی مواد، تغییر ساختاری که در طول فرایند به وجود می‌آید، اندازه و شکل مواد در حین فرآیند گرم‌شدن و برهم‌کنش فیزیکی مایکروویو/مواد در طول فرآیند، همگی باعث پیچیده شدن فرآیند مایکروویو می‌شوند و درک سازوکار مایکروویو را پیچیده می‌کنند [15-14].

1 - 2 - 3 - چرا از امواج مایکروویو استفاده می‌کنیم؟

بیشترین مزایای استفاده از مایکروویو در موارد زیر خلاصه شده است:

1. افزایش سرعت: به دلیل دمای بالایی که ایجاد می‌شود، زمان واکنش کوتاه شده و واکنش‌هایی که به چند ساعت زمان نیاز دارد، به چند دقیقه و گاهی حتی به چند ثانیه کاهش می‌یابد.

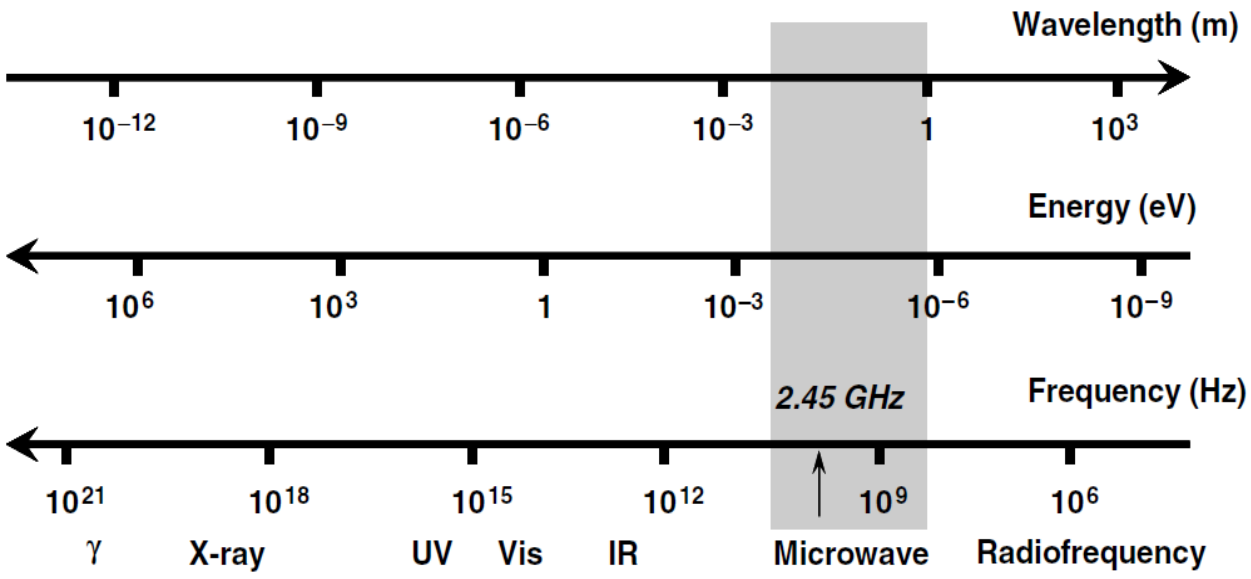
2. بالا بردن بازده: با توجه به اینکه از درجه حرارت بالا استفاده می‌شود، زمان واکنش اغلب به شدت از ساعت به دقیقه و حتی ثانیه کاهش می‌یابد و بازده‌ی واکنش به طرز قابل توجهی بالا می‌رود.

3. بهبود بخشیدن به درجه خلوص: توسط این روش به محصولات با خلوص بالاتر دست پیدا می‌کنیم.

4. گسترش شرایط واکنش (فضای واکنش) : دسترسی به شکل‌ها و ساختارهای مختلف که در شرایط معمولی به آسانی قابل دسترس نیست.

1 - 2 - 4 - امواج مایکروویو

تابش مایکروویو یک تابش الکترومغناطیس در محدوده فرکانس ۰/۱ تا 300 GHz مطابق با طول موج از 1 mm تا 1 m می‌باشد. محدوده‌ی مایکروویو در طیف الکترومغناطیس (شکل 1-2) بین ناحیه‌ی زیر قرمز و ناحیه‌ی رادیویی قرار دارد. بیشترین استفاده از مایکروویو در انتقال ارتباطات (ارتباطات از دور)[1] و یا انتقال انرژی می‌باشد. طول موج‌های بین 1 تا 25 cm به طور گسترده در رادارها استفاده می‌شوند و بقیه‌ی ناحیه‌ی باقیمانده برای ارتباط از دور استفاده می‌شود. همه‌ی دستگاه‌های مایکروویو خانگی، آون‌ها، و مایکروویوهایی که برای تهیه مواد شیمیایی استفاده می‌شوند با فرکانس 2/45 GHz (مطابق با طول موج 12/25 cm) کار می‌کنند.



شکل (1-2). محدوده امواج الکترومغناطیس

[1] Telecommunications