

بخش اول

مایکروویو و

تأثیر آن بر بسیاری

بخش اول : مایکروویو و تأثیر آن بر بسیاری

تاریخچه مایکروویو

مخترع مایکروویو دکتر پرسی لی بارون اسپنسر بود، او نخستین بار در طول پروژه تحقیقاتی درباره رادار در سال ۱۹۴۶ متوجه نکته عجیبی شد. او که بر روی یک لوله خلاء جدید به نام مگنترون را آزمایش می کرد، متوجه شد که شکلات درون جیبش ذوب شده است. این اتفاق بر ای دکتر اسپنسر جالب بود و تصمیم گرفت آزمایش دیگری انجام بدهد. این بار دانه های ذرت را نزدیک لوله گذاشت و دید که ذرت های خشک می ترکند و تبدیل به پاپ کورن می شوند. او نتیجه گرفت ذوب شدن شکلات و پخته شدن ذرت ها هر دو ناشی از بودن در معرض انرژی کم چگالی مایکروویو است. دکتر اسپنسر

آزمایش با سایر مواد غذایی را بر همین اساس ادامه داد چون فکر می کرد اگر ذرت این قدر زود پخته می شود چرا سایر مواد غذایی این طور نباشند . بعدها او جعبه ای فلزی همراه با درب درست کرد که نیروی میکروویو از آن داخل شود . انرژی که وارد جعبه می شد نمی توانست خارج شود و میدان الکترو مغناطیس با چگالی بالاتر ایجاد می کرد . هنگامی که غذا را در جعبه می گذاشت و انرژی میکروویو را به آن می تاباند دمای ماده غذایی سریع بالا می رفت . آن موقع بود که دکتر اسپنسر چیزی را اختراع کرد که بعدها میکرو ویو نامیده شد.

۱-۱ اساس میکروویو

میکروویو که بخشی از تابش الکترو مغناطیس می باشند با بسامد بین $3/0$ تا 300 گیگاهرتز در بین ناحیه امواج رادیویی و مادون قرمز واقع شده اند، که طول موج آن به ترتیب بین 1 میلیمتر تا یک متر است (شکل ۱،۳). که کاربرد عمده آن در دو مورد است، یکی استفاده در انتقال اطلاعات (ارتباط از راه دور) و دیگری انتقال انرژی. هر چند میکروویو بطور وسیعی در ارتباط از راه دور (بیشتر طول موج از یک سانتیمتر تا 25 سانتیمتر استفاده می شود در گوشی همراه، رادار) استفاده می شود بویژه در اختصاص دادن

فرکانس بخصوصی برای انتقال انرژی (صنعتی، علمی، پزشکی بکار برده می شود). میکروویو غیر یونیزه کننده ای هستند که توانایی شکستن پیوندها را ندارند. میکروویو، گرما نیست بلکه نوعی از انرژی است که بصورت گرما آشکار می گردد.

تابش الکترومغناطیس یک منبع انرژی است که برای سنتز ترکیبات آلی کاربرد دارد و در آن، واکنش های شیمیایی به دلیل جذب انتخابی انرژی میکروویو به وسیله مولکولهای قطبی تسریع می شوند. مولکولهای غیر قطبی نسبت به این نوع تابش بی اثر هستند. کاربرد تلفیقی تابش میکروویو استفاده از کاتالیزورهای بر روی بسترهای جامد و تحت شرایط بدون حلال و حلال،

بخش اول : میکروویو و تاثیر آن بر بسپارش

واکنشهای شیمیایی را سرعت می بخشد. از این جهت باعث انجام یک نوع فرایند شیمیایی منحصر به فرد با سرعت و بازده بیشتر می گردد . بطور معمول بسامدی که برای گرمایش دی الکتریک میکروویو به کار گرفته می شود ($2/45\text{GHZ}$)، در گستره اکثر مولکولهای معدنی و آلی واقع است، (میکروویو های خانگی با همین فرکانس کار می کنند). بنابراین بشرطی که مولکول مورد نظر دارای یک گشتاور دو قطبی دائمی باشد، گرمایش دی الکتریک موثر واقع شده و جفت شدن میدان الکتریکی نوسانی صورت می گیرد. ماهیت موثر تبدیل انرژی الکترومغناطیسی به انرژی گرمایی

برای چنین مولکول‌هایی بیانگر آن است که گرمایش دی الکتریک مایکروویویکی از روشهای کارآمد برای فوق گرمایش سیستم های شیمیایی است. [۱]

حلال مورد استفاده در روش تابش مایکروویو-چه آلی و چه معدنی- هر چه وزن مولکولی کمتر و گشتاور دو قطبی بیشتری داشته باشند، چگونه موثرتری با تابش مایکروویو تطبیق خواهند یافت. در نتیجه حلالهایی که ثابت دی الکتریک بالاتری دارند، سریعتر از حلالهای دیگر مایکروویورا به حرارت تبدیل می کنند. حلالهایی مثل آب/متانول/متیل فرم آمید/اتیل استات/استون/کلروفرم و دی کلرومتان به میزان قابل توجهی با مایکروویو بر همکنش ایجاد می کنند.

مجموعه کارهایی که می توان از فنون مایکروویو استفاده کرد، بسی گسترده است و از مواد زیست شناختی نظیر مواد غذایی، خون، بافت‌های گیاهی و جانوری گرفته تا نمونه های زمین شناختی همانند خاک، سنگ، رسوب و زایعات محیطی را در بر می گیرد، بطور کلی کمترین تداخل با وسایل ارتباطات راه دور دارد.

بطور کلی در بیشتر واکنشهای آلی که گرما داده میشوند از وسایل انتقال گرمای قدیمی نظیر حمامهای روغن و ژاکتهای حرارتی استفاده میشوند. این تکنیکهای حرارتی خیلی کند هستند و در نمونه، یک گرادیان حرارتی بوجود می آید. بعلاوه، فوق گرم شدن موضعی میتواند منجر به تجزیه شدن و از بین رفتن محصول یا واکنشگرها شود. در مقابل، در حرارت دادن با مایکروویو، تشعشع مایکروویو از دیواره های ظرف عبور کرده و فقط واکنشگرها و حلال را گرم می کند و ظرف واکنش را گرم نمی کند. اگر سیستم به خوبی طراحی شود، افزایش دما درون نمونه هماهنگ و یکسان می باشد تا مقدار زیادی از تشکیل محصول جانبی و یا تجزیه محصولات جلوگیری کند. در سیستمهای تحت فشار می توان دما را به سرعت تا بالای نقطه جوش حلال در حالت معمولی بالا برد [۲]. کاربرد فرآیند انرژی مایکروویو شامل خشک کردن جامدات مرطوب [۳-۴]، سخت گرایی بتون [۵]، گرم کردن و سخت گرایی ماده چسب ریخته گری [۶]، سخت گرایی پرکننده های

بخش اول: مایکروویو و تاثیر آن بر بسپارش

دندان [۷]، خشک کردن الیاف پنبه ای که بارزینهای حل شونده در آب آماده شده اند. از دیگر کاربردهای انرژی ماکروویو در صنعت میتوان از بستن و سخت شدن پودر مولایت، پودر کاربید بوران و اکسیدهای فلزی مانند اکسیدروی، اکسید آهن، اکسید کروم، اکسید سیلیکون و مواد فوق هادی مانند اکسید یتیریم¹ نام برد.

¹ Yttrium oxide

در کاربردهایی که در بالا از آنها نام برده شده است ، فرآیند انرژی میکروویو باعث پخت بهتر و تراکم بیشتر جسم میگردد. فرآیند انرژی میکروویو برای سخت گرایی رزینهای اپوکسی نیز مورد استفاده قرار گرفته است که شامل اپوکسی هایی بر پایه دی گلیسرل بیس فنل A با عامل سخت گرایی دی آمینو دی فنیل متان میباشد . فرآیند انرژی میکروویو برای سخت گرایی رزینهای اپوکسی که با پودر آلومینیوم [۸-۹] پورکربن [۱۰] والیاف شیشه ای [۱۱-۱۲] تقویت شده اند ، نیز استفاده شده است . فرآیند انرژی میکروویو حتی برای پلیمریزاسیون ۲- هیدروکسی اتیل متاکریلات [۱۳] تولید سخت گرایی پلی یورتان [۱۴-۱۵] و سخت گرایی مخلوط پلی استر غیر اشباع با پلی استایرن نیز مورد بهره برداری قرار گرفته است [۱۶]. همچنین سرعت زیاد، گرم کردن با انرژی میکروویو برای مطالعه خواص ترمودینامیکی ترکیبات شیمیایی [۱۷]، برای انحلال جامدات در مواد حل کننده [۱۸-۱۹] ، کراکینگ با هیدروژن [۲۰-۱۹] و حتی برای تهیه مواد آلی در مرحله آزمایشگاهی بکار برده شده است .

از دیگر استفاده های انرژی میکروویو در صنعت برای گرم کردن و سخت گرایی مواد پلاستیکی و تایر ماشین آلات و همچنین پخت محصولات تهیه شده از پلی اتیلن می باشد که نتایج و ویژگی های آن را می توان در پایین ذکر کرد :

۱- انرژی میکروویو باعث گرم شدن قطعه از طریق حجم جسم می گردد ولی انرژی حرارتی باعث گرم شدن از طریق سطح جسم می شود . در نتیجه انتقال انرژی بوسیله اشعه ماکروویو بازده بیشتری در مقایسه با انرژی حرارتی دارد .

۲- انرژی میکروویو را می توان سریع قطع و وصل کرد و چون گرم شدن از طریق حجم میباشد شیب گرمایی ندارد و کنترل سریع انتقال انرژی امکان پذیر است. درحالیکه بعلت شیب گرمایی و بالا بودن ماندگی گرمایی بوسیله انرژی حرارتی، کنترل سریع انتقال انرژی امکان پذیر نیست .

۳- گرم شدن قطعه با سرعت زیاد بوسیله انرژی میکروویو امکان پذیر است .

۴- خصوصیات جذب انرژی میکروویو بوسیله ماده پلیمری را می توان با مخلوط کردن با یک آمیختگی مناسب کنترل کرد . حتی اگر ماده پلیمری میکروویو را بطور ضعیف جذب کند .

بخش اول : میکروویو و تاثیر آن بر بسپارش

۵- اندازه گیری ثابت دی الکتریک وافت دی الکتریک مواد پلیمری در فرکانسهای میکروویو می تواند در پیش گویی مناسب بودن استفاده میکروویو برای گرم کردن و شبکه ای کردن مواد پلیمری مؤثر باشد .

۶- مهمترین اشکال گرم کردن و شبکه ای کردن مواد پلیمری و لاستیکی با انرژی میکروویو این است که پدیدار شدن نقاط داغ به ثابت نبودن میدان الکتریکی در محفظه بسته میکروویو، یکنواخت نبودن آمیزه کاری و افزایش درجه حرارت به علت بالا رفتن شدید افت دی الکتریک با افزایش دما بستگی دارد. در نتیجه به منظور کاربرد صحیح از انرژی میکروویو در گرم کردن و شبکه ای کردن آمیزه ها می بایستی مکانیزم جذب اشعه میکروویو بوسیله ماده پلیمری را مورد مطالعه قرار داد. از پرتوهای میکروویو جهت طیف سنجی میکروویو هم استفاده می شود که در آن مولکول ها در حالت گازی مورد مطالعه قرار می گیرند. طیف آنها دارای پیکهای تمیزتری در محدوده 3-60GHZ می باشد که این پیکها ناشی از انتقالهای کوانتیزه حالتی چرخشی می باشد و از رابطه زیر تبعیت می کند:

$$E_j = j(j+1) \frac{h^2}{8\pi^2}$$

که در آن j عدد کوانتیمی چرخشی، I مومنتم زاویه ای و h ثابت پلانک می باشد. طیف میکروویو مولکولهای کوچک تیز و خطوطی با فاصله کمتر از 1 MHz را متمایز می کند. بنابراین این نوع طیف سنجی یک روش منحصر به فرد برای شناسایی مولکولها در حالت گازی می باشد و از آن برای نشان دادن حضور گسترده وسیعی از مولکولها در فضای اطراف استفاده می شود. همچنین با محاسبه مقدار B (ثابت چرخش) از روی طیف، می توان طول پیوند و زاویه آن را محاسبه کرد.

۱-۲) معایب روش تابش میکروویو

از معایب روش میکروویونانو آنی در کنترل دقیق دما در همه شرایط و نیز عدم استفاده از ابزار حساس به دما برای کنترل توان ورودی میکروویو می باشد. برای حل برخی از این مشکلات می توان از ترموکوپل های غلاف دار و طیف سنجی مادون قرمز استفاده نمود.

۱-۳) معرفی دستگاه تابش میکروویو

دستگاه های تابش میکروویو در چند دهه اخیر بصورت ویژه مورد توجه محققان قرار گرفته اند و با توجه به موارد استفاده و نوع کاربردها در زندگی روزمره افراد و محیطهای صنعتی و آزمایشگاه های تحقیقاتی در ساخت آنها نیز تنوع ایجاد شده است.

بخش اول: میکروویو و تاثیر آن بر بسپارش

در اینجا فقط به دو نوع از نظر ساخت و کاربرد آنها می پردازیم:

۱-۳-۱) دستگاه تابش میکروویو خانگی:

این دستگاه همانطور که از اسم آن بر می آید در آشپزخانه ها کاربرد دارد و در زندگی های امروزی به عنوان یکی از اسباب منزل به شمار می رود و برای طبخ و گرم کردن و دیگر مصارف آشپزخانه ای کاربرد دارد و این دستگاه به دلیل محدودیت هایی که دارد برای کاربردهای آزمایشگاهی و تحقیقاتی مناسب نیست و بجز در مواردی بسیار محدود .

۱-۳-۲) -دستگاه تابش میکروویو آزمایشگاهی

طراحی و ساخت این دستگاه ها به شکلی است که به راحتی می توان هر نوع واکنش شیمیایی، چه در فاز جامد، فاز مایع و بخار را در آنها انجام داد.

۱-۴- تجهیزات میکروویو

دستگاههای میکروویو شامل ۱- ژنراتورهای میکروویو ۲- خطوط انتقال (هادی های موج یا موج بریا اعمال کننده ها ۳- راکتورهای میکروویو که به انجام فرایندهای شیمیایی اختصاص داده شده اند.

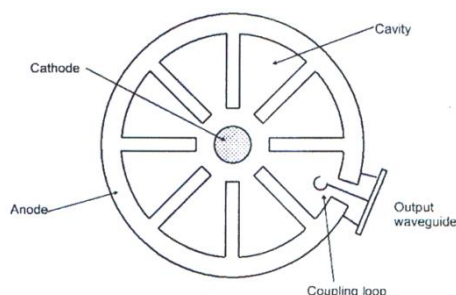
۱-۴-۱ ژنراتورهای میکروویو

انواع اصلی منابع ژنراتورهای میکروویو به دو صورت مغناطیسی ران ها (مگنترون ها) و کلیسرون ها هستند. مغناطیسی ران ها که به طور معمول در اجاق های میکروویو استفاده می شوند و ارزانتر هستند . بنابراین بطور رایج استفاده از مغناطیسی ران ها (مگنترون) برای آزمایشگاه و فرایندهای ماکروویو صنعتی .

معمولاً "مغناطیسی ران ها دستگاههای خلا ای هستند که شامل آندوکاتد می باشند و آند در یک پتانسیل بالاتری نسبت به کاتد نگهداری می شوند. به محض این کاتد گرم شود الکترونها از آن خارج شده و به سوی آند در میدان الکتریکی سرعت می گیرند. در همان زمان میزانی از مغناطیسی های خارجی حول بلوک آند مغناطیسی ران یک میدان مغناطیسی همزمان در محور کاتد به وجود می آید . این میدان مغناطیسی الکترونها را مجبور می کند که حول کاتد بچرخند قبل از این که بتوانند به آند برسند . چرخش الکترون ها از یک حرکت چرخان حول کات هم زمان در راهی که آنها کند می شود و پس انتقال انرژی آنها داخل نواسانات ماکروویو در گودالهای دسته آند را می شکافند. یک دسته آند شاخص شامل یک زوج حفره کوچک که شکل یک سری از مدارهای ماکروویو که نوسان در یک فرکانس خاص بستگی به ابعاد و شکل حفره های دارد می چرخد. در آخر

خش اول : میکروویو و تاثیر آن بر بسپارش

انرژی مایکروویویکی از حفره های تشدیدکننده به خط انتقال محصول می پیوندد معمولاً با یک آنتن خروجی محدود می شود (شکل ۱/۱) [۲۱].



شکل (۱/۱)-مکنتورن

۱-۴-۲- خطوط انتقال یاهادی های موج یا موج بر یا اعمال کننده ها

مایکروویوها به راحتی از میان رسانا های مختلف می توانند منتقل شوند . این رویک اعمال کننده از منابع برقی می تواند دور شود و به طریق خط انتقال در ماکروویو هایی که می توانند برای استفاده ۳ نوع حالت گسترش یابد وصل می شود. ۱- حالت الکترومغناطیسی متقاطع TEM همه اجزای تشکیل دهنده (معنی : مغناطیسی و الکترویکی) متقاطع هستند.

مایکروویوها در حالت TEM می توانند بین ۲ سیم موازی ۲ صفحه موازی یا در خطوط هم محور زیاد شوند و به طور کلی برای سیستم های کم توان به کار گرفته می شود (تقریباً ۱۰ کیلووات) ۲-

الکتریکی متقاطع TE - ۳- مغناطیسی متقاطع TM ([۲۱]

اعمال کننده های مایکروویو ، اعمال کننده های مایکروویو ممکن است در شکل های مختلف و اندازه های مختلف به نظر برسد. یک تعداد زیادی از اعمال کننده های مورد استفاده در مایکروویو به ۳ نوع اصلی تعلق دارند: ۱- حفره چند حالتی ۲- شامل ساختارهای TEM ۳- اعمال کننده های موج مهاجرتی مهم ترین توصیف اعمال کننده های تولید استحکام میدان الکتریکی ماکسیمم در ماده است. اعمال کننده یک جعبه فلز مستطیلی است که می تواند در هدف ماده قرار بگیرند.

۱-۴-۳ راکتورهای مایکروویو

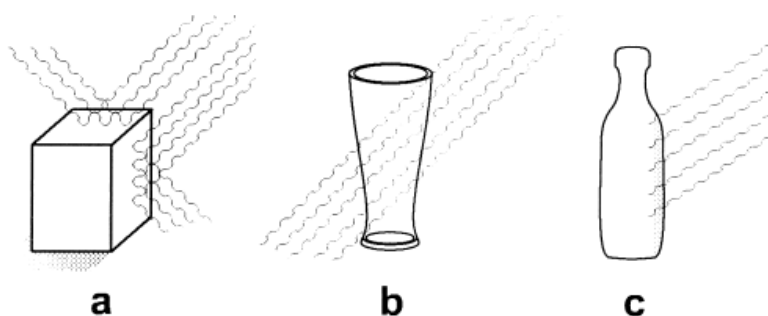
راکتورهای مایکروویو های اختصاصی برای ترکیب های شیمیایی چندین شرکت تجاری موجود است . در کل دما در میدان الکتریکی مایکروویو می تواند بوسیله وسایل زیر اندازه گیری شود:

بخش اول : مایکروویو و تاثیر آن بر بسپارش

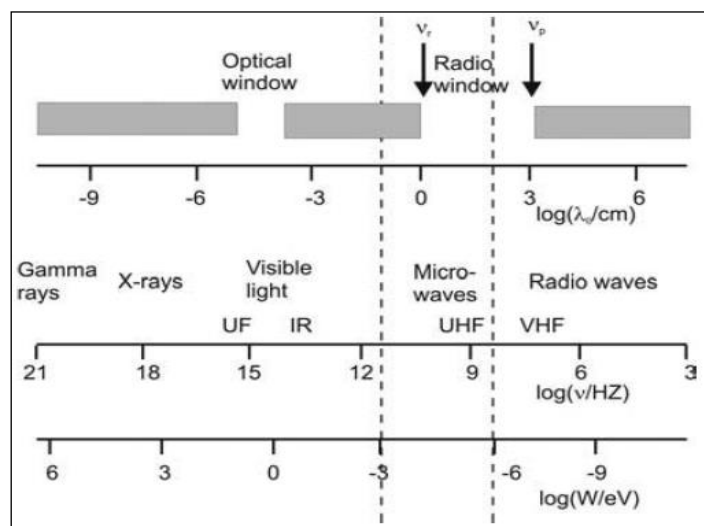
۱- ترمومتر فیبرچشمی ۲- ترموکوپل پوشش ۳- پیرومتر (حسگر مادون قرمز) ترمومترهای فیبر چشمی می توانند در بالاتر ۳۰۰ درجه سانتیگراد به کار برده شوند اما برای کاربردهای صنعتی واقعی خیلی شکننده هستند. از طرف دیگر پیرومترهای فیبری و ترموکوپل ها می توانند استفاده شوند اما پیرومترها فقط دمای سطح را اندازه می گیرند که می توانند پایین تر از دماهای داخلی در ترکیبات واکنش ها باشد. [۲].

۱-۵- تعامل مایکروویو با مواد

وقتی که ماده در معرض تابش دهی مایکروویو قرار می گیرد، مایکروویو می تواند از سطح آن منعکس شود مانند مواد رسانا (گرافیت و غیره) (شکل a ۱/۲) یا می تواند جذب آن شود (شکل c ۱، ۲)، و یا از آن بدون جذب عبور کند (مانند شیشه) (شکل b ۱، ۲).



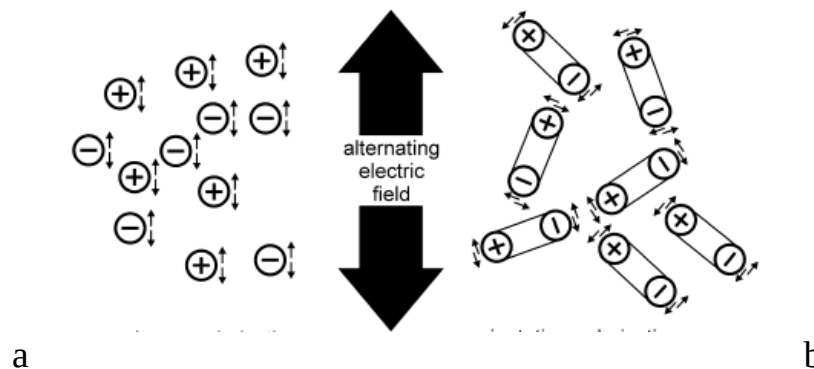
شکل (۱-۲): تعامل مایکروویو با مواد مختلف (a: مواد رسانا (b: مواد شفاف (عایق) (c: مواد پراکنده (جاذب الکترومغناطیس)



شکل (۱-۳): طیف تابش دهی الکترومغناطیس: λ_0 طول موج در خلاء، W ، $h\nu$ انرژی کوانتوم و V_r حداقل فرکانس رزونانسی چرخشی در طیف آب: V_p فرکانس پلاسمایی در یونسفر.

مواد با خواص دی الکتریکی خوب که عایق خوب هستند بوسیله پوسته آنها جذب میشود ، و حتی موادی با دی الکتریک ضعیف مقدار کمی امواج الکترومغناطیس را جذب میکنند. موادی که رسانای خوب هستند در معرض تابش دهی مایکروویو قرار میگیرند، امواج الکترومغناطیس را بخش اول : مایکروویو و تاثیر آن بر بسپارش

در سطح بالایی منعکس می کنند (شکل a ۱,۲) . اما مواد بطور موثر گرم نمیشوند . بر اثر تابش مایکروویو، الکترونها بطور آزادانه در سطح مواد حرکت می کنند، که جریان الکترونها می توانند بر اثر مقاومتی که در سرتاسر ماده وجود دارد گرم شوند . در ظروف چینی الکترونها عایق میشوند ، مایکروویو نفوذ میکند و جذب میشود (شکل 1/3B) . در موادی که بدون عایق هستند و جذب کمی دارند ، گرماتولید میکنند (شفاف مایکروویو هستند) (شکل 1/2C).



شکل (۱-۴) : تعامل تابش دهی الکترومغناطیس با ذره های باردار و مولکول های قطبی: (a) فضای ذره های یونی (b) جهت گیری دوقطبی ها

در مورد عایق کنند ها (مثال : ظروف چینی) مایکروویو های می توانند در جسمی که نفوذ کرده و جذب شود بر اثر جذب اندک تولید گرما کنند (شکل 1/2B). برای بعضی از دی الکتریک های پایدار یا القای دو قطبی طی عبور اشعه مایکروویو که ماهیت الکترو مغناطیسی دارد می تواند موجب جذب انرژی مایکروویو و ارتعاشات آن زیاد شده و بر اثر اصطکاک تولید گرما نمایند (به علت مکانیسم گرمایی دی الکتریک) (شکل 1/2C). حرکت دو قطبی هادر زمانی که در میدان قرار دارند وابسته فرکانس های تابشی می باشند . وقتی در میدان باقی می ماند نشان دهنده قطبیت کم آن می باشد. شدت برخورد بین دو قطبی و میدان به گرما تبدیل می شود ی شود (بوسیله مکانیسم گرمایی دی الکتریک) (شکل 1/3B).

در حقیقت میدان الکتریکی مولفه مایکروویو مسئول برای مکانیسم گرمایی دی الکتریک است ، به علت اینکه می تواند باعث جنبش مولکولی بر اثر مهاجرت جزیی یونها شود. (مکانیسم هدایت) (شکل 1/3B) یا چرخش جزیی دوقطبی (مکانیسم پلاریزاسیون دو قطبی) (شکل 1/3B) شود . در یک میدان

مایکروویو، اجزای موجود در میدان الکتریکی خیلی سریع نوسان می کنند (در $2/40$ گیگاهرتز میدان $10^9 \times 9/4$ ثانیه نوسان می کند)، که شدیداً "تحریک می شوند بوسیله جفت شدن مولکولهای حلقوی، گرمای درونی

بسرعت افزایش میابد سرعت افزایش دما 10 درجه سانتیگراد در ثانیه می رسد ، این در صورتی است که اشعه مایکروویو از یک منبع ظرفیت کیلووات استفاده شده باشد. در عمل بیشتر مواد جامد بخش اول : مایکروویو و تاثیر آن بر بسپارش

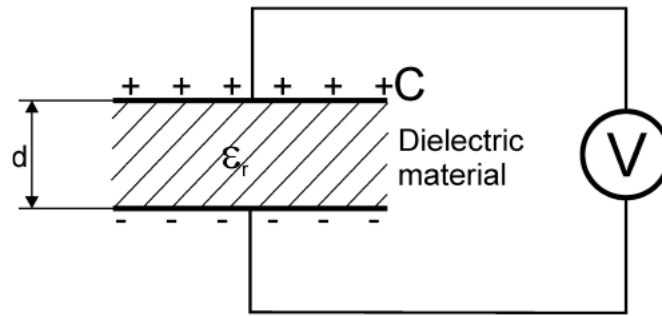
دارای دی الکتریک خوب و مناسب هستند ، موادی شامل: سرامیک، میکا، شیشه پلاستیک و اکسید فلز های مختلف است، اما بعضی مایع هاگازها می توانند به خوبی مواد دی الکتریکی به کار گرفته می شود، برای مثال آب یونیزه شده یک دی الکتریک نسبتاً خوب است حتی اگر چه داشتن مولکولهای قطبی (دو قطبی) می تواند به طور موثر با مایکروویو ها برای تولید هدایت گرما به علت کاهش قطبش یا پلاریزاسیون بپیوندد.

اما بعضی اتلاف های پلاریزاسیون که در نتیجه گرمای دی الکتریک هم چنین مواد پراثراتلاف دی الکتریک نامیده می شود نمایش داده شده یا در مواد پر اتلاف عمومی نشان داده می شود. به عبارت دیگر N - هگزان با داشتن مولکول متقارن یک اهمیت دو قطبی را ندارد و جذب مایکروویو ندارد.

به کار بردن مایکروویو موجب انجام گرفتن پروسه های شیمیایی می شود این بیشترین اهمیت برای پیدا کردن حداقل یک جزیی که قابل پلاریزه است و دو قطبی آن می تواند به سرعت در پاسخ به تغییر میدان الکتریکی اشعه مایکروویو جفت شود. خوشبختانه یک تعدادی از مولکولهای آلی و حلال هایی که این نیاز ها بر آورده می کنند و بهترین گزینه ها (انتخاب ها) برای در خواستهای مایکروویو هستند. الکل ها با سرعت گرمایی بیشتر نسبت به آب برای رسیدن به نقطه جوش در یک زمان کوتاه تر لازم دارند. هم آب و هم الکل می توانند در یک میزان کمتر به ترکیب واکنش در اساس پیشرفت خصوصیات دی الکتریک آنها افزوده شوند (افزایش جذب مایکروویو). حلالهای غیر قطبی (مثال : هگزان ؛ تتراکلرید) گزینه های خوب برای واکنش مایکروویو نیستند حتی اگر چه مقدار کمی از آنها به ترکیب واکنش اضافه شوند [۲۱].

اولین قدم برای تجزیه کردن اجزای واکنشگر همراه با خصوصیات دی الکتریک آنها از میان بهترین و مهم ترین ضریب دی الکتریک (ϵ_r) است، بعضی اوقات نفوذ پذیری الکتریکی نامیده می شود. ضریب دی

الکتریک ماده به ضریب نفوذ پذیری فضایی آزاد (خلا) تعریف می شود و ارزش آن می تواند از یک مدل ساده شدن خازن گرفته شده است . (شکل ۱، ۵)



شکل ۱،۵ : انبار الکتریکی (خازن) شامل : دو صفحه فلزی که بوسیله مواد نارسانای دی الکتریک از هم جدا می شوند .

بخش اول : مایکروویو و تاثیر آن بر بسپارش

زمانی که ماده بین دو صفحه از خازن معرفی می شود؛ شارژ کلی (C_0) ذخیره شده در خازن تغییر خواهد کرده (C) معادله ۱/۱ . تغییر به قابلیت ماده به پایداری ساختار میدان الکتریکی داخل آن بستگی دارد و سرانجام تحت میدان الکتریکی خازن پلاریزه می شود .

$$\epsilon_r = \frac{C}{C_0} \quad (\text{رابطه ۱،۱})$$

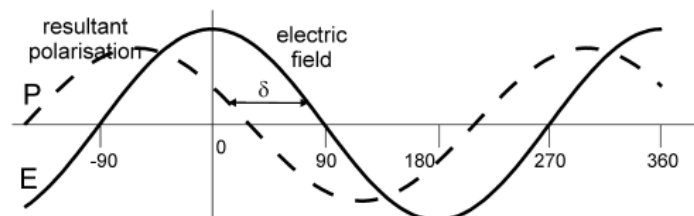
در این جا : C_0 ظرفیت خازن در خلا است و C ظرفیت خازن در ماده است . بنابراین ضریب دی الکتریک ϵ_r که توانایی نگه داشتن شارژ ماده مشخص می شود ، مشخصه برای هر جسم و حالتش با دما می باشند . ضرایب دی الکتریک برای بعضی مواد معمولی در جدول ۱،۱ داده شده است .
جدول ۱،۱: ثابت دی الکتریکی معمولی بعضی از مواد در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد .

ماده	ثابت دی الکتریک	ماده	ثابت دی الکتریک
خلأ	۱	دی اکسید تیتانیوم	۱۰۰
هوا (۱ اتمسفر)	۱/۰۰۰۵۹	آب	۸۰
هوا (۱۰۰ اتمسفر)	۱/۰۵۴۸	استونیتریل	۳۸
شیشه	۵-۱۰	محلول آمونیاک (۷۸-)	۵
شیشه کوارتز	۵	درجه	۲۵
ظروف چینی	۵-۶	اتیل الکل	۲
میکا	۳-۶	بنزن	۲
لاستیک	۲-۴	کربن تتراکلرید	۲
نایلون	۳-۲۲	هگزان	۳
کاغذ	۱-۳	پلی وینیل کلرید	۲
پارافین	۲-۳	پلی اتیلن	۲
خاک (خشک)	۲/۵-۳	تفلون	۲/۰۵
چوب (خشک)	۱-۳	پلی استیرن (فوم)	

هوا ضریب دی الکتریک نزدیک به خلاء دارد. (به ترتیب $\epsilon=1.00059$ و 1.00000) حلالهای آلی (آب ؛ استونیتریل ، اتیل الکل) بوسیله ارتباط ارزشهای بالا ضرایب دی الکتریک مشخص می شوند و از نظر دیگر می توانند بوسیله مکانسیم گرمایی دی الکتریک ، تحت پرتوافکنی مایکروویو گرم شوند. حلالهای آلی غیر قطبی (بنزن ؛ کربن تترا-کلراید و n هگزان) ضرایب دی الکتریک پایینی دارند و در حقیقت اثرات گرمایی ناچیز تحت پرتوافکنی مایکروویو نشان می دهد. بعضی از این مواد همانند شیشه و شیشه ی کواتز در ساختن لوله های آزمایشگاهی که برای انجام واکنش هادرمایکروویو استفاده می شود ، چون جنس مناسب آنها مقاومت در برابر گرما را دارند (مثال : تفلون و ...). بنابراین گرمای یک ماده در فرهای (اچاقها) مایکروویو وابسته به

بخش اول : مایکروویو و تاثیر آن بر بسپارش

توانایی بعضی از مواد محلول و جامد در تبدیل کردن انرژی الکترومغناطیس به انرژی گرمایی است. برای یک دی الکتریک ایده ال بین صفحه های خازن (شکل ۱، ۴) تاخیر (کندی) در بین جفت شدن مولکول ها تفاوت در ولتاژ متناوب وجود ندارد و جانشین سازی در ۹۰ درجه بیرون از فاز با میدان الکتریکی در نوسان است (شکل ۱، ۵).



شکل (۱-۶) دیاگرام فاز تاخیری قطبی شدن P مولفه تاخیر میدان الکتریکی E بوسله فاز δ دیاگرام فاز مربوط (شکل a ۱، ۷) نشان می دهد که برای جسم دی الکتریکی که مولکولها می توانند سرعت را با تغییرات میدان بدون وجود گرما حفظ کنند .