

فرض ما برای محاسبه یکنواخت بودن چگالی بار ابر بود که با تصویر کوانتمی اتم توافق ندارد. در نظریه کوانتمی بیشینه چگالی احتمال مربوط به شعاع معینی مطابق با اولین مدار بور بوده که برای شعاعهای بزرگتر افت می کند. محاسبه کامل قطبش پذیری مولکولی برای اتم هیدروژن  $1/68$  است. در صورتیکه معادله  $(4 - 7)$  مقدار  $0.378 \text{ cm}^3$  را ارائه می دهد. علت بزرگتر بودن مقدار قطبش پذیری توسط نظریه کوانتمی امکان پذیر است، زیرا در این مدل خارجی ترین مناطق چگالی احتمال ابر مربوط است به الکترونی که به طور ضعیف به هسته ما در مقید است. بنابراین تعداد کم الکترون در این ناخیه نسبت به آنهایی که نزدیک به هسته هستند، مشارکت بیشتری را در قطبش پذیری دارند.

### قطبش پذیری مولکولی

با اعمال یک میدان، قطبش ماده قطبی به دو صورت می تواند تغییر کند:

الف) اگر میدان باعث جابجایی اتمها  $\propto$  تغییر فاصله بین آنها شود و گشتاور دو قطبی مولکول را تغییر می دهد این عمل را قطبش پذیری اتمی می خوانیم و با  $\alpha_a$  نمایش می دهیم.

ب) اگر کل مولکول حول محور تقارن خود چرخش کند، بطوریکه دو قطبی آن با میدان هم امتداد شود این را قطبش جهتی می نامند، و با  $\alpha_d$  نمایش می دهند.

### قطبش بین لایه ای :

در یک بلور واقعی همیشه در عمل نقصهای زیادی از قبیلی جاهای شبکه ای تهی ، مراکز ناخالصی ، جابجاییها و ... وجود دارد . حاملهای بار آزاد ، که تحت تأثیر میدان اعمال شده در بلور جابجا می شوند ، ممکن است توسط یک نقص به دام بیفتند و یا روی هم انباشته شوند . و این اثر منجر به ایجاد انباشتگی موضعی بار می شود که تصویر خودش را بر روی یک الکتروود القاء می کند و گشتاور دو قطبی بدست می دهد . و این قطبش دو بلور بنا می کند که قطبش بین لایه ای نامیده می شد و آن را با  $\infty_i$  نشان می دهیم .

### دسته بندی دی الکتریکها :

سه نوع قطبش پذیری اتمی و یامولکولی  $\infty_e, \infty_a, \infty_i$  منجر به یک طبقه بندی کلی در مواد دی الکتریکی می شوند . تمام دی الکتریکها در یکی از سه گروه زیر قرار دارند :  
الف ) مواد غیر قطبی که تغییرات گذردهی را در محدوده فرکانسهای نوری نشان می دهند . در این مواد اعمال میدان الکریک فقط باعث جابجایی الاستیکی الکترونها می شود . تمام دی الکتریکهایی که دارای این نوع اتم آنه چه بصورت جامد ، مایع و یا گاز باشند ، در این دسته یافت می شوند .

ب ) مواد قطبی که در محدوده فرکانس فرسرخ و همچنین نوری تغییراتی در گذردهی دارند . موادی که بتوان در رده بندی این دسته قرار داد ، احساسی هستند که گشتاورده قطبی خالص مولکولهای آنها صفر است . حتی اگر دارای دسته های دو

قطبی از اتمها باشند ،  $CO_2$  ، پارافین ، بنزین  $C_6H_6$  تتراکلرید کربن و تعداد زیادی از روغن‌ها از این دسته اند . در بیشتر اینها قطبش پذیری فروسرخ تنها کسری از قطبش پذیری نوری است و از نظر تجربی رفتار آنها بسیار شبیه به مواد غیر قطبی می باشد .

مهمترین اعضای این دسته ، جامدات یونی هستند ، نظیر سنگ بنک ، بلورهای قلیایی بطور عام ،  $tio_2$  و ... .. ؛ همه اینها قطبش پذیری فروسرخ بزرگی را نشان می دهند .

ج ( مواد دو قطبی که علاوه بر اینها ، قطبش جهتی را هم نشان می دهند . تمامی موادی که شامل مولکولهای دو قطبی انه در این گروه قرار دارند ، در دماهای پایین ممکن است این مواد قطبی شوند و این بخاطر بی حرکت شدن مولکولهاست بطوریکه دیگر قادر به چرخیدن و همسو شدن با میدان نمی باشد . در بعضی حالات مانند یخ ، چرخش دو قطبی ممکن است از طریق انتقال یک یون از محل تعادل به محل دیگری حاصل شود .

### مشکلات نظریه دی الکتریک :

هدف نظریه دی الکتریک باید این باشد که بتوان گشتاور دو قطبی الکتریک داده شده را که در اثر اعمال یک میدان در ماده القاء می شود ، از ساختار اتمی و مولکولی آن محاسبه کرد . این هدف از طریق محاسبه قطبش پذیری که رفتار میکروسکوپی و ماکروس کوپی دی الکتریک را به یکدیگر را به یکدیگر مربوط می کند ، انجام

**جهت خرید فایل word به سایت [www.kandoo.cn.com](http://www.kandoo.cn.com) مراجعه کنید  
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۰۵۱۱ تماس حاصل نمایید**

می شود ، به طوری که انجام می گیرد که عامل اخیر توسط گذردهی اش توصیف می گردد و محاسبه صریح مقادیر گذردهی و وابستگی آن به فرکانس و دما از یک مدل اتمی و یا مولکولی همواره با مشکلاتی همراه بوده است و عموماً تقریبهایی بکار گرفته می شود . برای مثال ، در مورد قطبش پذیری اتمی هیچگونه محاسبه ای را نمی توان انجام داد مگر اینکه پیکربندیهای دقیق از هسته های یونی مثبت و ابرهای الکترونی آنها معلوم باشد ، و این فقط در تعداد معدودی از حالتها نسبتاً ساده امکان پذیر می باشد . بنابراین عموماً مدل ساده ای برای نمایش یک ماده با پیچیدگی خیلی زیاد انتخاب می شود ، معمولاً این امر اجازه می دهد که فرمولهایی تقریبی برای توصیف رفتار دی الکتریک بدست آیند و مقایسه آنها با نتایج تجربی ، صحت مدل به کار برده شده را نشان می دهد .

## شکست دی الکتریکی :

تعریف . خرابی دی الکتریکها تحت تنش الکتریک شکست نامیده می شود و از نظر عملی زمینه مطالعه فوق العاده مهمی است . اغلب دیده می شود که مواد مشابه تحت شرایط صنعتی واقعی ، گسترده وسیعی از قدرتهای دی الکتریکی را که به نوع کاربریشان وابسته می باشند ارائه می دهند . بهر حال ، حتی در جای که به ظاهر شرایط کاربردی و توزیع میدان یکسانند دیده می شود که باز هم شکست در گستره وسیعی از تنشهای اعمال شده گسترده است علاوه بر آن تحت شرایط آزمایشگاهی ، اندازه گیریهای انجام شده عموماً این شکست را در قدرتهای میدان پایین تری از آنچه برای ماده خالص است ، بدست می دهند .

برای در یک ساز کارهای انانس شکست ، لازم است شرایط کنترل شده در آزمون آزمایشگاهی دقیقاً حفظ شود . بنابراین از تمرکزهای میدان با دور لبه های الکترودها باید جلوگیری شود و ماده تحت آزمایش باید خالص و همگن باشد و اتمسفر باید به دقت کنترل شود .

قبل از اینکه به بررسی تعدادی از سازو کارهای اساسی شکست پردازیم لازم است ساختار الکترونی دی الکتریکهای خالص را بررسی کنیم .

## الکترونها در عایقها :

هنگامیکه اتمها برای تشکیل جامد نزدیک هم آورده می شوند ، ترازهای مجاز گسسته انرژی مربوط به الکترونها در اتم آزاد پهن شده و به نوارهای انرژی مجاز تبدیل

می شوند. در دمای صفر مطلق، در بلور کامل بدون نقص، این نوارها با الکترونیایی که دارای انرژی معین اند، پر می شوند. با افزایش دما، الکترونها انرژی کسب کرده و اگر آنها دقیقاً مقدار انرژی انتقال را کسب کنند، بخشی از آنها به سطوح انرژی بالاتر حرکت می کنند.

نوارهای انرژی که مربوط به الکتروهای مقید به اتمهای مادر می باشند، نوار ظرفیت نامیده می شوند. هنگامیکه الکتروها از چنین انرژیها انتقال می یابند، از اتمهای مادر رها می شوند و نواری که به آن منتقل می گردند به وار رسانایی موسوم است. همینکه الکترونها در نوار رسانایی قرار بگیرند برای جابجایی در بلور آزاد خواهند بود.

در عایقها نوارهای ظرفیت و رسانایی توسط شکاف انرژی بزرگی از هم جدا هستند. این گاف چنان بزرگ است که در دمای اتاق الکترونها نمی توانند انرژی گرمایی لازم برای انتقال به نوار رسانایی را کسب کنند. بنابراین به اتمهای مادر مقید می مانند و قادر به جابجایی در بلور نخواهند بود تا رسانایی الکتریکی ایجاد نمایند.

بلور دی الکتریکی کامل، نارسانایی کامل با رسانندگی الکتریکی صفر خواهد بود. در عمل تمام بلورها باید یکی یا بیشتر از انواع ناکاملیهای زیر را شامل باشند.

(۱) تهیجابهها و میانینها: اینها در بلورهایی رخ می دهند که ناخالصی ندارند و دارای تناسب استیوکیومتری باشند. تهیجابهها مکانهای شبکه ای خالی اند یعنی نقاطی که باید در آنها اتمها حضور داشته باشند، ولی وجود ندارند. میانینها، یونایی هستند که در

موقعیتهای بین نقاط شبکه ای قرار گرفته اند ، یعنی نسبت به آرایه منظم اتمهای در شبکه بلورین جابجا شده اند .

۲) غیر استیوکیومتری : در بلوری که عنصر خالص نیست ، ممکن است مقدار کمی اضافه از یک نوع اتم ، نسبت به تناسبهای ترکیب دقیق شیمیایی بلور ، وجود داشته باشند . اتمهای اضافه می توانند به موقعیتهای میان شبکه ای منتقل شوند یا شبکه ممکن است خودش را باز ترتیب نماید بطوریکه تهیجاها وجود داشته باشند .

۳) ناکاسهائی ناشی از حضور اتمهای بیگانه : اثر این ناکامیها تغییر توزیع بار در بلور می باشد . که بعنوان تراکمهای موضعی بار عمل می کنند و می توانند الکتروهای را که در بلور حرکت می کنند ، به دام اندازند . بدین طریق الکتروها از نوار رسانایی حذف می شوند . همینکه الکترون به دام می افتد ، حالتی انرژی شبیه اتمی را که در اتم منفرد در دسترس هستند اشغال می کند ، یعنی یک حالت پایه با تعدادی تراز برانگیخته قابل دسترس در بالای آن داریم .

قابل توجه است که تعادل الکترونی وقتی رخ می دهد که الکتروها برخورد کنند . این برخوردها ممکن است بین الکترونها در نوار رسانش ، بین یک الکترون رسانش و الکترون بدام افتاده و بین الکترون رسانش و شبکه رخ دهد . در بلور کاملاً خالص دو اتفاق اول کم است و ساز و کار اساسی ، بر هم کنش الکترون با شبکه می باشد . برای مواد بی شکل یا بلورهای خالص در دماهای بالا تعداد الکترونها رسانش ، و به دام افتاده خیلی بیشتر هستند و دو ساز و کار اول غالب می باشند . تعداد الکترونها

بر واحد حجم ،  $n$  که انرژی آنها بین  $E$  و  $E+dE$  است از رابطه زیر بدست می آید .

$$n = Ne^{-E/kt}$$

$N$  تعداد کل الکترونهاي موجود در واحد حجم است .

سازو کار شکست :

هنگامیکه میدان بر بلور اعمال شود ، الکترونهاي رسانش از آن انرژی دریافت خواهد کرد ، و بواسطه برخورد های بین آنها این انرژی بین تمام الکترونها قسمت خواهد شد . حال اگر بلور در وضعیت پایداری باشد این انرژی باید به طریقی اتلاف شود و اگر نسبتاً الکتروهای کمی وجود داشته باشند این عمل می تواند از طریق انتقال آن به شبکه بلور انجام گیرد . چنین انتقالی در صورتی رخ می دهد که دمای مؤثر الکتروهای ،  $t$  ، از دمای شبکه ،  $t_0$  بزرگتر باشد . بنابراین اثر میدان باعث افزایش دمای الکترون می شود و پی از برقراری تعادل حرارتی ، دمای جامد افزایش الکترونها را افزایش می دهد و دمای الکترون نسبت به دمای شبکه بیشتر می شود . چون متحمل ترین برخوردها آنهايي هستند که بین الکترونهاي رسانش و به نام افتاده رخ می دهد ، افزایش دمای الکترون تعداد الکتروهای بدام افتاده ای را که به نوار رسانش می رسند ، افزایش خواهد داد .



این امر رسانندگی بلور را افزایش می دهد و همچنان که افزایش دمای الکترون ادامه می یابد ، مرحله شکست کامل فرا خواهد رسید . این پدیده شکست دما - بالا نامیده می شود .

بر هم کنشهای الکترون - شبکه در بلور خالص غالب است . هنگامیکه میدان اعمال نشود ، الکترونها با شبکه ای که در دمای معین دارای محتمل ترین انرژی می باشد ، در تعادل خواهند بود . حال وقتیکه میدان اعمال شود ، الکترون از آن انرژی کسب می کند . آهنگ کسب انرژی بستگی به این دارد که قبل از برخورد الکترون چه مدت توسط میدان شتاب داده می شود . آهنگ کسب انرژی با افزایش انرژی فزونی می گیرد و همچنین با افزایش میدان نیز افزایش می یابد .

اکنون می توانیم سه حالت ممکن را تمیز دهیم :

( ۱ ) برای میدانهای کوچکی که اغلب آهنگ کسب انرژی  $a(E)$  کوچکتر از آهنگ اتلاف انرژی  $b(E)$  می باشد بطور متوسط الکترونها انرژی از دست خواهند داد تا اینکه به محتمل ترین مقدار انرژی برسند .

( ۲ ) برای شرایط تعادل  $a(E) : b(E)$  ، الکترونها بطور مداوم از میدان انرژی کسب می کنند .

وقتیکه الکترونها به اندازه کافی انرژی بالا کسب کنند ، برخورد هایشان با شبکه می تواند مورد یورش اتمها باشد و الکتروهای بیشتری را به نوار رسانش تزریق کند . این امر سریعاً منجر به شکست می شود . حال حوادثی را که در اعمال میدان رخ

می دهد می توان در سه مرحله به صورت زیر در نظر گرفت با فرض اینکه در

غیاب میدان متحمل ترین انرژی الکترون ،  $E$  انرژی بحرانی  $E_c$  و انرژی یونش  $I$

باشد .

( ۱ ) میدان بسیار کوچک  $E \ll E_c$  : اغلب الکترونها با انرژیهای در محدوده  $E$  ؛

بعضی از آنها که با افت و خیز به انرژیها بالاتر می رسند ، ممکن است یونش اتفاقی

وجود آورند ولی آنها به انرژی  $E$  فرو افت می کنند .

( ۲ ) میدانای معتدل  $E \sim E_c$  : تعداد کمی از الکترونها به انرژی  $E_c$  می رسند و سپس

به که تعداد زیادی از محصولات فرایند یونش انرژی کمتر از  $E_c$  داشته و به انرژی  $E$

فرو افت می کنند در نتیجه موازنه رسانندگی افزایش می یابد .

( ۳ ) میدانهای بزرگ  $E \gg E_c$  : تعداد زیادی از الکترونها به  $E_c$  خواهند رسید و قادرند

انرژی نشان را به  $I$  افزایش دهند . تعداد یونشهای رخ می دهند که محصولات آنها باز

هم ممکن است انرژی بزرگتر از  $E_c$  باشند . رسانندگی به سرعت افزایش می یابد و

شکست « بهمنی » رخ می دهد . این شکست دما - پایین نامیده می شود .

**انواع ساز و کارهای اساسی شکست در جامدات دی الکتریک :**

**شکست ذاتی در جامدات دی الکتریک :**

نمونه ای از یک ماده دی الکتریکی و همگن را بین دو الکتروود در نظر می گیریم و

ولتاژ را به دو طرف آن اعمال می کنیم . هنگامیکه ولتاژ اعمال شده از صفر افزایش

یابد ، جریان کوچکی شروع به جاری شدن می کند و سریعاً به مقدار اشباع خواهد

رسید. همچنان که ولتاژ بطور پیوسته افزایش می یابد جریان ثابت می ماند، تا وقتی که به ولتاژ بحرانی  $V_b$  برسد. در این نقطه جریان به طور ناگهانی سریعاً به مقدار بزرگی افزایش می یابد و گفته می شود که شکست رخ داده است. و  $V_b$  ولتاژ شکست است. در این نوع شکست فرض می شود که شکست ماهیت الکترونی دارد و به حضور الکترونها که قادرند در شبکه جابجا شوند، وابسته است.

### شکست حرارتی در جامدات در دی الکتریک

منشأ این شکست از رسانندگی در دی الکتریک است.

حضور حاملهای جریان در دی الکتریک دلالت بر این دارد که هنگام اعمال میدان، جریان رسانش وجود خواهد داشت و باعث گرم شدن ماده می شود. که البته تنها این منبع گرما نمی باشد. هر گاه میدان متناوب اعمال شود دی الکتریکها و اهلش را نشان می دهند. و اهلش یعنی، به گونه ای یک ساز و کار اتلاف وجود دارد، یعنی انرژی از میدان به ماده منتقل می شود و این انرژی بصورت گرما ظاهر می شود.

اساس شکست حرارتی این است که گرمای تولید شده درون ماده سریعتر از آن است که به خارج هدایت شود. در نتیجه افزایش دما قدرت دی الکتریک ذاتی کاهش می یابد تا اینکه شکست رخ دهد یا اینکه ذوب یا تجزیه شیمیایی ماده قبل از رسیدن به این حالت رخ خواهد داد قدرت شکست حرارتی برای میدانهای a.c از d.c پایین تر است و برای فرکانسهای بالاتر قدرت پایین تر می باشد.

رابطه ولتاژ شکست حرارتی بصورت زیر است:

$$V_m^2 = \int_{\theta_a}^{\theta_c} \left( \frac{8k}{\sigma} \right) d\theta$$

که در آن  $\theta_a$  دمای محیط است و در آن حجم در آغاز بصورت دی الکتریک می باشد و  $A$  دمایی است که ماده در آن تجزیه و یا ذوب می شود.  $\sigma$  رسانندگی  $\propto c$  یا  $\propto c$  است. و  $\hbar$  رسانندگی حرارتی می باشد. که با افزایش  $\hbar$  حرارت به طور سریع به خارج را می شود و ولتاژ بحرانی شکست بالاتر می رود. ولی به ازاء افزار رسانندگی الکتریکی،  $\sigma$ ، ولتاژ بحرانی شکست کاهش می یابد. هم در صنعت و هم تحت شرایط آزمایشگاهی، اطمینان از وقوع حتی شکست حرارتی مشکل است. و این ناشی از آهستگی آستانه شکست حرارتی است، که ظهور آن با درصد کوچکی بالای ولتاژ شکست روزها یا هفته ها طول می کشد، بخصوص اگر مقاومت حرارتی ویژه ماده بالا باشد، همینکه بطور نا پایدار شروع به بالا رفتن کند، به سرعت افزایش یافته و شکست بطور ناپایدار شروع به بالا رفتن کند، به سرعت افزایش یافته و شکست بطور ناگهانی رخ می دهد.

### شکست تخلیهای در جامدات دی الکتریک :

شاید این نوع شکست بطور دقیق از نوع ساز و کارهای اساسی بنا شده، زیرا به حضور حفره ها در ماده دی الکتریک بستگی دارد. معمولاً در ماده حفره هایی با شکلهای مختلف وجود دارند که حاوی گاز می باشند. گذر دهی گاز محبوس در حفره ها از محیط دی الکتریک اطراف کمتر است بطوریکه به ازاء یک تنش الکتریکی  $E$  در ماده، تنش  $E_c$  در حفره بزرگتر خواهد شد.

در عمل یک حفره در ماده تقریباً کروی است و برای چنین حالتی رابطه زیر را داریم :

$$E = \frac{3\ell_r E}{\ell_3 2\ell_r}$$

$$E = \frac{3E}{2}$$

$\ell_r$  گذر دهی نسبی دی الکتریک و  $\ell_c$  مربوط به گاز درون حفره است .

قدرت الکتریکی حفره کروی پر از هوا با قطر  $d$  تقریباً با قدرت یک خازن مسطح پر

از هوا با صفحات موازی با فاصله  $d$  یکسان می باشد . بنابراین می توان مدار معادلی را

برای حفره و در دی الکتریک استفاده کرد .  $C_c$  نشان دهنده دی الکتریک اطراف

می باشد . همچنانکه ولتاژ دو طرف دی الکتریک  $V_b$  از صفر افزایش می یابد ، تنش

دو طرف حفره فزونی می گیرد تا اینکه ولتاژ به مقداری برسد که به گاز درون حفره

شکست وارد شود . به موجب خنثی شدن بار روی دیواره های حفره ، ولتاژ دو سر

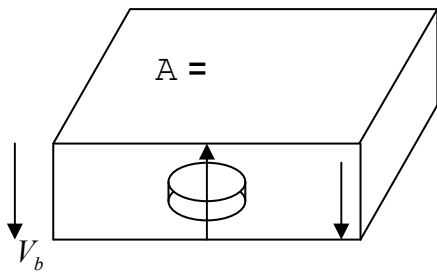
$C_c$  اندازه از بین رفتن تخلیه کاهش می یابد و ولتاژ به اندازه  $\Delta V_c$  در دو طرف

$C_c$  و  $C_d$  که ظرفیت کل آنها  $\frac{C_d C_c}{C_d + C_c}$  است رخ می دهد . اتلاف بار  $\Delta V_c \frac{C_d C_c}{C_d + C_c}$

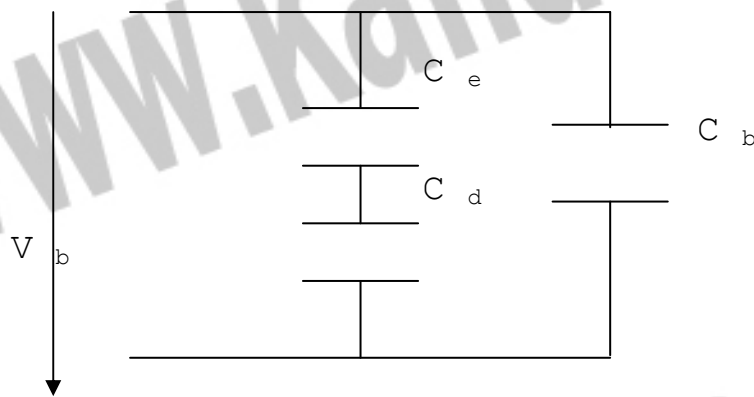
خواهد بود که این توسط انتقال بار از  $C_b$  جبران می شود و توأم با کاهش  $\Delta V_b$  در

$V_b$  می باشد

$$\Delta V_c \frac{C_d C_c}{C_d + C_c} = C_b \Delta C_b$$



شکل ۱ حفره ایده ال برای نمایش شکست تخلیه ای



شکل ۲ مدارهای معادل برای شکل ۱

معمولاً  $C_d \ll C_c$  است . بنابراین

$$\Delta V_b \frac{C_d}{C_b} \Delta V_c$$

با قرار دادن دی الکتریک در پل شرینگ در حال تعادل و ملاحظه نامتعادلی لحظه ای

که بصورت افزایش لحظه ای در ظرفیت نمونه ظاهر می شود ، می توان  $\Delta V_b$  را

اندازه گرفت .

## شکست در مایعهای دی الکتریک :

مایعهای دی الکتریک خالص غیر قطبی نظیر پارافینها دارای مقاومت ویژه بزرگ  $10^{18} \Omega m$  و قدرتهای شکست از مرتبه  $10^6 \frac{V}{Cm}$  می باشند . در میدانها پایین جریان رسانش خیلی اندک است و نشان داده شده است که عمدتاً به علت حاملهای جریان ناشی از یونش اتمها توسط تابش محیط نظیر اشعه کیهانی می باشد . سهمهای دیگر در رسانایی از ناخالصیهای یونیده در مایع و الکترودها بوجود می آیند . در نظریه های اولیه شکست در مایعها فرض شده است که شکست توسط یونش بهمنی اتمها رخ داده است ، که این امر توسط الکترونها رسانش که در میدان اعمال شده شتاب گرفته اند ، القاء می گردد . منبع این الکترونها الکترودها کاتد است که از آن الکترونها توسط اثر میدان گسیل می شوند . که این الکترونها توسط میدان شتاب گرفته و یونش ایجاد می گردد .

همینکه الکترونها از کاتد آزاد می گردد از میدان اعمال شده انرژی کسب می نماید . این الکترونها به شتاب در می آیند تا اینکه انرژی به قدر کافی برای یونیزه کردن مولکولهای مایع کسب کنند و به همین الکترونی شروع گردد .

میدان اعمال شده این که در آن بهمن می تواند شروع گردد ، از مساوی قرار دادن انرژی کسب شده توسط یک الکترون از میدان در طی مسافت آزاد میانگینش با انرژی لازم برای یونش مولکول بدست می آید ، یعنی :

$$e.E.\lambda = ch\nu$$

که در آن  $l$  کوانتای یونش برای مولکول مایع و  $l$  مسافت آزاد میانگین الکترون است .

« کائو » نشان داده است که حضور جبابها در دی الکتريک مایع می تواند به شکست منجر شود و یک مدل ریاضی مناسب تهیه نموده است . بنظر می رسد جبابها بتوانند احتمالاً از طریق یک و یا چند تا از سازو کارهای زیر تشکیل شوند :

الف ) بسته های گاز روی سطح الکتروود

ب ) دامنه الکتروود استاتیک بین بارهای فضایی - یونی مثبت در منطقه کاتد و منفی در مایع ، ممکن است این نیرو به قدر کافی باشد تا بر کشش سطح مایع غلبه کند ، که در این هنگام جبابها می توانند تشکیل شوند .

ج ) محصولات گازی یونش مولکولها توسط الکتروهای پر انرژی .

د ) تبخیر مایع توسط تخلیه نوع هاله از نقاط و نمودارهای روی الکتروودها .

اگر جباب کروی تشکیل گردد ، به سرعت در جهت میدان طویل خواهد شد ، تا اینکه انرژی پتانسیل اش را در میدان به حد مینیمم برساند . اثر این افزایش افت ولتاژ در طول جباب می باشد . کائو قدرت میدان شکست را بصورت زیر تعریف نمود :

$$E_0 = \frac{1}{l_1 - l_2} \left\{ \frac{24\pi\sigma(2l_1 + l_2)}{r} \left[ \frac{\pi}{4} \sqrt{\left( \frac{v_b}{2rE_1} \right) - 1} \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

که در آن  $\sigma$  کشش سطحی ،  $r$  شعاع اولیه ،  $v_b$  افت ولتاژ ،  $l_1, l_2$  به ترتیب گذردهی های نسبی دی الکتريک و جباب می باشند .

هنگامیکه فشار افزایش یابد شعاع جباب  $r$  کاهش و قدرت شکست افزایش می یابد .



قدرت دی الکتریکی .

تعریف : برای هر ماده دی الکتریک یک شدت میدان ماکزیمم وجود دارد که ماده می تواند با حفظ خاصیت عایقی خود آن را تحمل کند ، این ماکزیمم میدان را قدرت دی الکتریک می نامند .

عوامل مؤثر بر قدرت دی الکتریکی برای بلور خالص :

( ۱ ) ی کدمای بحرانی ،  $T_c$  ، وجود دارد که زیر آن قدرت دی الکتریکی با افزایش دما بطور آهسته افزایش می یابد و بالای آن با افزایش دما قدرت بطور خیلی سریع کاهش می یابد .

( ۲ ) چنانچه غلظت اتمهای بیگانه افزایش یابد  $T_c$  پایین نور خواهد رفت .

( ۴ ) با افزایش حجم مولکولی قدرت دی الکتریک کاهش می یابد .

### پیرو الکتریسته :

نظریه دی الکتریکی امکان قطبش خود به خودی را پیش بینی می کند . که این پدیده ها در رده های بسیار اختصاصی بلورها که دارای تقاورن پایین هستند ، اتفاق می افتد و برای درک ساز و کار اصلی دانستن ساختار بلور لازم است . وقوع قطبش خود به خودی با پدیده پیرو الکتریسته که نتیجه ای از وابستگی قطبش به دماست ، همراه می باشد . پس می توان گفت : اثر پیرو الکتریک ، به گرما وابسته است .

### پیزو الکتریسته :

پدیده پیرو الکتریسته فقط در موارد عایق اتفاق می افتد و این پدیده هنگامی رخ می دهد که تک بلور به طور مکانیکی تغییر شکل می دهد و بارها روی سطح آن آشکار می گردند ، این تغییر شکل در تک بلور را می توان با اعمال میدان الکتریکی در بلور اعمال کرد ، که به آن کرنش مکانیکی می گویند . پس می توان پیرو الکتریسته را به این صورت نیز تعریف کرد :

« در بعضی از بلورهای دی الکتریکی ملاحظه می شود که کرنش مکانیکی ممکن است ، با رالکتروستاتیکی روی وجوه بلور تولید کند که بعنوان پیزو الکتریسته معروف است .

مهمترین مواد پیرو الکتریک عبارتند از :

( ۱ ) نمک راشل

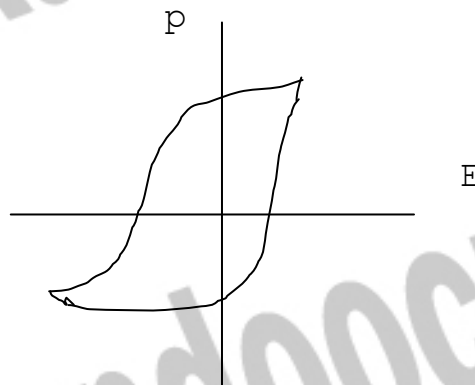
( ۲ ) آمونیوم دی هیدروژن فسفات ( ADP )

( ۳ ) اتیلن دی آمین تارتارات ( EDT ) و دی پتاسیم تارتارات ( DKT )

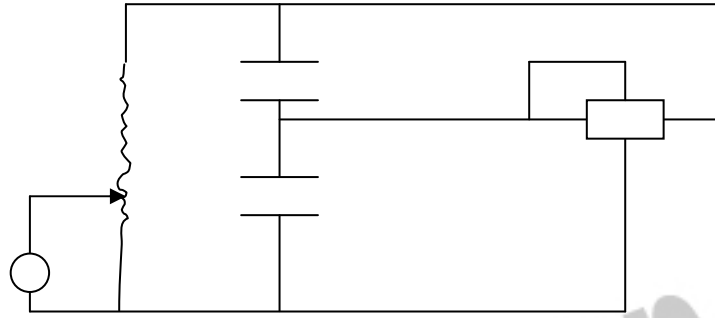
### فرو الکتریکها :

مواد فرو الکتریک زیر گروهی از پیرو الکتریکها هستند ؛ با این تفاوت که جهت قطبش خود به خودی در پیرو الکتریک ساده با اعمال میدان الکتریکی معکوس نمی شود ، اما در فرو الکتریک این کار امکان پذیر است .

بنابراین بلور فرو الکتریک می تواند با اعمال میدان « سوئیچ » گردد و همراه ژن پس ماند ظاهر شود . حلقه پس ماند فرو الکتریک را می توان بر روز اسیلوسکوپ با استفاده از مدار شکل ( الف ) نشان داد و در شکل ( ب ) یک حلقه نمونه برای  $BaTiO_3$  نشان داده شده است .



( ب )



( الف )

یک قطبش خود بخودی بوسیله معادله پیش بینی شده است ، باید نظر گرفتن اینکه

$\sum Ni \propto I^3$  معادله زیر ظاهر می شود :

$$l_r = 1 + \frac{3 \sum Ni \propto i}{3 - \sum Ni \propto i}$$

که  $l_r$  بعنوان ثابت دی الکتریک مقدار نامحدودی می شود . یک قطبش در نبود میدان

الکتریک پیش بینی شده است و این بوسیله آزمایش در جامدات یونی معین بدست

آمده و فرو الکتریک نامیده می شود ، که دو شبکه از یونها با علامت مختلف یک

جانشینی نسبی مختلف دارند که باعث می شود هر سلول واحد پلاریزه شود . این

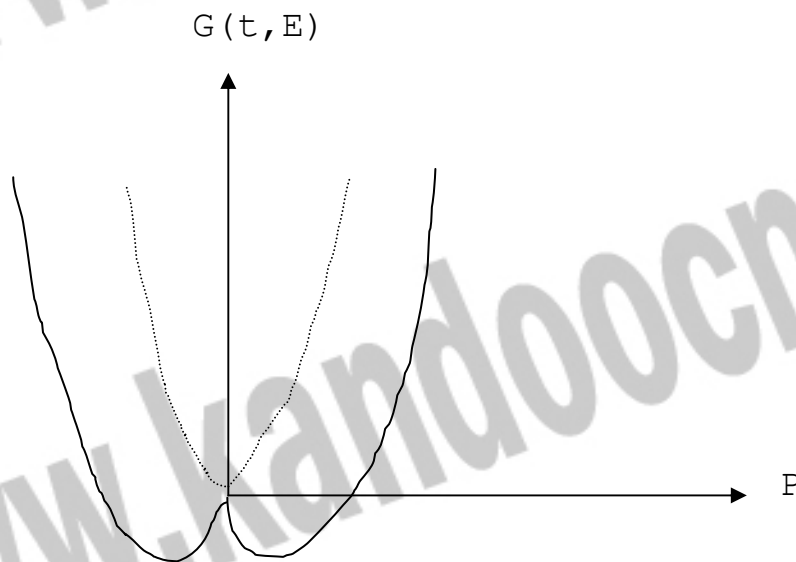
موضوع در شکل برای  $BaTiO_3$  نشان داده شده است ، که در فاز غیر پلاریزه یک

ساختار مکعبی پروسلیک دارد .

جهت خرید فایل word به سایت [www.kandoo.cn.com](http://www.kandoo.cn.com) مراجعه کنید  
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۵۱۱ تماس حاصل نمایید



الف



ب

حالت فرو الکتریک به تترراگونسانی که به سلول واحد مکعبی تغییر شکل داده است ،  
ارتباط داده شده است که حدود ۱٪ در جهت  $\{100\}$  امتداد دارد و حدود ۵٪ در  
جهت محورهای  $\{010\}$  و  $\{001\}$  محدود می شود ، چنانچه جابجایی دو زیر شبکه  
بطور تقریبی  $A \cdot 0.1$  است . همچنین مرکز گراننش توزیع بار مثبت با توزیع بار منفی

منطبق نمی شود. یک دو قطبی خالص  $\vec{p}$  داخل هر سلول واحد وجود دارد: که در شکل الف نشان داده شده است.

قطبش ماکروسکوپی  $\vec{p}$  جهتی که یک زیر شبکه نسبت به جایگزینی نسبی بقیه دارد، بستگی دارد هر کاتیون دارای دو موقعیت مکانی است که با انرژی مینیمم مطابقت می کند. این انرژی بستگی به موقعیتی دراد که منجر به یک منحنی با دو مینیمم از تابع گیبس بر حسب قطبش می شود، در حالت فرو الکتریک، مطابق شکل (۶ - ۲) ب در یک ماده دی الکتریک کار بصورت حاصلضرب  $EP$  که  $E$  و  $P$  به عنوان متغیرهای ترمودینامیکی متمرکز و گسترده می باشند.

(بعد انرژی دارد) داده شده است و تابع گیبس بصورت زیر است:

$$G(T, E) = V - TS - EP = F(T, P) - EP$$

مینیمم  $G(T, E)$  در تعادل ترمودینامیکی در  $T, E$  ثابت بدست آمده است، فرو الکتریک در دمای بیشتر از دمای گذار  $t_c$  و برای  $BaTiO_3$ ،  $120^\circ$  ناپدید می شود، که گذار بین تتراگونال یک ساختار به هم فشردۀ FCC است. برای بیشتر از دمای  $t_c$  بوسیله خط چین در شکل (ب) نشان داده شده است، در این حالت  $G(T, E)$  برای  $P=0$  مقدار مینیمم دارد، که مقدار قطبش در میدان اعمالی صفر است.

یک فرمول بری شرح رفتار فروالکتریک در نزدیک  $t_c$ ، با فرض اینکه انرژی آزاد  $F(T, P)$  از بسط توانی لاندا پیروی می کند، بدست آمده است.

$$F(T, P) = F(T, 0) + \alpha_2(T)P^2 + \alpha_4(T)P^4 + \dots$$

قطبش P بصورت یک پارامتر مرتبه ای تکرار شده است ، مقیاسی است برای جدایی

فاز فرو الکتریک در ترکیب بندی یونی ( T < TC ) از فاز غیر پلارزه ( T < TC ) .

در دمای بالا بلوریک مرکز تقارن دارد و نقاط توانهای زوج در بسط ظاهر می شود . با

جایگزینی در معادله زیر داریم :

$$G(T, E) = F(T, P) - EP = G_0(T, E) + \alpha_2(T)P^2 + \alpha_4(T)P^4 + \dots$$

با فرض  $G_0(T, P) = F(T, 0) - E_p$  مقدار مینیمم تحت شرایط زیر بدست می آید :

$$\left[ \frac{\partial E}{\partial P} \right] = 0 \quad \text{و} \quad \left[ \frac{\partial^2 G}{\partial P^2} \right]_T > 0$$

حالت فیزیکی نشان داده شده در شکل ب با انتصاب  $\alpha_2(T) = \alpha_0$  در همه

دماهاست ، در حالیکه  $\alpha_2(T) = 0$  برای  $T > TC$  و  $\alpha_2(T) = 0$  برای  $T < TC$  است .

همچنین جانشینی های اتمی در قانون دما در مقایسه با ثابت شبکه کوچک هستند ،

بنابراین تغییرات حجم خیلی کوچکتر ، گذار فرو الکتریک غالباً از مرتبه دوم است ، از

اینرو تابع گیس باید در دمای گذار پیوسته باشد . این باعث می شود که  $\alpha_2(T) = 0$  و

یک معادله مناسب برای  $\alpha_2(T)$  بصورت زیر است .

$$\alpha_2(T) = \alpha_0 (T - TC)$$

که  $\alpha_0$  مستقل از دماست . پس ، انرژی آزاد، تابع گیس طبق معادله زیر، بصورت زیر

است :

$$F(T, P) = F(T, 0) + \alpha_0 (T - TC)P^2 + \alpha_4 P^4 + \dots$$

$$G(T, E) = F(T, 0) - EP + \alpha_0 (T - TC)P^2 + \alpha_4 P^4 + \dots$$

در میدان اعمالی صفر، قطبش تعادل را بصورت زیر دست می آوریم:

$$\frac{\partial E(T,0)}{\partial P} = 2 \alpha_0 (T - TC)P + 4 \alpha_4 P^3 = 0 \quad T < TC \quad ($$

با حل معادله داریم:  $P = 0, \pm \left( \frac{\alpha_0}{2 \alpha_4} \right)^{\frac{1}{2}} (TC - T)^{\frac{1}{2}}$ . اگر  $T > TC$  باشد جواب  $P = 0$  با

مقدار مینیمم مطابقت می کند، که در حالت غیر پلاریزه است. برای پایین تر از  $T_c$

مقدار مینیمم پلاریزاسیون (قطبش) خود بخودی ارتباط داده شده است:

$$P = \left[ \frac{\alpha_0}{2 \alpha_4} \right]^{\frac{1}{2}} (TC - T)^{\frac{1}{2}}$$

که در شکل الف نشان داده شده است. در یک ماده دی الکتریک می توانیم بنویسیم:

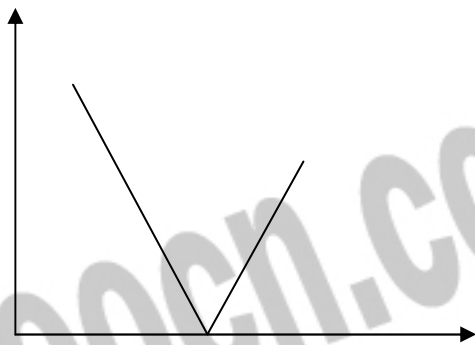
$$E = \left[ \frac{\partial F}{\partial P} \right]_T \quad \mu = \left[ \frac{\partial P}{\partial E} \right]_T$$

از اینرو طبق معادله:

$$\frac{1}{\lambda} = \left[ \frac{\partial^2 F}{\partial P^2} \right] = 2 \alpha_0 (T - TC) + 12 \alpha_4 P^2$$



( الف )



( ب )



با جایگزینی در معادله قطبش خود بخودی ، معادله زیر حاصل می شود :

$$\frac{1}{\mu} = 5 \alpha_0 (TC - T) \quad \text{یا} \quad \mu = \frac{1}{5 \alpha_0 (TC - T)} = \ell_r \quad T < TC$$

ما  $\ell_r = \gamma$  قرار می دهیم ، همچنین آشکار است که ثابت دی الکتریک نزدیک به  $T_C$  واگر می شود ( به سمت  $\infty$  می رود . )

برای بالاتر از  $T_C$  ، باید در معادله  $E \neq 0$  قرار دهیم ، و این بعلت قطبش القایی است که بصورت روبرو داده می شود :

$$\frac{\partial G(T, E)}{\partial P} = -E + 2 \alpha_0 (T - TC) P = 0$$

که جمله  $P^3$  حذف شده است ، و این بوسیله قطبش القایی کوچک ایجاد شده است .  
بصورت زیر بدست می آید .

$$P = E / 2 \alpha_0 (T - TC)$$

و یا  $(T > TC)$

$$\mu = \left[ \frac{\partial P}{\partial E} \right] = \frac{1}{2 \alpha_0 (T - TC)} \approx \ell_r$$

که قانون کوری - وانیر نامیده می شود .

( ۱ - ۶ - ۳ ) طبقه بندی فرو الکتریکها :

« فرز » این مواد را بر حسب اینکه در آب حل می شوند یا نه به موارد « سخت » و « نرم » تقسیم کرده اند .

جهت خرید فایل word به سایت [www.kandoo.cn.com](http://www.kandoo.cn.com) مراجعه کنید  
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۰۵۱۱ تماس حاصل نمایید

« گانزیک » این مواد را به دسته ای که فقط در امتداد یک محور قطبی می شوند و

دسته ای که می توانند در ابتدا چنین محور که در حالت غیر قطب شوند ، طبقه بندی

کرد . رده بند اخیرا اساسی تر است که به شرح زیر است :

( ۱ ) فرو الکتریهای تک محوری ، نمونه هایی از این دسته به صورت زیر است ؛

نمک راشل و تار تاراتهای وابسته ،  $(NH_4)_2SO_4$  و  $(NH_4)_2BeF_4$  ، لیتیم سلفات

$LiH_3(SeO_3)_2$  و رنگهای وابسته و ...

( ۲ ) فرو الکتریهای چند محوری : نمونه هایی از این دسته عبارتند از :

باریم تیتانات  $BaTiO_3$  و مواد وابسته با ساختار بلوری پرووسکت ، آمونیم کادمیم

سولفات با فرمول اختصاری  $(NH_4)_2Cd_2(SO)_3$  ، نیوبات های معینی از نوع سرب

متانباتات  $Pb(NbO_3)_2$  با ساختار بلوری از نوع پیروکلرو ...

جهت خرید فایل word به سایت [www.kandoo.cn.com](http://www.kandoo.cn.com) مراجعه کنید  
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۵۱۱ تماس حاصل نمایید

Filename: Document1  
Directory:  
Template: C:\Documents and Settings\hadi  
tahaghoghi\Application  
Data\Microsoft\Templates\Normal.dotm  
Title:

Subject:  
Author: H.H  
Keywords:  
Comments:  
Creation Date: 3/28/2012 4:39:00 PM  
Change Number: 1  
Last Saved On:  
Last Saved By: hadi tahaghoghi  
Total Editing Time: 0 Minutes  
Last Printed On: 3/28/2012 4:39:00 PM  
As of Last Complete Printing  
Number of Pages: 26  
Number of Words: 3,830 (approx.)  
Number of Characters: 21,837 (approx.)