

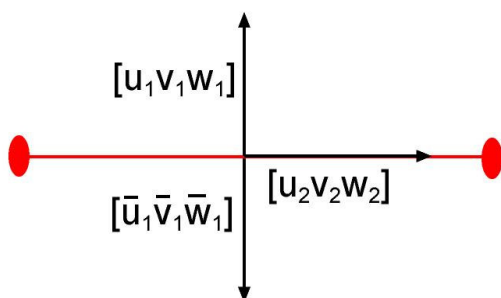
PIROELECTRICIDAD

Cuando la temperatura de un cristal varía uniformemente (se calienta o se enfría), o es sometido a una tensión unidireccional, se puede producir un desplazamiento de los iones positivos respecto de los negativos, de tal manera que el cristal se polariza eléctricamente. Este efecto se conoce como *piezoelectricidad* en el caso de un cambio de temperatura, o *piezoelectricidad* si se debe a una tensión unidireccional.

De hecho, el proceso que tiene lugar es similar en ambos casos, ya que al modificar la temperatura se expande o se retrae anisotrópicamente, y este ligero movimiento de los átomos unos respecto de los otros, da lugar al desplazamiento de las cargas, que en ciertas direcciones pueden ocasionar polarización eléctrica.

En el caso de la piroelectricidad, el efecto producido (la polarización eléctrica del cristal) se puede representar por un vector, mientras que la temperatura es un escalar, por tanto, se trata de una propiedad vectorial, es decir (generalizando) una propiedad tensorial de primer orden, que se puede representar por un tensor de 3^1 componentes.

Cuando el desplazamiento de los iones tiene lugar en la dirección $[uvw]$ equivalente a la $[\bar{u}\bar{v}\bar{w}]$ por la simetría del grupo puntual del cristal, los efectos de una y otra dirección se compensan y no tiene lugar ninguna polarización eléctrica. Por tanto, la piroelectricidad no puede tener lugar en el grupo centrosimétrico.



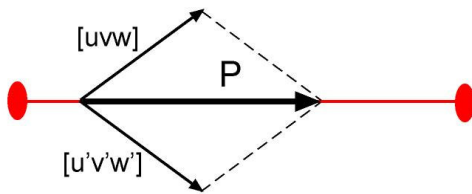
En los grupos puntuales no centrosimétricos hay direcciones $[uvw]$ relacionadas por la simetría del grupo con la opuesta $[\bar{u}\bar{v}\bar{w}]$, pero otras no. Estas direcciones que no se relacionan con la opuesta se llaman *polares*. Por ejemplo, en un cristal del grupo 2, la dirección $[u_1 v_1 w_1]$ es equivalente a la $[\bar{u}_1 \bar{v}_1 \bar{w}_1]$, mientras que la $[u_2 v_2 w_2]$ paralela

al eje no se relaciona por simetría con la $[\bar{u}_2\bar{v}_2\bar{w}_2]$, esta es, por tanto, una dirección polar.

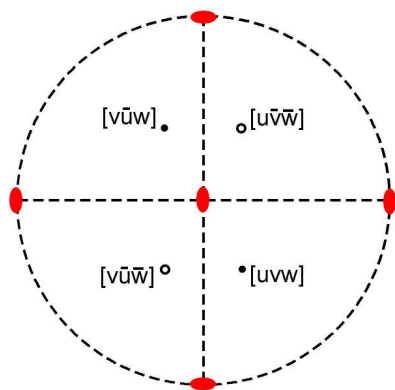
El efecto piroeléctrico solo se puede manifestar en los cristales que tengan direcciones polares, y la dirección en que se producirá la polarización eléctrica depende del grupo puntual del cristal. Por tanto, el efecto producido en una dirección $[uvw]$ da lugar a un conjunto de vectores relacionados por la simetría del grupo puntual, la resultante de los cuales determina la polarización.

Siguiendo con el ejemplo sencillo del grupo puntual 2, una dirección

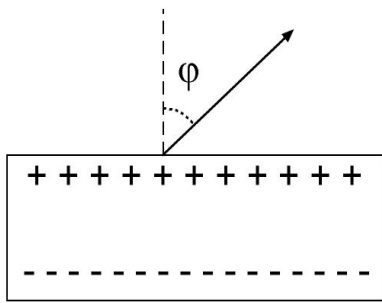
$[uvw]$ da lugar a un conjunto que estará formado por ella misma y la $[u'v'w']$, y la resultante de las dos es una dirección P contenida en el eje binario, que determina la dirección en que se producirá la polarización. Esto quiere decir que en los grupos puntuales 2, 3, 4, 6 y m la polarización siempre tendrá lugar en una dirección sobre el elemento de simetría.



Si se propone lo mismo para el grupo puntual no centrosimétrico 222, el vector $[uvw]$ se relaciona con los $[v\bar{u}\bar{w}]$, $[u\bar{v}\bar{w}]$ y $[v\bar{u}w]$, la resultante de los cuales da cero. Esto pasa para cualquier dirección que se pueda considerar de este grupo, por tanto, los cristales de simetría 222 no pueden presentar efecto piroeléctrico.



Esto implica que solo pueden mostrar efecto piroeléctrico los cristales de los grupos puntuales 1, 2, 3, 4, 6, m, mm2, 3m, 4mm y 6mm, que son los únicos grupos polares.



A efectos prácticos, para una lámina de un cristal polar, si se modifica la temperatura se producirá una polarización eléctrica entre las dos caras. La densidad de polarización medida entre las caras de la lámina dependerá del ángulo que formen estas (su perpendicular) con la dirección de polarización del cristal, de manera que

$$\sigma = P \cos \varphi$$

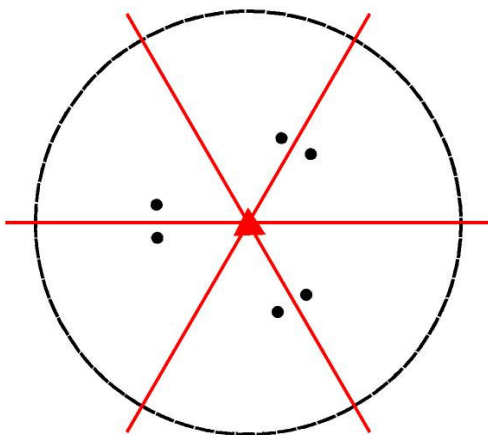
Por tanto, la máxima polarización se obtendrá en una lámina cortada perpendicularmente a la dirección de polarización del cristal.

Representación de la piroelectricidad

Para relacionar la diferencia de temperatura ΔT (supuesta constante en todo el cristal) con el incremento de la polarización eléctrica ΔP , hace falta definir un vector γ . Para esta propiedad, la relación entre el estímulo (ΔT , un escalar) y el efecto (P , un vector) se hace con un tensor de 3¹ componentes:

$$\Delta P = \gamma \cdot \Delta T$$

De acuerdo con lo que se ha dicho anteriormente, la dirección del vector γ está perfectamente determinada para los 10 grupos polares.



Por ejemplo, en la turmalina (grup 3m), cualquier dirección $[uvw]$ da lugar a diversos vectores (dependiendo de la posición general o especial del vector generador), pero la resultante siempre está en la dirección $[001]$, por tanto, para este mineral, el vector γ tiene por componentes $\gamma_1 = \gamma_2 = 0$ mientras que γ_3 tiene valor significativo, es decir

$$\gamma = (0, 0, \gamma_3)$$