

PIROELECTRICITAT

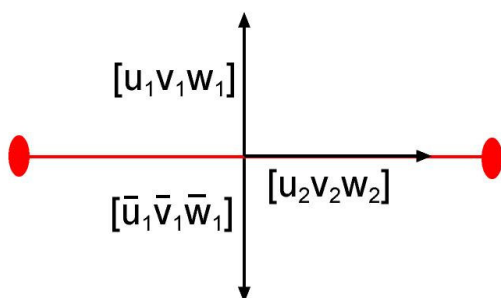
Quan la temperatura d'un cristall varia uniformement (s'escalfa o es refreda), o es sotmet a una tensió unidireccional, es pot produir un desplaçament dels ions positius respecte dels negatius, de tal manera que el cristall es polaritza electricament. Aquest efecte s'anomena *piezoelectricitat* en el cas d'un canvi de temperatura, o *piezoelectricitat* si es deu a una tensió unidireccional.

De fet, el procés que té lloc és similar en ambdós casos, ja que en modificar la temperatura s'expandeix o es retrau anisotròpicament, i aquest lleuger moviment dels àtoms uns respecte dels altres, dóna lloc al desplaçament de les càrregues, que en certes direccions poden ocasionar polarització elèctrica.

En el cas de la piezoelectricitat, l'efecte produït (la polarització elèctrica del cristall) es pot representar per un vector, mentre que la temperatura és un escalar, per tant, es tracta d'una propietat vectorial, és a dir (generalitzant) una propietat tensorial de primer ordre, que es pot representar per un tensor de 3¹ components.

Quan el desplaçament dels ions té lloc en la direcció $[uvw]$ equivalent a la $[\bar{u}\bar{v}\bar{w}]$ per la simetria del grup puntual del cristall, els efectes d'una i altre direcció es compensen i no té lloc cap polarització elèctrica. Per tant, la piezoelectricitat no pot tenir lloc en el grup centrosimètrics.

En els grups puntuals no centrosimètrics hi ha direccions $[uvw]$

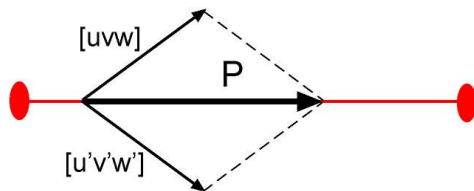


relacionades per la simetria del grup amb l'oposada $[\bar{u}\bar{v}\bar{w}]$, però d'altre no. Aquestes direccions que no es relacionen amb l'oposada s'anomenen *polars*. Per exemple, en un cristall del grup 2, la direcció $[u_1v_1w_1]$ és equivalent a la $[\bar{u}_1\bar{v}_1\bar{w}_1]$, mentre que la $[u_2v_2w_2]$ paral·lela a l'eix no es

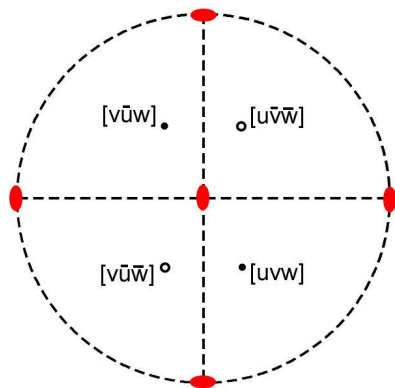
relaciona per simetria amb la $[\bar{u}_2\bar{v}_2\bar{w}_2]$, aquesta és, per tant, una direcció polar.

L'efecte piroelèctric només es pot manifestar en els cristall que tinguin direccions polars, i la direcció en que es produirà la polarització elèctrica depèn del grup puntual del cristall. Per tant, l'efecte produït en una direcció $[uvw]$ dóna lloc a un conjunt de vector relacionats per la simetria del grup puntual, la resultant dels quals determina la polarització.

Seguint amb l'exemple senzill del grup puntual 2, una direcció



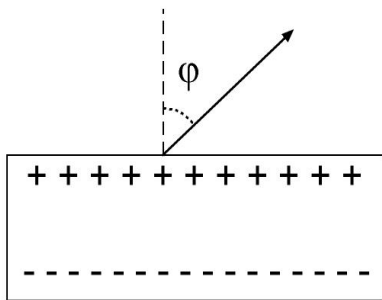
$[uvw]$ dóna lloc a un conjunt que estarà format per ella mateixa i la $[u'v'w']$, i la resultant de les dues és una direcció P continguda en l'eix binari, que determina la direcció en que es produirà la polarització. Això vol dir que en els grups puntuals 2, 3, 4, 6 i m la polarització sempre tindrà lloc en una direcció sobre l'element de simetria.



Si es proposa el mateix pel grup puntual no centrosimètric 222, el vector $[uvw]$ es relaciona amb els $[v\bar{u}\bar{w}]$, $[u\bar{v}\bar{w}]$ i $[v\bar{u}w]$, la resultants dels quals dóna zero. Això passa per qualsevol direcció que es pugui considerar d'aquest grup, per tant, els cristalls de simetria 222 no poden presentar efecte piroelèctric.

Això implica que només poden mostrar efecte piroelèctric els cristalls dels grups puntuals 1, 2, 3, 4, 6, m, mm2, 3m, 4mm i 6mm, que són els únics grups polars.

A efectes pràctics, per una làmina d'un cristall polar, si es modifica la temperatura es produirà una polarització elèctrica entre les dues cares. La



densitat de polarització mesurada entre les cares de la làmina dependrà de l'angle que formin aquestes (la seva perpendicular) amb la direcció de polarització del cristall, de manera que

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

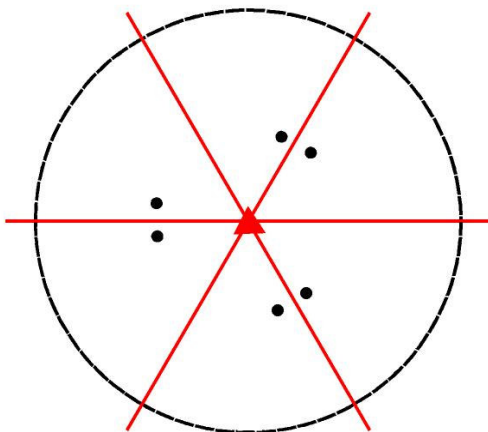
Per tant, la màxima polarització s'obtindrà en una làmina tallada perpendicularment a la direcció de polarització del cristall.

Representació de la piroelectricitat

Per relacionar la diferència de temperatura ΔT (suposada constant en tot el cristall) amb l'increment de la polarització elèctrica ΔP , cal definir un vector γ . Per a aquesta propietat, la relació entre l'estímul (ΔT , un escalar) i l'efecte (P , un vector) es fa amb un tensor de 3¹ components:

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

D'acord amb el que s'ha dit anteriorment, la direcció del vector γ està èfectament determinada pels 10 grups polars.



Per exemple, en la turmalina (grup 3m), qualsevol direcció [uvw] dóna lloc a diversos vectors (dependent de la posició general o especial del vector generador), però la resultant sempre està en la direcció [001], per tant, per aquest mineral, el vector γ té per components $\gamma_1 = \gamma_2 = 0$ mentre que γ_3 té valor significatiu, és a dir

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