

Materiales II

08_06_01.mcd

Se desea construir un acelerómetro piezoeléctrico de compresión para ensayos destructivos de colisión de vehículos (ver esquema, parte A). El sensor va montado sobre la parte trasera del vehículo y tiene la forma indicada en la parte B del esquema.

Se consideran dos materiales candidatos para construir el sensor: el sulfuro de cinc cúbico (esfalerita) y el cuarzo trigonal. Los módulos piezoeléctricos de ambos son conocidos:

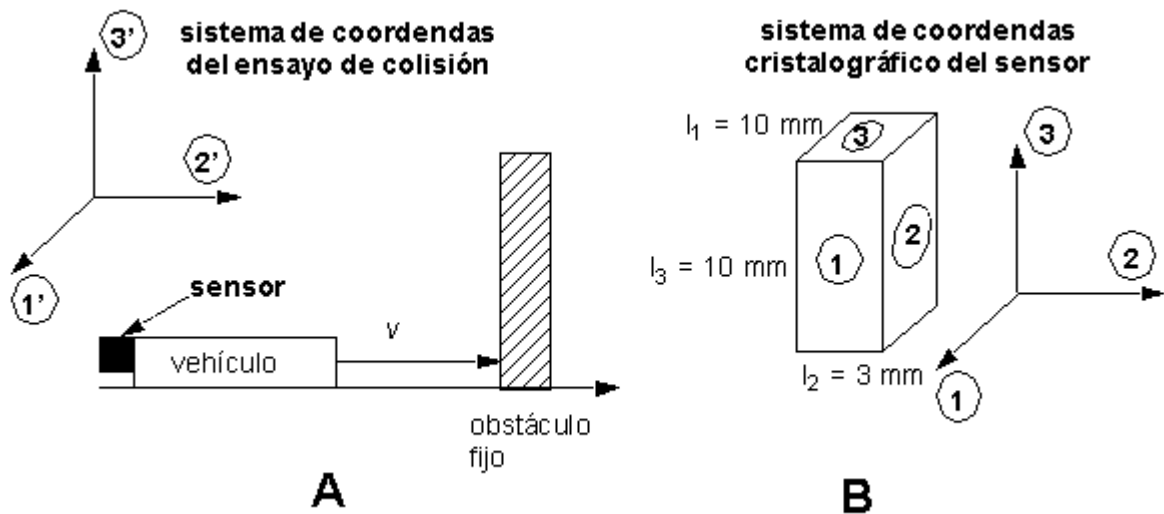
ZnS, cúbica, clase cristalográfica 4 barra 3m

- $d_{14} = 6.48 \cdot 10^{-12} \text{ C/N}$
- el resto nulos

Cuarzo trigonal, clase cristalográfica 32:

- $d_{11} = -2.3 \cdot 10^{-12} \text{ C/N}$
- $d_{14} = -0.67 \cdot 10^{-12} \text{ C/N}$

1. Decidir si los dos, uno o ninguno de los dos materiales candidatos son adecuados para construir el acelerómetro.
2. Decidir, en cada caso, cómo hay que colocar (orientar) el cristal sensor y entre qué caras se debe medir la señal (voltaje).



Solución: la colisión tiene lugar en dirección 2 y la aceleración (negativa, deceleración) del vehículo y del sensor produce una fuerza en esa dirección, lo cual se traduce en un esfuerzo de compresión (tensor de esfuerzos) con una única componente diagonal τ_{ii} (por ejemplo τ_{11} , τ_{22} o τ_{33}) distinta de cero.

Por tanto, se producirá una señal (polarización) cuando el material tenga al menos un coeficiente $d_{jii} \neq 0$ para algún j , es decir, algún módulo que sea distinto de cero y que tenga los dos últimos índices iguales. La polarización en ese caso estará dada por: $P_j = d_{jii} \tau_{ii}$.

Los módulos piezoeléctricos están dados en la literatura en notación de Voigt, lo que implica para cada uno de los dos materiales, de acuerdo con la estructura de la matriz de módulos piezoeléctricos (ver diagramas en archivo 08_01_01.pdf):

Para la **esfalerita**

$$d_{123} = \frac{1}{2}d_{14} ,$$

$$d_{132} = d_{123}$$

$$d_{25} = d_{14} , \quad d_{36} = d_{14}$$

es decir,

$$d_{213} = \frac{1}{2}d_{25} ,$$

$$d_{231} = d_{213} , \quad d_{312} = \frac{1}{2}d_{36} ,$$

$$d_{321} = d_{312}$$

Para el **cuarzo**

$$d_{12} = -d_{11} , \quad d_{26} = -2d_{11}$$

es decir,

$$d_{111} = d_{11} , \quad d_{122} = d_{12} , \quad d_{212} = \frac{1}{2}d_{26} , \quad d_{221} = d_{212}$$

$$d_{25} = -d_{14} \text{ es decir,}$$

$$d_{123} = \frac{1}{2}d_{14} , \quad d_{132} = d_{123} , \quad d_{213} = \frac{1}{2}d_{25} , \quad d_{231} = d_{213}$$

- Los módulos piezoeléctricos de **la esfalerita** no cumplen dicha condición, por tanto **no será adecuada para esta aplicación**. Sí lo sería sin embargo para un acelerómetro que tuviera que reaccionar a un esfuerzo de cortadura: puesto que d_{14} no es cero, aplicando un esfuerzo τ_4 (de cortadura en el plano 2-3) se obtendrá una señal.
- El **cuarzo trigonal** tiene $d_{111} = -2.300 \times 10^{-12}$ C/N y $d_{122} = 2.300 \times 10^{-12}$. Por tanto **sí será adecuado para construir este acelerómetro**.

En cuanto a cómo orientar el cristal sensor, las dos posibilidades más sencillas son:

- considerando d_{111} , obtendremos señal si sometemos el cristal a τ_{11} , es decir, tenemos que orientar el cristal de modo que sufra compresión (deceleración) en su dirección 1. Para esto, tenemos que **colocar el cristal de modo que sus caras 1 sean perpendiculares a la dirección 2' y la señal la obtendremos entre sus caras 1**.
- considerando d_{122} , obtendremos señal si sometemos el cristal a τ_{22} , es decir, tenemos que orientar el cristal de modo que sufra compresión (deceleración) en su dirección 2. Para esto, tenemos que **colocar el cristal de modo que sus caras 2 sean perpendiculares a la dirección 2'** es decir, rotado 90° en torno al eje 3 respecto al caso anterior. **La señal la obtendremos igualmente entre sus caras 1**. La señal es en este caso de igual magnitud que en el anterior, pero de signo contrario, puesto que $d_{12} = -d_{11}$. En consecuencia, para este material, una compresión en dirección 1 produce la misma señal eléctrica (y del mismo signo) que una tracción en dirección 2. El eje 1 en el que aparece una polarización se conoce como "eje eléctrico" del cuarzo. El hecho de que la tercera fila de la matriz d sólo contenga ceros indica que ningún estado de esfuerzo (tracción, compresión, cortadura) puede producir una señal eléctrica en dirección 3. Para producir una señal eléctrica en dirección 2 podemos aplicar una cortadura τ_5 o bien una cortadura τ_6 .

Nota: cualquier otra orientación intermedia, p.ej., rotando el material respecto al eje 3 un ángulo cualquiera producirá también una señal. El cálculo es algo más complicado porque el estado de tensión y de polarización en el cristal son menos evidentes (la tensión o compresión no es homogénea). En MatII consideraremos en todos los problemas **sólo** las posiciones (orientaciones) principales.