

Materiales II

08_06_02.mcd

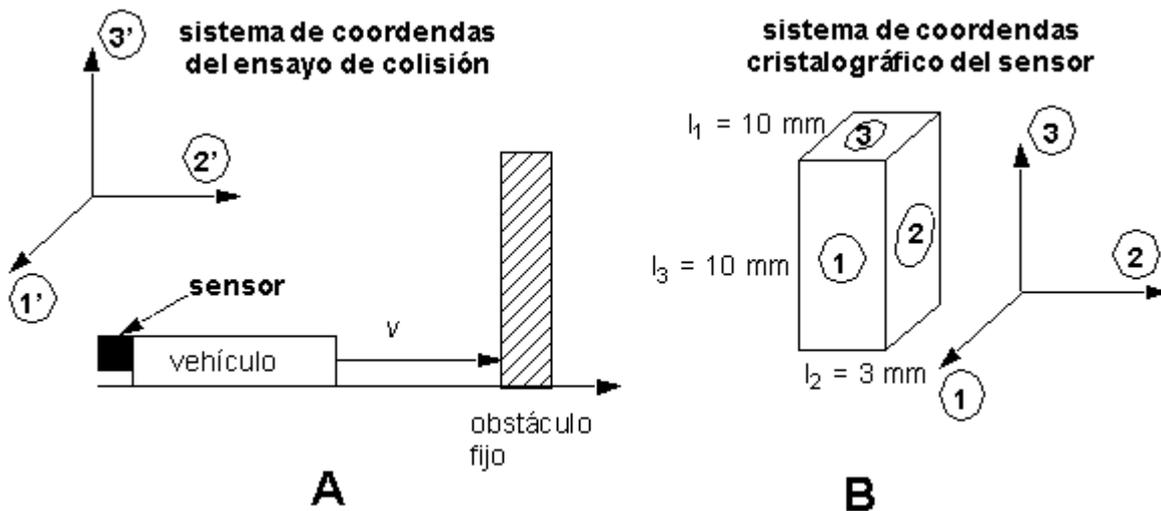
Una vez seleccionado el cuarzo trigonal como material adecuado para construir el acelerómetro piezoeléctrico del problema 08_06_01, se lleva a cabo un ensayo de colisión en la que un vehículo que circula a $v = 25 \text{ m/s}$ choca contra un obstáculo fijo. La colisión (desde el comienzo del contacto hasta la detención total) dura $\Delta t = 0.080 \text{ s}$. Suponiendo que se determina qué señal (diferencia de potencial) producirá el sensor si se coloca con su cara 2 orientada perpendicularmente a la dirección de la colisión.

Cuarzo trigonal, clase cristalográfica 32:

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

densidad del cuarzo trigonal: $\rho = 2648 \text{ kg/m}^3$. Constante dieléctrica del cuarzo: $\kappa = 3.8$

Solución: tomemos nuevamente los sistemas de coordenadas del esquema:



$$l_1 = 0.01 \text{ m} \quad l_2 = 0.003 \text{ m} \quad l_3 = 0.01 \text{ m}$$

Solución: la colisión tiene lugar en dirección 2' y la aceleración (negativa, deceleración) del vehículo y del sensor es (en módulo):

$$a = \frac{v}{\Delta t} \quad a = 312.5 \quad \text{m/s}^2 \text{ (es decir unas } 32 \text{ g)}$$

Esta deceleración produce una fuerza sobre la cara 2 del sensor de:

$$F_2 = l_1 \cdot l_2 \cdot l_3 \cdot \rho \cdot a \quad F_2 = 0.248 \text{ N}$$

Y por tanto un esfuerzo de compresión de:

$$\tau_{22} = \frac{l_1 \cdot l_2 \cdot l_3 \cdot \rho \cdot a}{l_1 \cdot l_3} \quad \tau_{22} = l_2 \cdot \rho \cdot \frac{v}{\Delta t} \quad \tau_{22} = 2482.5 \text{ Pa}$$

Para el cuarzo trigonal: $d_{11} = -2.3 \cdot 10^{-12} \text{ C/N}$, $d_{14} = -0.67 \cdot 10^{-12} \text{ C/N}$ es decir, $d_{12} = -d_{11}$, $d_{122} = d_{12}$

La polarización que se genera en el cristal es: $P_1 = d_{122} \cdot \tau_{22}$ $P_1 = 5.710 \times 10^{-9} \text{ C/m}^2$ (es decir, C.m/m^3)

Como el volumen del material es: $\text{Vol} = l_1 \cdot l_2 \cdot l_3$ el dipolo que aparece en el sensor tiene sólo componente 1 y vale:

$$p_1 = P_1 \cdot \text{Vol} \quad p_1 = 1.713 \times 10^{-15} \text{ C.m}$$

La carga que aparece entre las dos caras 1 del sensor es: $Q = \frac{p_1}{l_1}$ $Q = 1.713 \times 10^{-13} \text{ C}$

El material, considerado como condensador de caras planas paralelas, tiene una capacidad de:

$$\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m} \quad C = \kappa \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{l_2 \cdot l_3}{l_1} \quad C = 1.009 \times 10^{-13} \text{ F}$$

Y el voltaje que aparece entre estas caras es:

$$\Delta V = \frac{Q}{C} \quad \Delta V = 1.697 \text{ voltios}$$

Nota: el problema se ha resuelto suponiendo que la deceleración es constante. En este caso, el material proporciona una señal también constante y proporcional a la aceleración. El problema se resuelva de manera idéntica para aceleración variable, como sucede en una colisión real. En cualquier caso se mantiene la proporcionalidad entre aceleración y señal eléctrica. La ventaja del sensor piezoeléctrico es que produce una señal que también es variable y que se mantiene siempre proporcional a la aceleración, es decir, permite registrar en tiempo real la historia de la colisión. Colocando varios sensores en diferentes puntos del vehículo y convenientemente orientados, es posible reconstruir detalladamente el proceso de colisión y estudiar la efectividad de medidas de seguridad pasiva, del diseño estructural del vehículo, de las deceleraciones sufridas por ocupantes, etc.