

## Harmonische trilling

### Opgave: Biosensor

a)  $V = \ell \cdot b \cdot d$

\*  $\ell = 400 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

\*  $b = 50 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

\*  $V: m = \rho \cdot V$

\*  $m = 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ kg}$

\*  $\rho = 19,3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

$\Rightarrow V = 1,29534 \cdot 10^{-13} \text{ m}^3$

$\Rightarrow d = 6,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

- b) Gedurende een halve periode van de wisselspanning is de waarde van de spanning positief en gedurende de daarop volgende halve periode negatief. Als er een spanning is tussen de elektroden trekken ze elkaar aan. De bovenste elektrode trilt dus met een frequentie die tweemaal zo groot is als de frequentie van de wisselspanning.

Dus  $f = 2 \cdot 10,0 = 20,0 \text{ MHz}$ .

- c) De maximale resulterende kracht voor een massaveersysteem is de maximale teruggedrijvende kracht waarvoor geldt:

$|F_r| = |F_t| = C \cdot u$

\*  $u = A = 1,5 \text{ nm} = 1,5 \cdot 10^{-9} \text{ m}$

\*  $C: T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{C}}$

\*  $m = 2,5 \text{ } \mu\text{g} + 0,30 \text{ } \mu\text{g} = 2,8 \cdot 10^{-9} \text{ kg}$

\*  $T = \frac{1}{f}$

\*  $f = 20,0 \text{ MHz} = 20,0 \cdot 10^6 \text{ Hz}$

$\Rightarrow T = 5,00 \cdot 10^{-8} \text{ s}$

$\Rightarrow C = 4,42158277 \cdot 10^7 \text{ N/m}$

$\Rightarrow |F_r| = 6,6 \cdot 10^{-2} \text{ N}$

- d) Het systeem wordt in trilling gebracht met een frequentie van 20 MHz. Zonder antistoffen resoneert het systeem bij deze frequentie. Als er echter antistoffen hechten aan de eiwitten neemt de massa in het massaveersysteem toe. Hierdoor neemt de resonantiefrequentie af. Het systeem is nu niet meer in resonantie bij 20 MHz en zal dus een kleinere uitwijking gaan vertonen. De spanning die het kwartskristal afgeeft neemt dus af.

$$e) m_{\text{nieuw}} = m_{\text{oud}} + m_{\text{antistoffen}} = 2,8 \cdot 10^{-9} + m_{\text{antistoffen}}$$

$$* m_{\text{nieuw}}: T_{\text{nieuw}} = 2\pi \sqrt{\frac{m_{\text{nieuw}}}{C}}$$

$$* C = 4,42158277 \cdot 10^7 \text{ N/m} \quad (\text{zie c})$$

$$* T_{\text{nieuw}} = \frac{1}{f_{\text{nieuw}}}$$

$$* f_{\text{nieuw}} = f_{\text{oud}} - 50 = 20,0 \cdot 10^6 - 50 = 19,99995 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$\Rightarrow T_{\text{nieuw}} = 5,0000125 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

$$\Rightarrow m_{\text{nieuw}} = 2,800014 \cdot 10^{-9} \text{ kg}$$

$$\Rightarrow m_{\text{antistoffen}} = 1,4 \cdot 10^{-14} \text{ kg}$$