

Интерференционный датчик.

Решение:

а) Как видно из рисунка, на экран падают две плоские монохроматические волны. Между волновыми векторами малый угол 1° . Это приводит к тому, что на экране наблюдается интерференционная картина. Расстояние между соседними максимумами составляет:

$$\Delta X = \frac{\lambda}{\alpha} \approx 36 \text{ мкм}$$

При отклонении кантилевера происходит изменение угла падения, а следовательно изменяется и угол между волновыми векторами. Это приводит к изменению расстояния между соседними максимумами. При этом изменяется интенсивность света, падающего на фотодиод. Размер приемной площадки фотодиода меньше расстояния между максимумами ΔX .

б) При интерференции происходит сложение напряженностей электрических полей, и результирующая интенсивность:

$$I_{\text{рез}} = I_0 + I_0 + 2\sqrt{I_0 \cdot I_0} \cos(\Delta\phi)$$

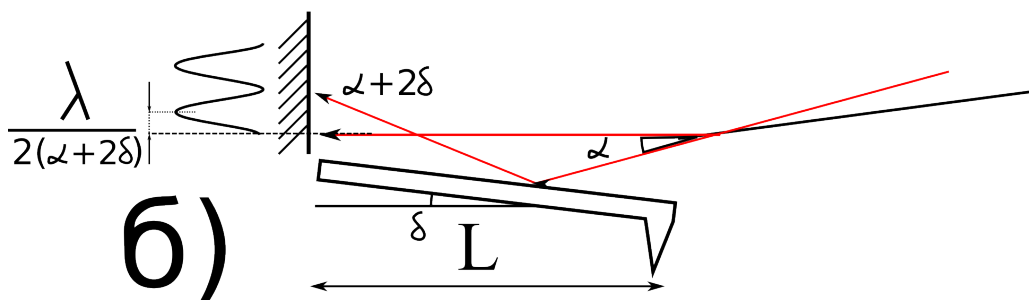
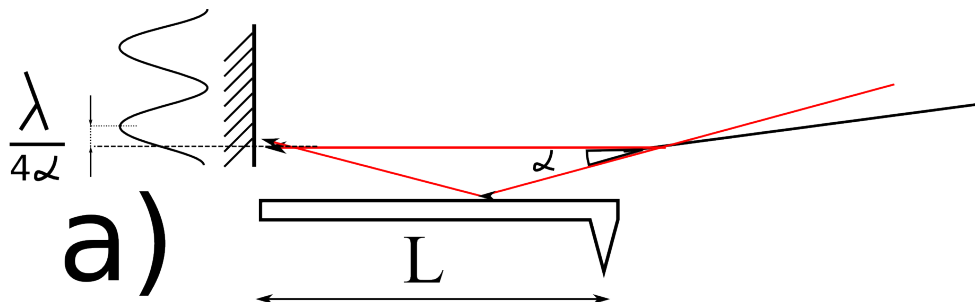
Как видно из соотношения, результирующая интенсивность при интерференции изменяется от 0 до $4 I_0$. Датчик расположен там, где максимально изменение при малых отклонениях кантилевера. Это то место, где максимальна производная интенсивности по

координате $\frac{\partial I}{\partial x}$. X — координата вдоль экрана. Интенсивность меняется вдоль оси X по

$$I = 4I_0 \cos^2\left(\frac{\pi\alpha}{\lambda} X\right)$$

гармоническому закону: . Таким образом, когда кантилевер не отклонен датчик расположили посередине между максимумом и минимумом, где $I = 2 \cdot I_0$.

в)



На рисунке а) показана интерференционная картина в случае, когда кантилевер не отклонён. Как было рассмотрено в пункте б), в этом случае датчик находится в точке с амплитудой сигнала $2I_0$, т. е. на расстоянии от главного максимума в 4 раза меньшем, чем расстояние между максимумами. На рис. б) показан крайний случай, когда ещё имеет смысл говорить о сохранении гармоничности сигнала на датчике, т. к. при ещё более сильном отклонении кантилевера, сигнал на датчике будет дважды проходить через 0 (минимум интерференции) в течении одного периода колебания кантилевера. Следовательно,

максимальный угол отклонения кантилевера δ , соответствует первому минимуму интерференции, новой, более сжатой интерференционной картины. Приравниваем два условия друг другу:

$$\frac{\lambda}{4\alpha} = \frac{\lambda}{2(\alpha + 2\delta)} \quad (1)$$

Отсюда $\alpha = 2\delta$. Считая угол α малым ($1^\circ = 1/57$ рад), получаем искомую максимальную амплитуду колебаний кантилевера:

$$x = L\delta = \frac{L\alpha}{2} \approx \frac{1000}{2 \cdot 57} = 9 \text{ нм.} \quad (2)$$

Также дополнительно можно рассмотреть вопрос влияния перекрытия пучков на сохранение гармоничности сигнала. При отклонении кантилевера отраженный луч отклоняется на 2δ . Где $\delta = A/L$ — угол поворота кантилевера. A — амплитуда. Чтобы наблюдалась интерференция, необходимо перекрытие пучков.
 $\Delta y > y_2 - y_1 = L(2\delta + \alpha) - L\alpha = 2A$. Δy — ширина пучков.