

Интерференционный датчик (12 баллов)

Атомно-силовая микроскопия — простой и информативный метод исследования поверхности наноматериалов.

Микроскоп представляет из себя длинный гибкий зонд с заострением на конце (так называемый, кантилевер). Острие кантилевера находится в непосредственной близости от поверхности образца. Положение кантилевера определяется с помощью измерения отклонения лазерного луча, который отражается от верхней поверхности кантилевера.

В бесконтактном режиме (т. е. когда зонд не касается поверхности образца) кантилевер совершает колебания под действием специального пьезоэлемента. Если рядом с кантилевером находится образец, они взаимодействуют благодаря силам Ван-дер-Ваальса, поэтому частота и фаза колебаний кантилевера меняется. Система обратной связи перестраивает пьезоэлемент таким образом, что амплитуда колебаний кантилевера остаётся постоянной.



Рис. 1. Устройство атомно-силового микроскопа.

Стандартная система регистрации отклонения лазерного луча состоит из квадратной матрицы фотодиодов (см. рисунок). Конструктор Григорий решил сэкономить на матрице, т. к. она очень дорогая, и заменить её одним фотодиодом с размером приемной площадки 1 мкм. Для этого он предложил свою оптическую схему. Он разделил лазерный луч (длина волны $\lambda = 632$ нм) светоделительной пластинкой на два пучка равной интенсивности I_0 и один из пучков

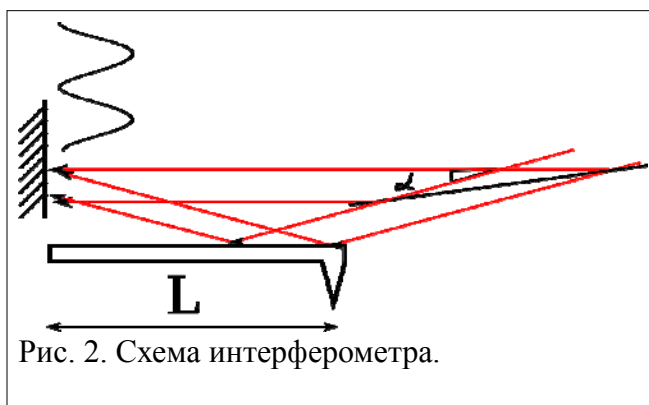


Рис. 2. Схема интерферометра.

направил на верхнюю зеркальную поверхность кантилевера под углом $\alpha = 1^\circ$. Отклонение кантилевера от положения равновесия приводило к изменению интерференционной картины. Григорий разместил фотодиод в той точке экрана, где малые колебания кантилевера приводили к колебаниям фототока с максимальной амплитудой.

а) Как изменялась интерференционная картина при отклонении кантилевера (1 балл)?

б) Чему равна интенсивность света, падающего на фотодиод, если кантилевер не отклонён? Ответ обоснуйте (3 балла).

в) Оцените максимальную амплитуду колебания кантилевера, при которой фотодиод будет выдавать сигнал, близкий к гармоническому (8 баллов). Длину кантилевера считать равной $L = 1$ мкм.