

ОПТИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОЦЕНКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ

В.И. Мордасов, Н.А. Сазонникова, А.А. Шуваев

Институт акустики машин,

Самарский государственный аэрокосмический университет

Рассмотрен способ и испытательное оборудование для обнаружения поверхностных дефектов в виде царапин, трещин, изменения состояния поверхности детали в результате химического воздействия и абразивного износа с использованием лазерных систем. Построена математическая модель вероятности распознавания дефектов по достижению энергетического соответствия зондирующего сигнала геометрическим параметрам исследуемого участка поверхности. Проведена экспериментальная оценка влияния глубины, угла раскрытия и расположения плоскости симметрии трещины на изменение распределения интенсивности излучения в световом пятне при его поверхностном отражении. Показаны преимущества применения в малогабаритных контрольно-измерительных системах лазерных диодов с квантоворазмерными структурами на основе материалов четверных систем.

Введение

Ограниченные возможности традиционных механических и оптических методов оценки поверхностных повреждений (невозможность проведения исследования в условиях эксплуатации без остановки оборудования и разборки изделий, низкая чувствительность измерений, сложность определения вида повреждения и др.) и случайный характер распределения самих повреждений и их параметров (глубина, угол раскрытия и расположение плоскости симметрии трещины, одновременное наличие различных видов повреждений и др.) требуют создания новых способов и испытательного оборудования для обнаружения дефектов поверхности. Преимуществами приборов, принцип действия которых основан на использовании лазерного излучения, являются бесконтактность, высокая информативность, быстродействие, возможность работы в реальном масштабе времени. Подобные измерительные приборы имеют существенное превосходство перед другими средствами контроля состояния поверхностей деталей и применяются для обнаружения поверхностных трещин, дефектов сварных швов и резьб, определения шероховатости и износа поверхности [1-2].

В данной работе приводятся методика и результаты исследования зависимости отражательной способности конструкционных материалов от состояния поверхности, вида повреждений поверхностного слоя, энергетического соответствия пространственно-временных характеристик отраженного сигнала различным видам дефектов и влияния характеристик зондирующих лазерных пучков (диаметра пятна, угла падения излучения, длины волны, интенсивности источника излучения) на результаты измерений.

Переотражение излучения в измерительной системе

Для выявления зависимости величины отраженного сигнала от параметров оптической системы (диаметра пятна, угла падения излучения, диаметра приемного объектива) и геометрических параметров дефекта рассмотрим изменение интенсивности зеркально отраженного излучения при сканировании по

поверхности с трещиной произвольного угла раскрытия 2γ .

При распространении излучения точечного источника в трещине (рис.1) и постоянном коэффициенте отражения,

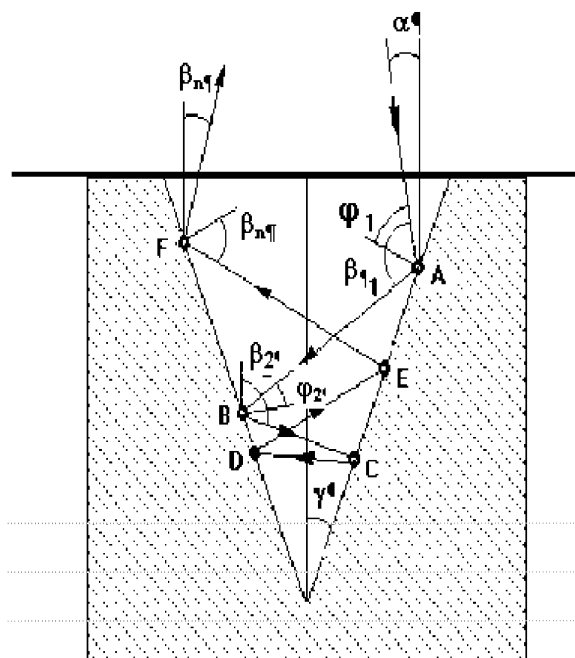


Рис. 1. Схема распространения излучения точечного источника в трещине.

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \frac{\pi}{2} - \alpha - \gamma \\ \beta_1 &= 2\varphi_1 + \alpha = \pi - \alpha - 2\gamma \end{aligned} \quad (1)$$

из треугольника ABO:

$$\begin{aligned} \frac{\pi}{2} - \varphi_1 + \frac{\pi}{2} + \varphi_2 + 2\gamma &= \pi \\ \varphi_2 &= -2\gamma + \varphi_1 = -\alpha - 3\gamma + \frac{\pi}{2} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\beta_2 = \frac{\pi}{2} - \gamma + \varphi_2 = \pi - \alpha - 4\gamma$$

а для произвольного значения n:

$$\begin{aligned} \beta_n &= \pi - \alpha - 2n\gamma \\ \varphi &= \frac{\pi}{2} - \alpha - (2n-1)\gamma \end{aligned} \quad (3)$$

где α - угол падения излучения на исходную поверхность, φ_1 - угол падения излучения на поверхность трещины, β_1 - угол между отраженным поверхностью трещины излучением и вертикалью при первом отражении, φ_2, β_2 - угол падения излучения и угол между отраженным лучом и вертикалью при втором отражении от поверхности трещины, φ_n, β_n - угол падения излучения и угол между отраженным лучом и вертикалью при выходе из трещины, γ - половина угла раскрытия трещины, n - число переотражений излучения.

Отметим, что после отражения от поверхности трещины излучение идет вниз, если $\varphi_n > 0$ вверх если $\varphi_n < 0$.

Соотношение углов α и γ , для которых направление распространения излучения на выходе из трещины, соответствует направлению зеркально отраженного от исходной поверхности излучения и определяется в случае $\beta_n = \alpha, \gamma = (\pi/2 - \alpha)/n$. При падении излучения источника с квадратным сечением с равномерным распределением мощности на поверхность с трещиной, когда приемный объектив также имеет квадратное сечение со стороной B_2 и расположен под углом β к нормали к поверхности, значение x (смещение светового пятна относительно края трещины), при котором излучение, выходящее из трещины, попадает на приемный объектив, удовлетворяет неравенству:

$$H_2 \operatorname{tg} \gamma \langle x \langle H_2 \operatorname{tg} \gamma + B_1 / \cos \alpha \quad (4)$$

где $H_2 = B_1$ - глубина трещины. Момент, при котором отраженное трещиной излучение начинает попадать на объектив, соответствует $x_1 = x$, тогда максимальное значение отраженного трещиной излучения попадает на приемный объектив при $x = 2H_2 \operatorname{tg} \gamma$. Затем значение этой величины снижается и становится равным нулю, при $x = H_2 \operatorname{tg} \gamma + B_1 / \cos \alpha$.

Отношение величины сигнала W при наличии трещины к величине сигнала на бездефектной поверхности W_0 , при $n=2$ для $H_2 \operatorname{tg} \gamma < x < 2H_2 \operatorname{tg} \gamma$ определяется выражением:

$$\frac{W}{W_0} = \frac{\frac{B_1}{\cos \alpha} - x}{\frac{B_1}{\cos \alpha}} + \frac{A_2^2 (x - x_1)}{\frac{A_1 B_1}{\cos \alpha}} \quad (5)$$

а для $H_2 \operatorname{tg} \gamma \langle x \langle H_2 \operatorname{tg} \gamma + B_1 / \cos \alpha$

$$\frac{W}{W_0} = \frac{x - 2H_2 \operatorname{tg} \gamma}{\frac{B_1}{\cos \alpha}} + \frac{A_2^2 \left(x_2 - \left(x - \frac{B_1}{\cos \alpha} \right) \right)}{\frac{A_1 B_1}{\cos \alpha}} \quad (6)$$

где A_2 - коэффициент отражения поверхности трещины, A_1 - коэффициент отражения бездефектной поверхности. При этом доля излучения, попавшего на объектив после переотражения в трещине для соотношения углов $\gamma = (\pi/2 - \alpha)/n$, определяется координатой пятна x и не зависит от высоты расположения объектива над поверхностью H_1 .

Аналогичная картина распространения излучения в трещине будет наблюдаться, при всех четных значениях n и неизменном значении ширины трещины. Условие $\beta_n = \alpha$ также выполняется при уменьшении угла раскрытия трещины. Координаты x_1 и x_2 имеют те же значения, что и для $n=2$, угол выхода излучения из трещины β_n соответствует углу β_2 при $n=2$. Значения W/W_0 определяются в соответствии с выражениями (5) и (6), во второе слагаемое вместо A_2^2 входит A_2^n . При уменьшении угла раскрытия трещины данное условие выполняется при $n=2$ и увеличении значений углов α и β_n . Для нечетных значений n излучение выходит из трещины в направлении источника.

Рассмотрим случай, когда половина угла раскрытия трещины увеличивается на $\Delta\gamma$ (рис.2) и определим характеристики пучка, выходящего после переотражения из трещины при прежнем значении угла падения излучения $\alpha=30^\circ$ и глубины трещины ($H_2 = B_1$).

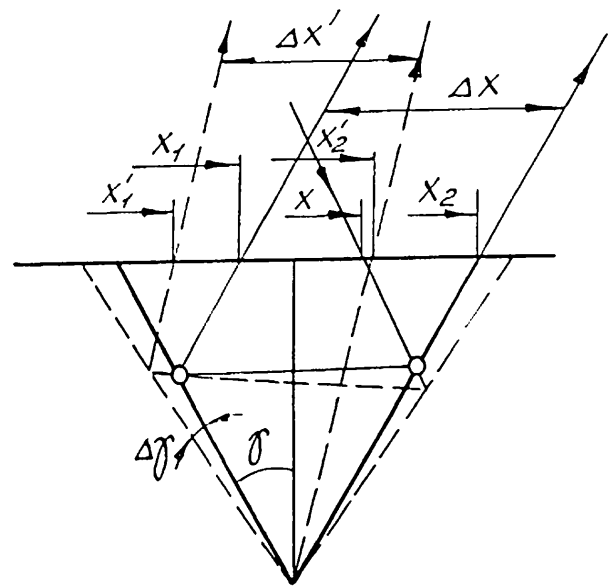
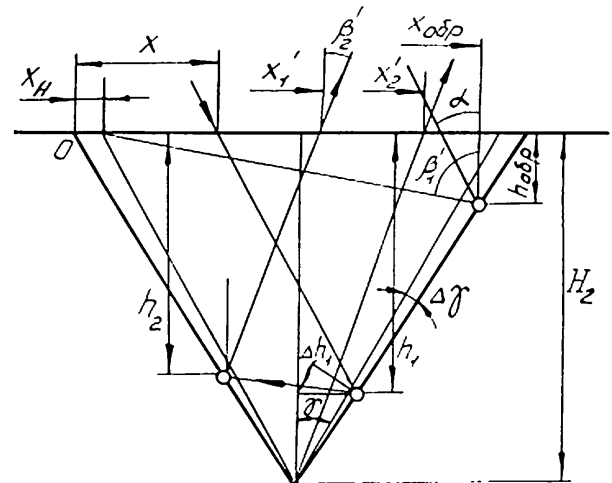


Рис. 2. Распространение излучения в трещине при увеличении угла раскрытия трещины на $2\Delta\gamma$ (а) и распространение излучения в трещинах с углами 2γ и $2(\gamma+\Delta\gamma)$ (б).

В соответствии с условием (3), излучение выходит из трещины под углом $\beta_2' = \beta_2 - 4\Delta\gamma$, $\beta_1' = \beta_1 - 2\Delta\gamma$, $\beta_1 = \pi/2 - 2\Delta\gamma$, а ширина выходящих из трещины пучков $\Delta x = x_2 - x_1$, $\Delta x' = x_2' - x_1'$. Здесь знак "'" соответствует трещине с углом $\gamma + \Delta\gamma$. Если для трещины с углом γ все излучение, попадающее в трещину, выходит из нее под углом β_2 , то для трещины с углом $\gamma + \Delta\gamma$ под углом $\beta_2' = \beta_2 - 4\Delta\gamma$ распространяется излучение, попадающее в трещину при $x_n < x < x_{обр}$ имеет следующие параметры: $x_n = H_2 \text{tg}(\gamma + \Delta\gamma) - \text{tg}\gamma$, $S = 2H_2 \text{tg}(\gamma + \Delta\gamma)$, $S/B_1 = 2\text{tg}(\gamma + \Delta\gamma)$. В частности, при $\Delta\gamma = 3^\circ$ $S/B_1 = 1,3$.

Определим значение $x_{обр}$ - координаты изменения направления сигнала:

$$\begin{aligned} x_{обр} + h_{обр} \text{tg}\alpha + h_{обр} \text{tg}(\gamma + \Delta\gamma) &= \\ = 2H_2 (\text{tg}(\gamma + \Delta\gamma)), & \\ h_{обр} = (x_{обр} + h_{обр} \text{tg}\alpha) \text{ctg}\beta_1 & \quad (7) \end{aligned}$$

Тогда момент, когда излучение, выходящее из трещины, начинает попадать на приемный объектив, определится условием (рис.2):

$$\begin{aligned} D_1' < 0, D_1' = x_1' - x - & \\ - (\text{tg}\alpha - \text{tg}\beta_2)(H_1 - 0,5B_1 \sin\alpha), & \\ x_1' - x < (\text{tg}\alpha - \text{tg}\beta_2)(H_1 - 0,5B_1 \sin\alpha) & \quad (8) \end{aligned}$$

Излучение, выходящее из трещины, полностью попадает на приемный объектив при условии:

$$\begin{aligned} D_2' < 0, D_1'' > 0, & \\ D_1'' = x_1' - x + \frac{B_1}{\cos\alpha} - & \\ - (\text{tg}\alpha - \text{tg}\beta_2)(H_1 - 0,5B_1 \sin\alpha) & \\ x_1' - \left(x - \frac{B_1}{\cos\alpha} \right) < & \\ < (\text{tg}\alpha - \text{tg}\beta_2)(H_1 - 0,5B_1 \sin\alpha) & \\ D_2' = x_2' - x - & \\ - (\text{tg}\alpha - \text{tg}\beta_2)(H_1 - 0,5B_1 \sin\alpha) & \\ x_1' - x < (\text{tg}\alpha - \text{tg}\beta_2) \times & \\ \times (H_1 - 0,5B_1 \sin\alpha) & \quad (9) \end{aligned}$$

Излучение выйдет за границы приемного объектива при условии:

$$\begin{aligned} D_2' < 0, & \\ D_2' = x_2' - x + \frac{B_1}{\cos\alpha} - & \\ - (\text{tg}\alpha - \text{tg}\beta_2)(H_1 - 0,5B_1 \sin\alpha) & \\ x_2' - \left(x - \frac{B_1}{\cos\alpha} \right) < & \\ < (\text{tg}\alpha - \text{tg}\beta_2)(H_1 - 0,5B_1 \sin\alpha) & \quad (10) \end{aligned}$$

Соотношения (4), (5), (8) - (10) позволяют построить зависимости изменения относительной величины сигнала W/W_0 от значения координаты x .

Экспериментальные результаты

Для экспериментального подтверждения теоретических зависимостей влияния формы трещины (угла раскрытия трещины и расположения плоскости симметрии трещины) на изменение интенсивности излучения, отраженного от поверхности использовался источник с равномерным распределением интенсивности излучения круглого сечения. Приемный объектив с круглым сечением устанавливался над исследуемой поверхностью на высоте H_1 , диаметр приемного объектива был равен диаметру источника излучения. Угол падения излучения составлял $\alpha = 30^\circ$. Угол α_2 определял расположение плоскости наблюдения относительно исследуемой поверхности и был равен 0, если плоскость наблюдения перпендикулярна направлению распространения зеркально отраженного излучения от бездефектной поверхности. Относительная ширина трещины для всех случаев была равна $S/D_2 = 1,15$. Относительная глубина трещины S/H_2 изменялась в диапазоне $S/H_2 = 0,65 \dots 1,44$, $S/H_2 = 0,65$ соответствовала $\gamma = 18^\circ$, $S/H_2 = 1,44$ соответствовала $\gamma = 35,8^\circ$ (S - ширина трещины, H_2 - глубина трещины). Как показывают измерения, при $\alpha_2 = 0^\circ$ и $\alpha = \gamma$ относительная величина сигнала не зависела от высоты расположения приемного объектива над поверхностью, и при всех значениях H_1 кривая имела один и тот же вид. Здесь введены обозначения: γ - угол раскрытия трещины, φ_1 - угол поворота плоскости симметрии трещины вокруг линии пересечения плоскости симметрии трещины с исходной поверхностью, φ_2 - угол наклона плоскости симметрии трещины к плоскости, перпендикулярной данной плоскости. При $S/D_2 > 1$ значения относительной величины сигнала W/W_2 не зависели от соотношения ширины трещины и диаметра пятна, вид кривой определялся конфигурацией трещины (значениями углов γ , φ_1 и φ_2). При $S/D_2 < 1$ для той же трещины значения относительной величины сигнала W/W_0 возрастали, при $S/D_2 \rightarrow 0$ $W/W_0 \rightarrow 1$ для всех точек поверхности независимо от наличия дефектов, выявление трещин невозможно (этот вывод вытекает из зависимостей математической модели). Максимальное значение относительной величины сигнала на поверхности трещины при $\alpha = \gamma$ соответствовало центру трещины ($x/D_2 = S/2D_2 + 1/2\cos\alpha$) и было равно при четном значении числа переотражений в трещине $W/W_0 = A^{(n-1)}$, где A - коэффициент отражения поверхности трещины, n - число переотражений в трещине. При нечетных значениях n и $n \rightarrow \infty$ ($n > 6, S/H_2 < 1$) $W/W_0 \rightarrow 0$ для указанного значения x/D_2 при $S/D_2 > 1$.

При уменьшении угла раскрытия трещины максимум на кривой смещался в сторону приемного объектива. Величина максимума и его смещение за-

висели от угла раскрытия и глубины трещины, а также расстояния от поверхности до приемного объектива.

Заметим, что изменение положения плоскости наблюдений ($\alpha_2=0^0$) оказывает существенное влияние на форму кривой W/W_0 . Для $\alpha=\gamma=30^0$ так же, как и при $\alpha_2=0^0$, сохраняется значение относительной величины сигнала в максимуме и расположение максимума при всех значениях $\alpha_2=0^0$. Значение W/W_0 в точках, соответствующих прохождению центра пятна через края трещины ($x/D_2=0,577$ и $x/D_2=1,73$) снижается с ростом α_2 . Для трещин с углами $\alpha-\gamma$ характерно появление максимумов при $x/D_2=0,8\dots 0,9$, значение W/W_0 в максимуме возрастает с ростом α_2 , при $x/D_2=1\dots 1,6$ наблюдается минимум, значение W/W_0 в этой точке снижается с ростом α_2 . Для $\gamma=34^0$ максимальное значение $W/W_0=0,67$ при $x/D_2=0,9$ и $W/W_0=0$ при $x/D_2=1,5$ соответствуют $\alpha_2=75^0$. Для $\gamma=27^0$ и $\alpha_2=75^0$ максимальное значение $W/W_0=0,85$ при $x/D_2=0,83$, $W/W_0=0$ при $x/D_2=1,04$.

Проведенные исследования показали, что расстояние от исследуемой поверхности до приемного объектива H_1 оказывает наибольшее влияние из всех параметров оптической системы на форму кривой W/W_0 . При $H_1/D_2 \gg 1$ форма кривой не зависит от значений углов γ , φ_1 и φ_2 и определяется только шириной трещины S и соотношением ширины трещины и диаметра пятна S/D_2 . Соотношение S/D_2 не оказывает влияния на определение характера трещины при $S/D_2 > 1$. При $S/D_2 < 1$ для той же трещины значения относительной величины сигнала W/W_0 возрастают, при $S/D_2 \rightarrow 0$ $W/W_0 \rightarrow 1$ для всех точек поверхности независимо от наличия дефектов, выявление трещин невозможно. Поворот плоскости симметрии трещины (изменение величины угла φ_1) возможно выявить для неглубоких трещин ($S/H_2 > 1$) при $\gamma - (\pi/2 - \alpha)/n$ и $-5^0 < \varphi_1 < 5^0$. При большем угле поворота трещины и для глубоких трещин значение угла φ_1 не влияет на форму кривой, так как излучение, переотраженное поверхностью трещины не попадает на приемный объектив. Наклон плоскости симметрии трещины (изменение величины угла φ_2) также приводит к смещению максимумов и минимумов на кривой сигнала измерений. Изменение положения плоскости наблюдения наиболее существенно оказывает при $\gamma - (\pi/2 - \alpha)/n$. При $\alpha_2=0^0$ и $\varphi_1=0^0$ и $\varphi_2=0^0$ появляются максимум в левой части кривой ($x/D_2 < 1$) и минимум в правой части ($x/D_2 \rightarrow 1$), с ростом α_2 возрастает значение W/W_0 в максимуме и снижается значение W/W_0 в минимуме. Несмотря на большую чувствительность к изменению угла раскрытия трещины при $\alpha_2=0^0$, изменение ориентации плоскости наблюдения может привести к снижению разрешающей способности метода при $\alpha_2 \geq 45^0$, так как поворот плоскости наблюдения при неизменном значении размеров приемного объектива равносителен снижению его площади в плоскости $\alpha_2=0$.

Разработанное испытательное оборудование по обнаружению поверхностных дефектов по результатам измерения интенсивности отраженного лазерного излучения при сканировании по поверхности детали включает в свой состав гелий-неоновый лазер ЛГИ-224-1 ($\lambda=0,6328$ мкм), стеклянную пластину для формирования опорного сигнала, два оптических ваттметра поглощаемой мощности ОМЗ-65 для регистрации сигналов опорного и измерительного каналов, плоские зеркала и собирающие линзы для направления излучения от источника к исследуемой поверхности и отраженного от поверхности излучения к фотоприемнику, устройство для перемещения образца. Величина опорного сигнала составляла $\sim 6\%$ от интенсивности источника излучения.

Были исследованы поверхности следующих образцов: из титанового сплава ВТ-14, из химически полированного алюминия АД-1М, из алюминиевого сплава АД-1М с покрытием на основе полисилоксанового масла, стеклотекстолита АФТ-2П. Профилограммы поверхностей образцов были записаны на профилографе завода "Калибр" модели 250.

Как показали исследования, резкое снижение интенсивности отраженного излучения на величину до 50..98% свидетельствует о наличии царапин, трещин и повреждения покрытий. Размеры дефекта определяются разностью координат, соответствующих резкому снижению сигнала и его возрастанию до прежнего уровня. Вероятность распознавания дефектов зависит от соотношения размеров пятна излучения на поверхности и дефекта, а также шага сканирования и размера дефекта. Распознавание дефекта невозможно, если его площадь значительно меньше площади сканирующей апертуры и шаг сканирования превышает размеры дефекта. Наибольшая вероятность распознавания дефекта достигается в том случае, если диаметр пятна излучения на поверхности не превышает размеров дефекта и равен шагу сканирования. Разброс величины сигнала W/W_0 увеличивается с ростом шероховатости поверхности. Искривлению поверхности образца соответствует монотонное повышение или снижение величины сигнала W/W_0 с ростом координаты x/x_0 (образец из химически полированного алюминия с покрытием на основе полисилоксанового масла). Изменению шероховатости на участке поверхности образца соответствует изменение среднего уровня величины W/W_0 (образец из стеклотекстолита АФТ-2П; $Ra=7,45 - W/W_0=0,49$; $Ra=4,8 - W/W_0=1,1$).

Износ участка поверхности образца из титанового сплава ВТ14 характеризуется увеличением шероховатости и отклонением средней линии профиля, что соответствует снижению интенсивности излучения, отраженного от поверхности образца.

Наличие царапин, трещин и повреждений покрытий приводит к резкому снижению сигнала W/W_0 . Возможно также резкое увеличение интенсивности отраженного излучения (образец из

стеклотекстолита). Наиболее сильное снижение сигнала отмечается при наличии трещин ($W/W_0 \approx 0,03$). Наличие воды на поверхности образца приводит к снижению среднего уровня сигнала W_0 , величина которого зависит от материала образца. Для образца из титанового сплава ВТ14 слой воды толщиной 1,5 мм приводит к снижению интенсивности излучения, отраженного от поверхности образца, в 2 раза. Наличие повреждения регистрируется так же, как и на сухой поверхности. При смачивании поверхности образца водой происходит смещение пятна излучения на фотодиоде, величина которого зависит от толщины слоя жидкости.

Существенное уменьшение габаритов испытательного оборудования возможно при использовании полупроводниковых лазеров в качестве источников излучения. Были проведены исследования их флуктуаций мощности, распределения плотности мощности и отклонения излучения в пространстве. Наиболее распространенными материалами для лазерных диодов являются кристаллы, полученные на основе GaAs и InP с активной областью на основе материалов тройных и четверных систем. Примерами таких лазеров являются GaAlAs/GaAl и AlGa-InP/InP лазерные диоды /3/. Преимуществами лазеров с четверной системой являются /4/: изопериодичность гетероструктуры и отсутствие температурных деформаций, связанных с несоответствием параметров решеток подложки и активной области; высокая оптическая прочность зеркал, отсутствие "дефектов темных линий", слабое участие дислокаций в процессе деградации и, вследствие этого, более высокая долговечность и выходная мощность; отсутствие изгибов на ватт-амперной характеристике и большая стабильность оси диаграммы направленности.

По сравнению с другими типами лазерных диодов лазеры с квантоворазмерными структурами имеют в 3 раза меньшее значение порогового тока и более высокое значение характеристической температуры (200К) и, следовательно, более слабую зависимость порогового тока и выходной мощности от температуры активной области и окружающей среды. Как показали исследования, они характеризуются отсутствием изгибов на ватт-амперной характеристике и более высокой дифференциальной эффективностью. Лазеры с квантоворазмерными структурами сохраняют одномодовый режим и длину волны генерации при накачке импульсным током высокой частоты.

Наиболее приемлемыми для использования в контрольно-измерительных системах являются лазерные диоды с квантоворазмерными структурами с активной областью на основе материалов четверных систем.

Заключение

Таким образом, построена математическая модель, описывающая изменение относительной величины сигнала W/W_0 от безразмерной координаты x/B_1 при сканировании по поверхности (B_1 - поперечное сечение источника излучения) при различных соотношениях значений углов α и γ (угла падения излучения и половины угла раскрытия трещины), когда размер поперечного сечения пучка и ширина трещины приблизительно равны (одного порядка), $\Delta\gamma < \gamma$. На участке поверхности с наличием трещины кривая изменения относительной величины сигнала имеет максимум или минимум в зависимости от глубины трещины. Угол раскрытия трещины, при котором имеется максимум на кривой, зависит от коэффициента отражения поверхности и угла падения излучения. Теоретические и экспериментальные исследования показали, что расстояние от исследуемой поверхности до приемного объектива H_1 оказывает наибольшее влияние из всех параметров оптической системы на форму кривой W/W_0 . Поворот плоскости симметрии трещины возможно выявить лишь для неглубоких трещин ($S/H_2 > 1$) при $-5^\circ < \varphi_1 < 5^\circ$, при большом угле поворота трещины и для глубоких трещин значение угла φ_1 не влияет на форму кривой. Наклон плоскости симметрии трещины приводит к смещению максимумов и минимумов на кривой отраженного сигнала. Изменение положения плоскости наблюдения приводит к появлению дополнительных максимумов и минимумов. Наиболее приемлемыми для использования в контрольно-измерительных системах являются лазерные диоды с квантоворазмерными структурами с активной областью на основе материалов четверных систем. Для учета флуктуаций мощности источника излучения в процессе измерений необходимо формирование опорного канала.

Литература

1. Обнаружение поверхностных трещин оптическим сканированием // Испытательные приборы и стенды: Экспресс-информация. - 1988, N 14(59), с.1-8.
2. Кукса Н.Н. Влияние площади считывающей апертуры фотоэлектрического дефектоскопа на вероятность пропуска дефекта // Дефектоскопия. - 1984. - N 4. - с.57-64.
3. Басов Н.Г., Елисеев П.Г., Попов Ю.М. Достижения и проблемы физики инжекционных лазеров//Нелинейная оптика полупроводниковых лазеров. - М.: Наука, 1986, Тр. ФИАН; Т.166, с.3-14.
4. Кейси Х., Паниш М. Лазеры на гетероструктурах. Т.1. М.: Мир, 1981.- 299 с.
5. Кейси Х., Паниш М. Лазеры на гетероструктурах. Т.2. М.: Мир, 1981.- 364 с.

An optical method for assessing surface damage

*N.A. Sazonnikova, V.I. Mordasov, A.A. Shuvaev
Institute of Machine Acoustics
Samara State Aerospace University*

Abstract

The article considers a method and test equipment for using laser systems to detect surface defects such as scratches, cracks, changes in the surface condition of a workpiece as a result of chemical impact and abrasive wear. The authors develop a mathematical model of the probability of recognizing the defects based on the energy match of the sounding signal and the geometric parameters of the investigated surface area. The authors perform an experimental assessment of influence of the depth, opening angle and location of the symmetry plane of the crack on the change in the distribution of radiation intensity in the light spot during its surface reflection. The article demonstrates the advantages of using laser diodes with quantum-size structures based on the materials of quaternary systems in small-sized control and measurement systems.

Citation: Sazonnikova NA, Mordasov VI, Shuvaev AA. An optical method for assessing surface damage. *Computer Optics* 2000; 20: 106 - 110.

References

- [1] Detection of surface cracks by optical scanning. Testing devices and stands: Express information. 1988; 14 (59): 1-8.
- [2] Kuksa NN. Influence of the scanning aperture area of a photoelectric flaw detector on the probability of missing a defect. *Defektoskopiya*; 1984; 4: 57-64.
- [3] Basov NG, Eliseev PG, Popov YM. Advances and problems in the physics of injection lasers. *Nonlinear optics of semiconductor lasers*. Moscow: Nauka Publisher; 1986; Proceedings of the Physics Institute, Acad. Sci.; 166: 3-14.
- [4] Casey HC, Panish MB. *Heterostructure Lasers*. Vol.1. Moscow: Mir Publisher; 1981: 299.
- [5] Casey HC, Panish MB. *Heterostructure Lasers*. Vol.2. Moscow: Mir Publisher; 1981: 364.