

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

Ю. В. НИКИТЮК, А. А. СЕРЕДА

**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ
ЛАЗЕРНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ
ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ**

Тестовые задания

для студентов специальности
1-31-04 03 «Физическая электроника»

Гомель
ГГУ им. Ф. Скорины
2012

УДК 53:004.94(075.8)
ББК 22.3в6+32.973.2 я73
Н 623

Рецензенты:

доктор физико-математических наук Г. С. Митюрин;
кафедра радиофизики и электроники учреждения образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

Рекомендованы к изданию научно-методическим советом
учреждения образования «Гомельский государственный
университет имени Франциска Скорины»

Никитюк, Ю. В.

Н 623 Физические основы технологии лазерного разделения
материалов электронной техники: тестовые задания /
Ю. В. Никитюк, А. А. Серeda; М-во образования РБ,
Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель:
ГГУ им. Ф. Скорины, 2012. – 20 с.
ISBN 978-985-439-723-8

Тестовые задания предназначены для подготовки и проведения
текущего и итогового контроля знаний по теоретическим основам
технологии лазерного разделения материалов.

Адресованы студентам специальности 1-31-04 03 «Физическая
электроника».

УДК 53:004.94(075.8)
ББК 22.3в6 + 32.973.2 я73

ISBN 978-985-439-723-8

© Никитюк Ю. В., Серeda А. А., 2012
© УО «Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины», 2012

Содержание

Введение	4
Тестовые задания	5
Литература	19

Введение

Постоянное повышение требований к качеству прецизионной обработки изделий из хрупких материалов, связанное с миниатюризацией современного электронного оборудования, обуславливает необходимость применения новых лазерных методов высокоточного разделения изделий из различных видов силикатных стекол, алюмооксидной керамики и кремния. В настоящее время наиболее эффективными технологиями разделения этих материалов являются технологии лазерного термораскалывания, реализация которых основана на формировании лазерно-индуцированных микротрещин под действием термоупругих напряжений. Разработан ряд методов прецизионной лазерной обработки хрупких неметаллических материалов, к которым относятся сквозное лазерное термораскалывание, управляемое лазерное термораскалывание (УЛТ), параллельное и термораскалывание изделий трубчатой формы

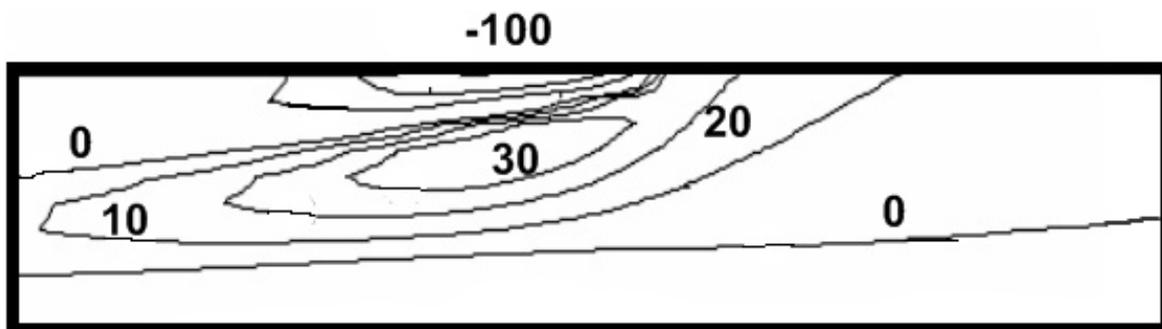
Изучение дисциплины «Физические основы технологии лазерного разделения материалов электронной техники» позволяет студентам освоить физические основы реализации процессов лазерного термораскалывания и приобрести навыки инженерных расчетов соответствующих технологических параметров.

С использованием программной оболочки Moodle нами разработаны тесты для проведения текущего и итогового контроля знаний по данному курсу, в которых использованы задания различных типов (одиночный выбор, множественный выбор, задания на соответствие, ручной ввод числа) и различного уровня сложности. Текущий контроль знаний осуществляется в обучающем режиме и позволяет тестируемому объективно оценить свои знания, получить конкретные указания для дополнительной индивидуальной работы.

Данные методические материалы предназначены для самоподготовки студентов к компьютерному тестированию с целью контроля и коррекции знаний материала курса «Физические основы технологии лазерного разделения материалов электронной техники». Тестовые задания адресованы студентам специальности 1-31-04 03 «Физическая электроника».

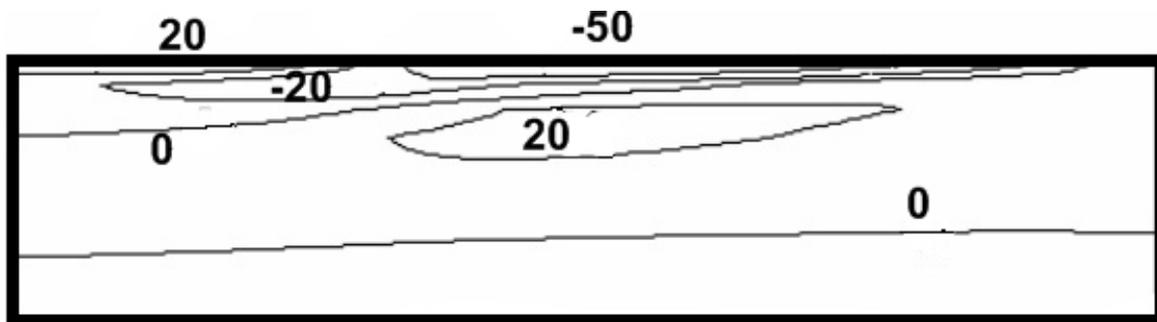
Тестовые задания

1. Определите, для какого из методов лазерного термораскалывания характерно представленное на рисунке распределение термоупругих полей (значения напряжений на рисунке даны в МПа).



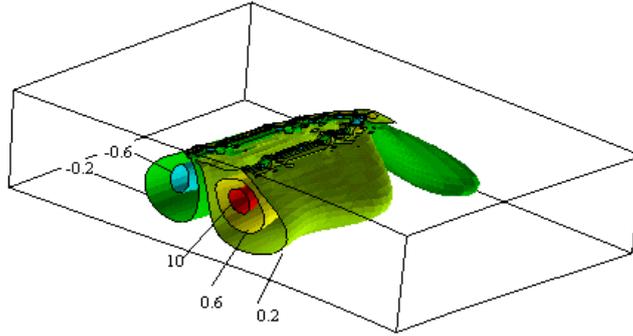
- а) для сквозного лазерного термораскалывания;
- б) для управляемого лазерного термораскалывания;
- в) для параллельного лазерного термораскалывания.

2. Определите, для какого из методов лазерного термораскалывания характерно представленное на рисунке распределение термоупругих полей (значения напряжений на рисунке даны в МПа).



- а) для параллельного лазерного термораскалывания;
- б) для сквозного лазерного термораскалывания;
- в) для управляемого лазерного термораскалывания.

3. Определите, для какого из методов лазерного термораскалывания характерно представленное на рисунке распределение термоупругих полей (значения напряжений на рисунке даны в МПа).

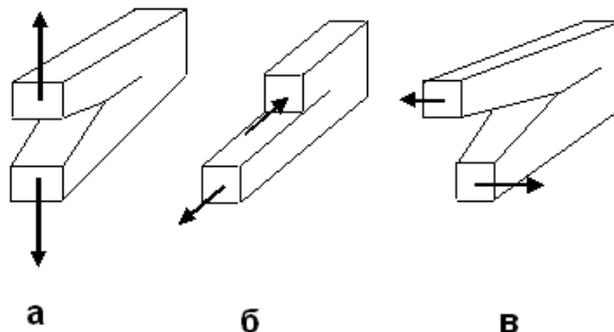


- а) для управляемого лазерного термораскалывания;
- б) для параллельного лазерного термораскалывания;
- в) для сквозного лазерного термораскалывания.

4. Коэффициент интенсивности напряжений имеет размерность....:

- а) Па·м;
- б) Па·(м^{0.5});
- в) Па·(м²);
- г) Па/(м^{0.5});
- д) Па/(м²).

5. На рисунке представлены изображения трех основных типов трещин, возникающих в твердом теле. Из предложенных вариантов выберите тот, в котором правильно расставлено соответствие типов трещин и их изображений.



- а) в-трещина нормального отрыва; б-трещина поперечного сдвига; а-трещина при антиплоской деформации;
- б) б-трещина нормального отрыва; а-трещина поперечного сдвига; в-трещина при антиплоской деформации;
- в) а-трещина нормального отрыва; в-трещина поперечного сдвига; б-трещина при антиплоской деформации;
- г) а-трещина нормального отрыва; б-трещина поперечного сдвига; в-трещина при антиплоской деформации.

6. Коэффициент интенсивности напряжений пропорционален:

- а) длине трещины;
- б) приложенным напряжениям;
- в) квадрату приложенных напряжений;
- г) квадрату длины трещины;
- д) квадратному корню от длины трещины;
- е) квадратному корню от приложенных напряжений.

7. В задачах термоупругости представленные ниже уравнения описывают:

$$\mu \nabla^2 \vec{u} + (\lambda' + \mu) \text{grad div } \vec{u} - (2\mu + 3\lambda') \alpha_T \text{grad}(T - T_0) = 0,$$

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \nabla^2 T + Q$$

- а) несвязанную динамическую задачу термоупругости;
- б) связанную динамическую задачу термоупругости;
- в) несвязанную квазистатическую задачу термоупругости.

8. Выберите недостатки характерные для метода лазерного скрайбирования:

- а) плохое качество кромок;
- б) большая энергоемкость;
- в) низкая точность;
- г) низкая скорость;
- д) загрязнение поверхности продуктами испарения.

9. Кварцевое стекло сложно разделять методом лазерного термораскалывания из-за его значений:

- а) модуля Юнга;
- б) плотности;
- в) теплопроводности;
- г) коэффициента линейного термического расширения;
- д) коэффициента Пуассона;
- е) удельной теплоемкости.

10. При повышении температуры силикатных стекол от комнатной до температуры стеклования их теплопроводность увеличивается приблизительно в _____ раз(а).

11. Удельная теплоемкость силикатных стекол в диапазоне от комнатной температуры до температуры стеклования:

- а) увеличивается в 1,5 раза;
- б) уменьшается в 1,5 раза;
- в) увеличивается в 2,5 раза;
- г) уменьшается в 2,5 раза.

12. Выберите недостатки метода сквозного термораскалывания:

- а) низкая скорость резки;
- б) зависимостью режимов термораскалывания от габаритов исходной заготовки;
- в) низкая точность разделения.

13. Выберите компоненты кварцевого стекла:

- а) Cr_2O_3 ;
- б) B_2O_3 ;
- в) Fe_2O_3 ;
- г) SiO_2 ;
- д) SO_3 ;
- е) K_2O ;
- ж) CaO ;
- з) Na_2O ;
- и) MgO ;
- к) Al_2O_3 .

14. Отметьте основные факторы, существенно не влияющие на режимы управляемого лазерного термораскалывания:

- а) параметры лазерного пучка;
- б) свойства, обрабатываемого материала;
- в) свойства и условия подачи хладагента;
- г) размеры исходной заготовки;
- д) скорость обработки.

15. В соответствии с уравнением Журкова долговечность материала пропорциональна:

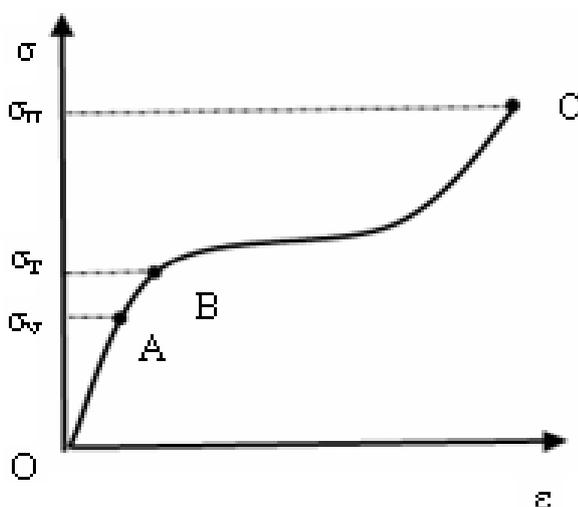
- а) $\exp(1/k)$;
- б) $\exp(1/U)$;
- в) $\exp(1/T)$.

16. Для определения тензора упругих постоянных кубических кристаллов необходимо задать _____ независимых упругих констант (ответ укажите числом).

17. Для задания упругих свойств изотропного тела необходимо задать _____ независимых упругих постоянных (ответ укажите числом).

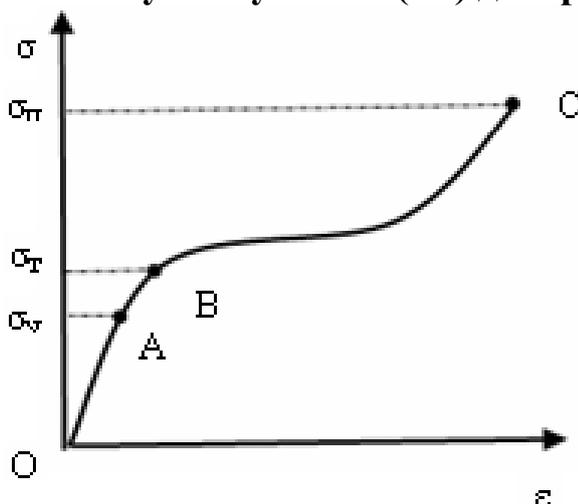
18. На рисунке представлена диаграмма деформации. Закон Гука выполняется на участке(ах) диаграммы:

- а) ОА;
- б) ОВ;
- в) ОС;
- г) АВ;
- д) ВС.



19. На рисунке представлена диаграмма деформации. Пластической области соответствует участок(ки) диаграммы:

- а) АВ;
- б) ОВ;
- в) ОА;
- г) ОС;
- д) ВС.



20. Сопоставьте методы лазерного термораскалывания с результатом их применения:

1) управляемое лазерное термораскалывание; 2) асимметричное лазерное термораскалывание; 3) параллельное лазерное термораскалывание.	а) трещина на заданную глубину наклонная к обрабатываемой поверхности; б) трещина на заданной глубине вдоль поверхности; в) трещина на заданную глубину перпендикулярная обрабатываемой поверхности.
---	--

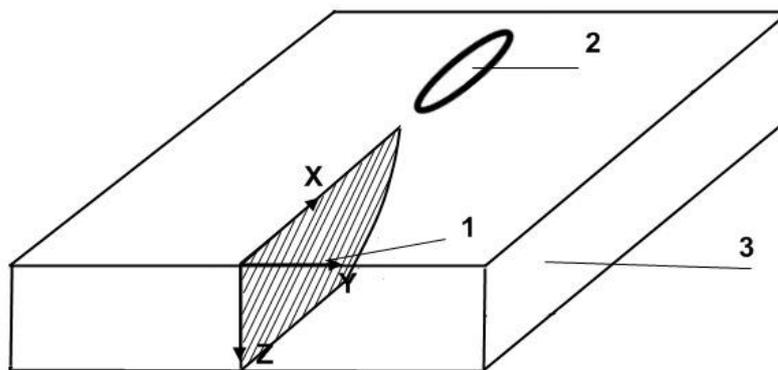
21. Перечислите недостатки традиционных механических способов размерной обработки:

- а) низкое качество резки;
- б) низкая механическая прочность;
- в) значительные потери материала разрезаемых пластин за счет ширины пропила;
- г) разрушительное воздействие процесса разделения на функциональные и эксплуатационные параметры получаемых приборов;
- д) невозможность проведения операций резки в помещениях высокой вакуумной гигиены за счет образования стеклянных частиц при механической резке.

22. Сопоставьте методы лазерной обработки и их характерные режимы.

1) лазерная; 2) газолазерная; 3) скрайбирование; 4) управляемое термораскалывание 5) сквозное термораскалывание.	а) мощность излучения – 50 Вт, скорость резки – 58 мм/с, толщина стекла – 6 мм; б) мощность излучения – 25 Вт, скорость резки – 39 мм/с, толщина стекла – 3 мм; в) мощность излучения – 200 Вт, скорость резки – 0,42 мм/с, толщина стекла – 3,5 мм; г) мощность излучения – 9 Вт, скорость резки – 5,1 мм/с, толщина стекла – 1,6 мм; д) мощность излучения – 200 Вт, скорость резки – 6,35 мм/с, толщина стекла – 1,57 мм.
--	--

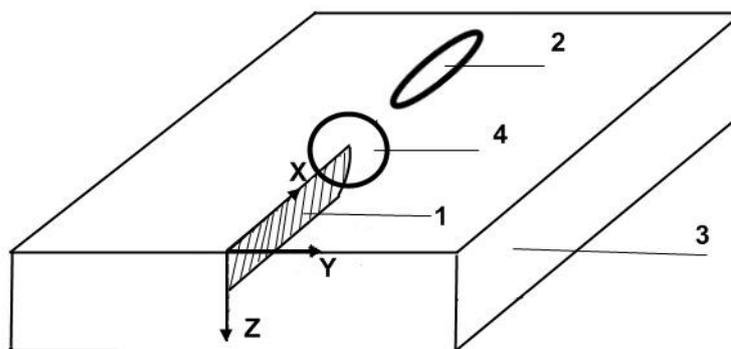
23. Определите, какому из нижеперечисленных методов лазерного разделения хрупких неметаллических материалов соответствует данная схема:



1 – трещина; 2 – лазерный пучок; 3 – образец.

- а) асимметричному лазерному термораскалыванию;
- б) параллельному лазерному термораскалыванию;
- в) управляемому лазерному термораскалыванию;
- г) сквозному лазерному термораскалыванию;
- д) лазерному термораскалыванию по криволинейным контурам.

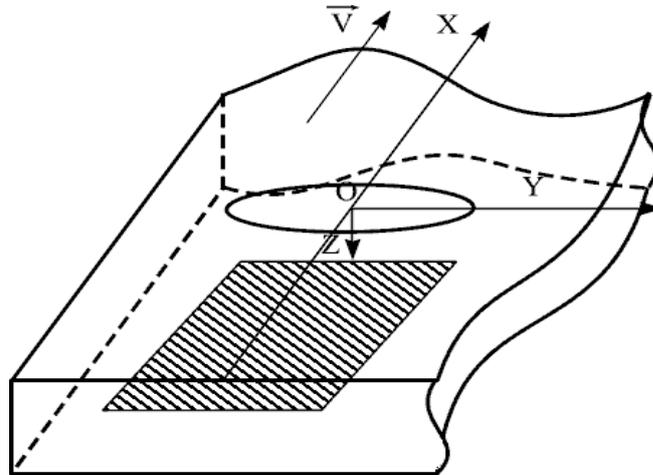
24. Укажите, какому из нижеперечисленных методов лазерного разделения хрупких неметаллических материалов соответствует данная схема:



1 – трещина; 2 – лазерный пучок;
3 – образец, 4 – зона воздействия хладагента.

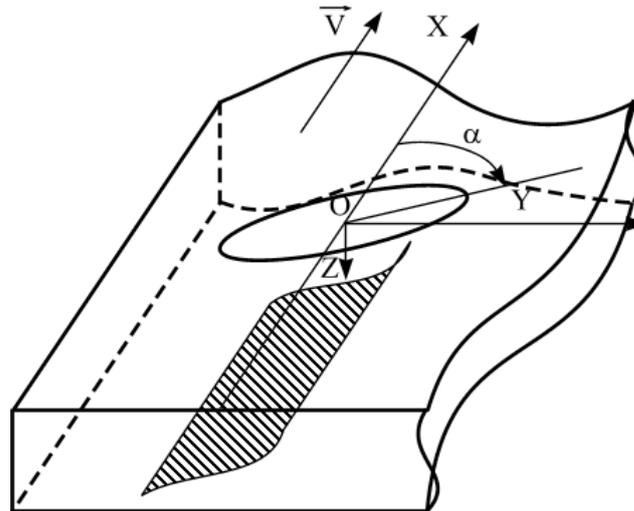
- а) управляемому лазерному термораскалыванию;
- б) лазерному термораскалыванию по криволинейным контурам;
- в) асимметричному лазерному термораскалыванию;
- г) сквозному лазерному термораскалыванию;
- д) параллельному лазерному термораскалыванию.

25. Укажите, какому из нижеперечисленных методов лазерного разделения хрупких неметаллических материалов соответствует данная схема:



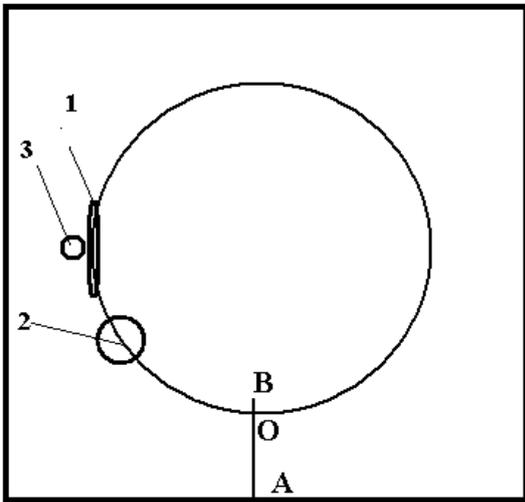
- а) сквозному лазерному термораскалыванию;
- б) асимметричному лазерному термораскалыванию;
- в) лазерному термораскалыванию по криволинейным контурам;
- г) управляемому лазерному термораскалыванию;
- д) параллельному лазерному термораскалыванию.

26. Укажите, какому из нижеперечисленных методов лазерного разделения хрупких неметаллических материалов соответствует данная схема:



- а) управляемому лазерному термораскалыванию;
- б) асимметричному лазерному термораскалыванию;
- в) параллельному лазерному термораскалыванию;
- г) сквозному лазерному термораскалыванию;
- д) лазерному термораскалыванию по криволинейным контурам.

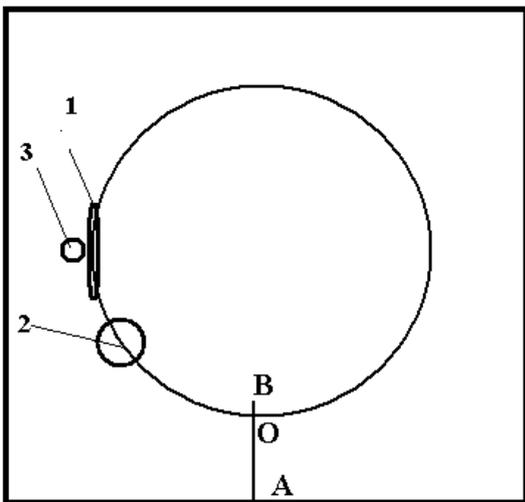
27. При лазерной резке по замкнутому криволинейному контуру возникают отклонения линии реза от заданной траектории в месте ее замыкания. Для устранения данной проблемы нужно:



- 1 – лазерный пучок с длиной волны 10,6 мкм;
- 2 – хладагент;
- 3 – лазерный пучок с длиной волны 1,06 мкм.

- а) смещать лазерный пучок 3;
- б) наносить радиальный надрез АВ;
- в) смещать хладагент 2;
- г) использовать кратковременный нагрев по контуру обработки.

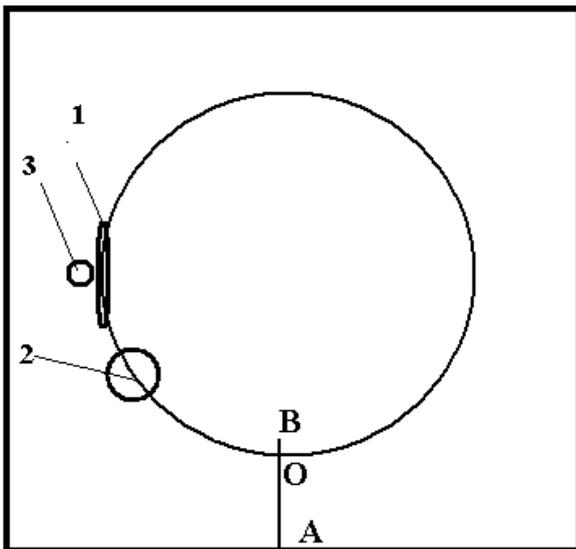
28. Для устранения отклонения трещины от направления, перпендикулярного к поверхности материала, при лазерной резке по замкнутому криволинейному контуру нужно:



- 1 – лазерный пучок с длиной волны 10,6 мкм;
- 2 – хладагент;
- 3 – лазерный пучок с длиной волны 1,06 мкм.

- а) смещать хладагент 2;
- б) использовать кратковременный нагрев по контуру обработки;
- в) смещать лазерный пучок 3;
- г) наносить радиальный надрез АВ.

29. При лазерной резке по замкнутому криволинейному контуру образуется трещина некоторой глубины. Для качественного окончательного разделения контура изделия нужно:



- 1 – лазерный пучок с длиной волны 10,6 мкм;
- 2 – хладагент;
- 3 – лазерный пучок с длиной волны 1,06 мкм.

- а) использовать кратковременный нагрев по контуру обработки;
- б) смещать хладагент 2;
- в) наносить радиальный надрез АВ;
- г) смещать лазерный пучок 3.

30. В задачах термоупругости представленные ниже уравнения описывают:

$$\rho \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} = \mu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_k^2} + (\lambda' + \mu) \frac{\partial^2 u_k}{\partial x_k \partial x_i} - (2\mu + 3\lambda') \alpha_T \frac{\partial}{\partial x_i} (T - T_0),$$

$$c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x_k^2} - (2\mu + 3\lambda') \alpha T_0 \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial u_i}{\partial x_i} + Q$$

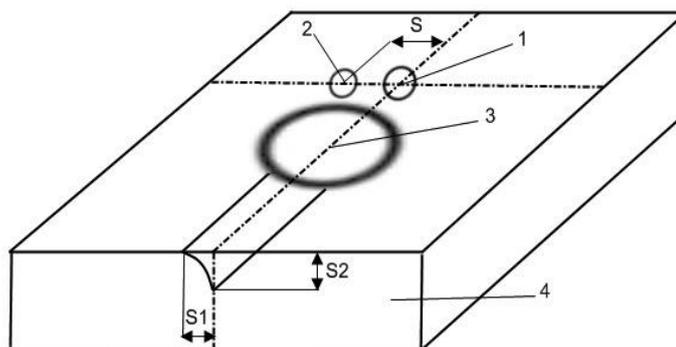
- а) несвязанную динамическую задачу термоупругости;
- б) связанную динамическую задачу термоупругости;
- в) несвязанную квазистатическую задачу термоупругости.

31. В представленном уравнении сопоставьте символьное обозначение с их физическими величинами:

$$\rho \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} = \mu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_k^2} + (\lambda' + \mu) \frac{\partial^2 u_k}{\partial x_k \partial x_i} - (2\mu + 3\lambda') \alpha_T \frac{\partial}{\partial x_i} (T - T_0)$$

1) u_i ;	а) постоянная Ламэ;
2) T ;	б) модуль Юнга;
3) λ' ;	в) коэффициент Пуассона;
4) ν ;	г) компоненты вектора перемещений;
5) E .	д) температура.

32. Укажите, какому из нижеперечисленных методов лазерного разделения хрупких неметаллических материалов соответствует данная схема:



1 – CO₂-лазер, 2 – YAG-лазер, 3 – хладагент, стеклянная пластина

- а) управляемому лазерному термораскалыванию;
- б) асимметричному лазерному термораскалыванию;
- в) параллельному лазерному термораскалыванию;
- г) сквозному лазерному термораскалыванию;
- д) лазерному термораскалыванию по криволинейным контурам.

33. Удельная теплоемкость алюмооксидной керамики в диапазоне от комнатной температуры до 1000 °С:

- а) увеличивается в 2,5 раза;
- б) уменьшается в 1,5 раза;
- в) увеличивается в 1,3 раза;
- г) уменьшается в 1,3 раза.

34. При повышении температуры алюмооксидной керамики от комнатной до 1000°С ее теплопроводность уменьшается приблизительно в _____ раз(а).

35. Выберите компоненты поликора (ВК 100-1):

- а) Cr₂O₃;
- б) B₂O₃;
- в) Fe₂O₃;
- г) SiO₂;
- д) SO₃;
- е) K₂O;
- ж) CaO;
- з) Na₂O;
- и) MgO;
- к) Al₂O₃.

36. Неорганические стекла по составу можно подразделить на следующие типы:

- а) элементарные;
- б) оксидные;
- в) галогенидные;
- г) смешанные;
- д) халькогенидные.

37. Оксидными называют стекла, главными компонентами которых являются соединения с:

- а) углеродом;
- б) азотом;
- в) водородом;
- г) хлором;
- д) кислородом.

38. Продолжите определение «Температура стеклования – это ...»:

- а) значение температуры, при которой стекло переходит из твердого агрегатного состояния в жидкое;
- б) значение температуры, при которой стекло становится пластичным;
- в) значение температуры, при которой происходит сублимация стекла.

39. С физической точки зрения квазистатическая постановка задачи термоупругости означает использование предположения о том, что:

- а) напряженное состояние устанавливается значительно быстрее, чем достигается тепловое равновесие;
- б) напряженное состояние устанавливается значительно медленнее, чем достигается тепловое равновесие;
- в) напряженное состояние устанавливается со скоростью, соизмеримой скорости установления состояния теплового равновесия.

40. Алгоритм применения метода конечных элементов для решения задач термоупругости состоит из четырех этапов. Сопоставьте номера этапов с их содержанием:

1) этап №1;	а) определение вектора узловых значений функции;
2) этап №2;	б) определение аппроксимирующей функции для
3) этап №3;	каждого элемента;
4) этап №4.	в) выделение конечных элементов;
	г) объединение конечных элементов в ансамбль.

41. Выберите основные источники погрешности численного решения задач методом конечных элементов:

- а) погрешность дискретизации, возникающая из-за использования аппроксимации базисными функциями;
- б) погрешность округления, связанная с использованием в вычислительных машинах чисел с конечной точностью представления;
- в) погрешность математической модели, связанная с ее несоответствием физической реальности.

42. Тела, которые при нагружении деформируются только упруго, вплоть до разрушения, называются...:

- а) хрупкими;
- б) полухрупкими;
- в) вязкими;
- г) пластичными.

43. Укажите, при каком типе сжатия твердые тела не разрушаются:

- а) при одноосном;
- б) при двухосном;
- в) при трехосном.

44. Полная энергия вновь образующихся поверхностей при трещинообразовании равна:

(γ – энергия, затрачиваемая на образование единицы площади поверхности трещины)

- а) $U_s = 3 \cdot \gamma$;
- б) $U_s = 4 \cdot \gamma$;
- в) $U_s = 5 \cdot \gamma$;
- г) $U_s = 6 \cdot \gamma$;

45. Сопоставьте типы деформаций с их названием:

1) I;	а) поперечный сдвиг;
2) II;	б) продольный сдвиг;
3) III.	в) нормальный отрыв.

46. Значение коэффициента интенсивности напряжений K_I при увеличении длины трещины:

- а) увеличивается пропорционально длине трещины;
- б) уменьшается пропорционально длине трещины;
- в) увеличивается пропорционально корню квадратному из длины трещины;
- г) уменьшается пропорционально корню квадратному из длины трещины;
- д) увеличивается пропорционально квадрату длины трещины;
- е) уменьшается пропорционально квадрату длины трещины.

47. При реализации процесса управляемого лазерного термо-раскалывания хрупких неметаллических материалов с увеличением скорости обработки глубина трещины при неизменных всех остальных параметрах...:

- а) увеличивается;
- б) уменьшается;
- в) не изменяется.

48. При реализации процесса управляемого лазерного термо-раскалывания хрупких неметаллических материалов с уменьшением мощности лазерного излучения глубина трещины при неизменных всех остальных параметрах...:

- а) увеличивается;
- б) уменьшается;
- в) не изменяется.

49. Энергия излучения CO_2 -лазера силикатными стеклами...:

- а) поглощается в тонком поверхностном слое материала;
- б) поглощается в объеме материала;
- в) не поглощается.

50. Энергия излучения YAG-лазера силикатными стеклами...:

- а) поглощается в тонком поверхностном слое материала;
- б) поглощается в объеме материала;
- в) не поглощается.

Литература

- 1 Мачулка, Г. А. Лазерная обработка стекла / Г. А. Мачулка. – М.: Сов. радио, 1979. – 136 с.
- 2 Лазерная техника и технология: учеб. пособие для вузов: в 7 кн. / А. Г. Григорьянц, А. А. Соколов; под ред. А. Г. Григорьянца. – М.: Высш. школа, 1988. – Кн. 4: Лазерная обработка неметаллических материалов. – 191 с.
- 3 Кондратенко, В. С. Лазерное управляемое термораскалывание хрупких материалов: курс лекций / В. С. Кондратенко. – М.: МГАПИ, 2004. – 88 с.
- 4 Концевой, Ю. А. Пластичность и прочность полупроводниковых материалов и структур / Ю. А. Концевой, Ю. М. Литвинов, Э. А. Фаттхов. – М.: Радио и связь, 1982. – 240 с.
- 5 Григорьянц, А. Г. Основы лазерной обработки материалов / А. Г. Григорьянц; пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.
- 6 Дьюли, У. Лазерная технология и анализ материалов / У. Дьюли; пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 504 с.
- 7 Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов: справочник / Н. Н. Рыкалин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.

Учебное издание

**Никитюк Юрий Валерьевич,
Серда Андрей Александрович**

**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ
ЛАЗЕРНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ
ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ**

Тестовые задания

для студентов специальности
1-31-04 03 «Физическая электроника»

Редактор *В. И. Шкредова*
Корректор *В. В. Калугина*

Подписано в печать 27.12.2012. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 1,4.
Уч.- изд. л. 1,5. Тираж 25 экз. Заказ № 697.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины».
ЛИ № 02330/0549481 от 14.05.2009.
Ул. Советская, 104, 246019, г. Гомель