

**Лазерно-ультразвуковая
структуроскопия
металлов**

Принцип работы лазерно-ультразвукового дефектоскопа



Контактный лазерно-ультразвуковой метод основан на:

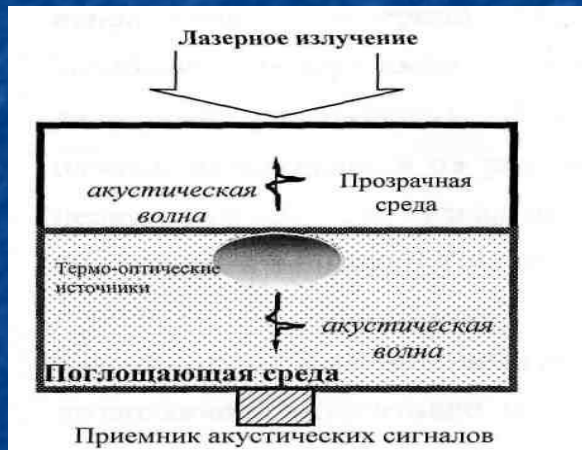
- лазерном возбуждении широкополосных акустических сигналов в специально разработанном оптико-акустическом преобразователе;
- облучение исследуемой среды этими импульсами,
- распространении акустических сигналов вглубь образца и отражении или рассеянии акустических сигналов на дефектах структуры материала;
- пьезорегистрации обратно рассеянных на дефектах акустических сигналов при помощи пьезоприемника;
- анализе зарегистрированных сигналов.

Принципиальная схема лазерно-ультразвукового дефектоскопа приведена на рисунке. Импульс лазера с модуляцией добротности и высокой частотой повторения по оптическому волокну направляется в оптико-акустический преобразователь. Там он с помощью оптической системы попадает на оптико-акустический генератор, в котором за счет термоупругого эффекта возбуждается короткий ультразвуковой импульс. Этот импульс является пробным в системе лазерно-ультразвукового контроля. Пробный импульс направляется в объект исследования, акустически соединенный с выходной поверхностью оптико-акустического преобразователя. Отраженные назад акустические сигналы попадают в оптико-акустический преобразователь и регистрируются широкополосным пьезопреобразователем. Электрический сигнал пьезопреобразователя усиливается согласующим предусилителем и направляется в систему цифровой обработки сигнала на базе персонального компьютера. Для считывания, накопления, обработки и представления сигналов используются специализированные программы.

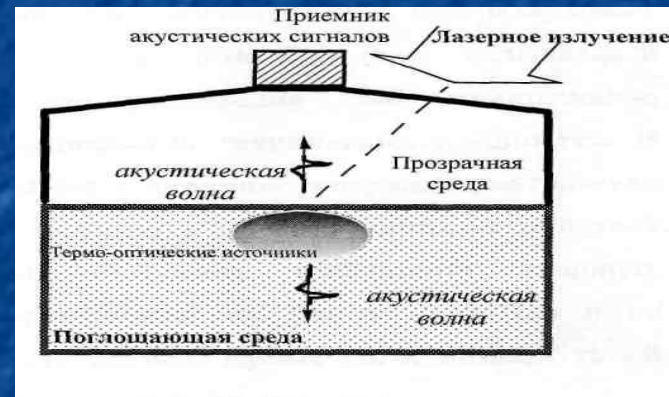
Способы регистрации лазерного ультразвукового сигнала

Как и в случае стандартной регистрации акустических волн, регистрация лазерно-возбуждаемых акустических сигналов может проходить в двух режимах. Исторически эти режимы принято называть «теньвым» и «эхо».

Схемы обоих случаев регистрации лазерно-возбуждаемых акустических сигналов приведены на рисунках «а» и «б».



(а)



(б)

Способы регистрации оптико-акустических сигналов:

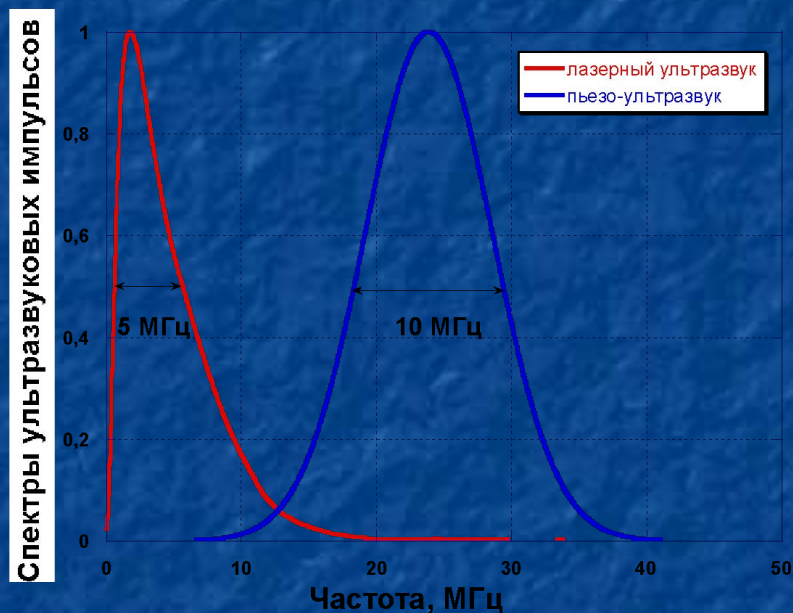
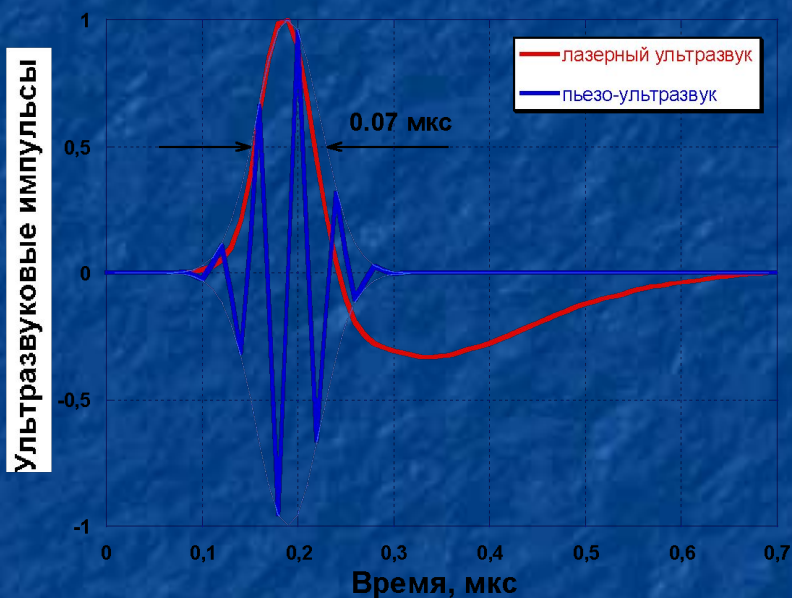
а) регистрация в режиме «на просвет»: приемник акустических сигналов и лазерное излучение расположены с противоположных сторон поглощающей среды. При этом регистрируется сигнал, прошедший через поглощающую среду.

б) регистрация в режиме «на отражение»: акустический приемник расположен с той же стороны что и лазерное излучение. Регистрируемый сигнал это акустическая волна, возникающая в поглощающей среде под действием лазерного излучения и прошедшая через прозрачную среду.

При детектировании в теньвом режиме «на просвет» (рисунок «а»), возбуждаемый под действием лазерного импульса сигнал распространяется от поглощающего слоя в глубь среды и регистрируется с противоположной стороны от облучаемой поверхности. Данный метод похож на теньвой метод в стандартной пьезорегистрации.

В эхо-режиме «на отражение», регистрация ОА-сигнала идет в прозрачной среде, т.е. с той же стороны, что и облучение. Режим «на отражение» аналогичен эхо-методу стандартного ультразвукового контроля (рисунок «б»).

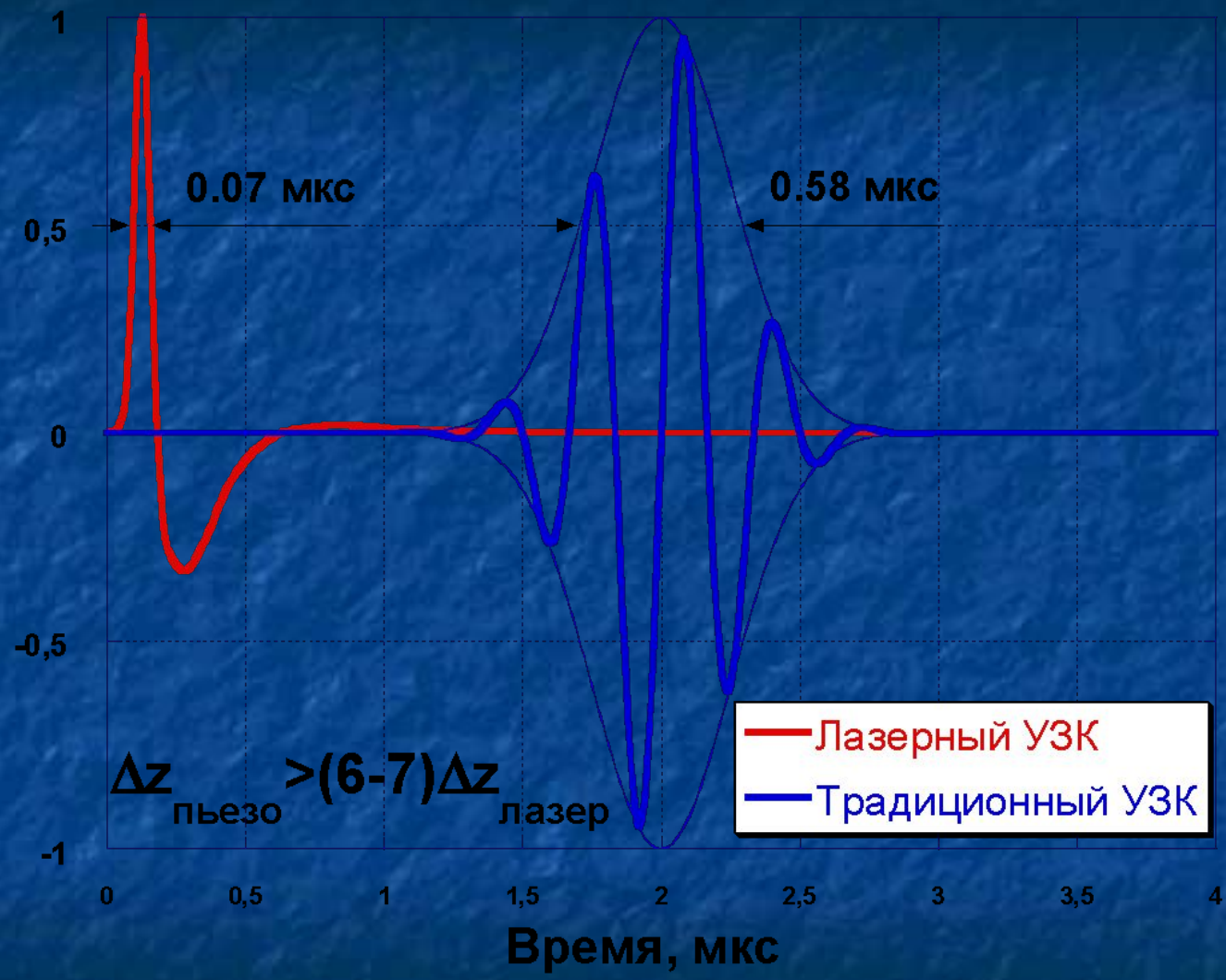
Сравнение лазерного и пьезо-ультразвука



Продольное разрешение дефектоскопа определяется длительностью УЗ импульса

При одинаковых длительностях УЗ импульсов область частот лазерного ультразвука в 5-6 раз ниже, чем для пьезо-ультразвука.

Формы ультразвуковых сигналов



Преимущества лазерно-ультразвукового метода

Преимущества лазерного ультразвукового (ЛУЗ) контроля заключаются в следующем:

- Лазерное возбуждение позволяет генерировать мощные и короткие апериодические УЗ сигналы;
- Длительность ЛУЗ импульса в несколько раз меньше, чем у пьезоэлектрического, это приводит к тому, что осевое разрешение лазерного ультразвука в несколько раз превосходит достижимое в пьезоультразвуковом контроле при тех же глубинах контроля;
- Малый диаметр УЗ пучка, что дает возможность различать дефекты меньшего размера;
- Гладкая форма зондирующего УЗ импульса;
- Сигнал сохраняет информацию о фазе, что позволяет различить жесткие и мягкие неоднородности;
- Отсутствие мертвой зоны;
- Информация о знаке коэффициента отражения ультразвука;
- Повышенное разрешение по глубине;
- Повышенная чувствительность;
- Возможность проведения дефектоскопии материалов высоким коэффициентом затухания ультразвука (графито-эпоксидные и стеклопластиковые композиты) при толщине образцов или изделий до десятков мм;
- Высокое пространственное разрешение дефектов по глубине образца или изделия (0.1-0.3 мм) при практическом отсутствии мертвой зоны;
- Возможность проведения структуроскопии и диагностики усталостных изменений материалов в процессе эксплуатации изделия.

Возможности лазерно-ультразвукового метода

- Прецизионное измерение скоростей ультразвука
 - Измерение полного набора упругих модулей твердых тел
 - Измерение остаточных напряжений и их распределений
 - Измерение толщин покрытий и слоев, коррозии
 - Определение степени полимеризации клеевых соединений, водонаполненности композитов
 - Оценка остаточного ресурса металлов и композитов
- Измерение сечения рассеяния ультразвука с высоким пространственным разрешением
 - Повышение разрешающей способности и чувствительности УЗ дефектоскопии
 - Измерение пористости и поврежденности структуры материалов
 - Оценка остаточного ресурса
 - Измерение плотности материала
- Измерение затухания ультразвука в широкой полосе частот
 - Определение размеров зерен и распределения зерен по размерам в металлах
 - Оценка остаточного ресурса композитов и металлов
 - Измерение водонаполненности композитов
 - Определение степени полимеризации