

ЛАЗЕРНЫЙ ДИОДНЫЙ ВЛАГОМЕР

Оптимизация технологических процессов в ряде отраслей требует создания эксплуатационно устойчивых средств непрерывного контроля влажности агрессивных аэродисперсных сред.

Принцип действия традиционных влагомеров требует непосредственного контакта датчиков с анализируемой средой, что приводит к загрязнению и последующему разрушению их чувствительного слоя и деградации характеристик.

Оптические методы свободны от этих недостатков. Лучшими характеристиками обладают методы лазерной абсорбционной спектроскопии с использованием полупроводниковых лазеров [1]. Для исключения влияния на погрешности непрерывного контроля влажности различных дестабилизирующих факторов разработан модифицированный корреляционный метод обработки лазерного зондирующего сигнала, который требует при применении минимума априорной информации [2].

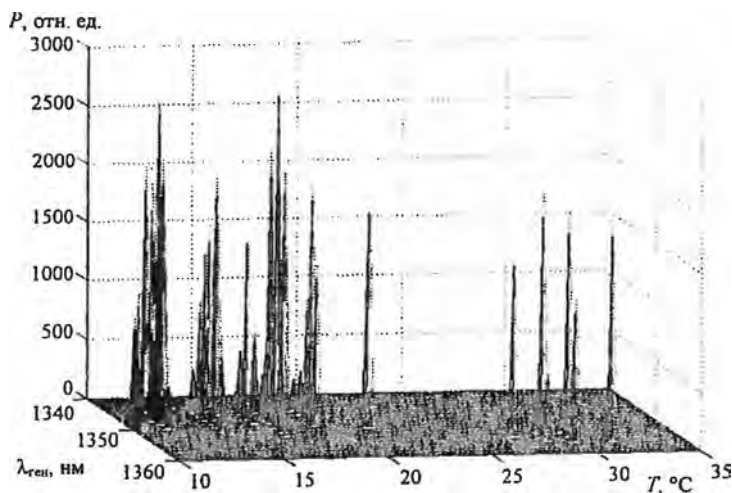


Рис. 1. Семейство спектров излучения лазерного диода ЛД-28, зафиксированны при токе инжекции $I_{\text{инж}}=30$ мА и разных температурах

Для создания лазерного измерителя влажности агрессивных аэродисперсных сред целесообразно использовать полупроводниковые лазеры с длиной волны 1,35 мкм, в области которой имеется достаточно сильная полоса поглощения молекул воды, состоящая из комбинации частот основных полос поглощения.

При макетировании лазерного измерителя влажности использовался полупроводниковый лазер ЛД-28, изготовленный в НИИ "Полус" (г Москва), со структурой РО-ДГС и подложкой *p*-типа. Проводились исследования его спектральных и ватт-амперных характеристик. На рис. 1 представлены некоторые наиболее характерные спектры излучения при токе инжекции 30 мА.

В качестве рабочего был выбран режим со следующими параметрами: ток лазера 35 мА, интегральная мощность излучения 3 мВт, температура кристалла лазера 30°C, длина волны излучения основной моды 1,3544 мкм. Выбранный режим характеризуется наличием мощной основной моды и слабо выраженным набором боковых мод с межмодовым расстоянием около 1,3 нм

Функциональная схема экспериментальной установки представлена на рис. 2. Она состоит из следующих основных узлов: блок формирования пилообразного напряжения для управления температурой холодильника Пельтье; лазерный блок (терморезистор расположен около кристалла лазера) с смонтированным в корпус холодильником Пельтье; фотоприемное устройство с усилителем сигнала от фотоприемника и синхродетектором. В блоке формирования пилообразного напря-

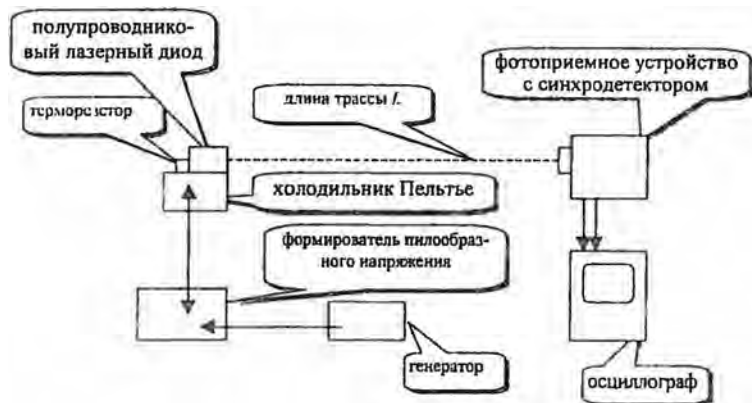


Рис. 2. Функциональная схема экспериментальной установки

жения формируется сигнал с формой меандра, используемый для накачки лазера прямоугольными импульсами длительностью около 1 мс

В качестве фотоприемника используется германиевый фотодиод с длинноволновой границей спектральной чувствительности 1,6 мкм

Для исследования погрешностей лазерного измерителя влажности, использующего модифицированный корреляционный метод, создана программа, численно моделирующая процессы, происходящие при лазерной спектроскопии аэрозольных сред.

Проводилось исследование влияния вклада боковых мод лазера на погрешность измерения парциального давления. На рис. 3 представлено семейство зависимостей относительной погрешности измерения от истинного парциального давления при различных долях вклада боковых мод в мощность излучения лазера.

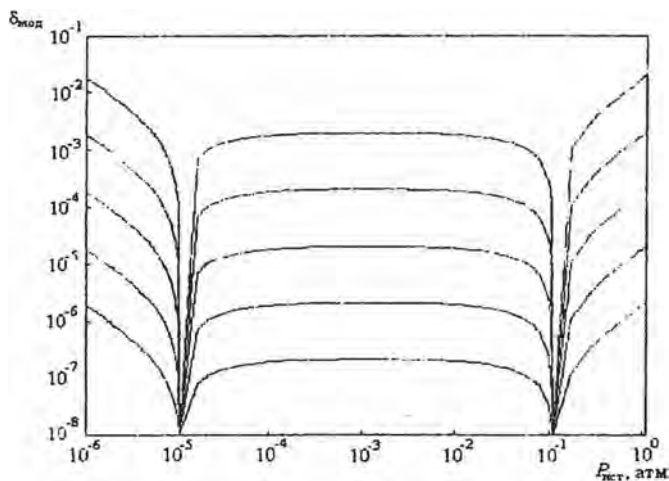


Рис. 3. Семейство зависимостей относительной погрешности измерения от истинного парциального давления при различных долях вклада m боковых мод в суммарную мощность излучения лазера

Расчеты проводились для $P_{\text{крит}1} = 0,1$ атм, $P_{\text{крит}2} = 0,00001$ атм, $L_{\text{крит}1} = L_{\text{крит}2} = L_{\text{изм}} = 1$ см. Погрешность определения калибровочных давлений не учитывалась. Как видно из рис. 3, относительная погрешность прямо пропорциональна процентному вкладу боковых мод. Резкое увеличение погрешности по краям диапазона обусловлено влиянием вклада боковых мод, резко усиливающегося при больших вели-

чинах поглощения

Для большинства применений охват всего диапазона измерения парциального давления паров воды не требуется. При сушке древесины необходимы эксплуатационно и метрологически надежные средства контроля влажности сушильного агента, влажность которого меняется менее чем на порядок [3]. Сушильный агент является агрессивной аэродисперсной средой, содержащей смолы и кислоты испаряющиеся с поверхности высушиваемой древесины, что не позволяет полноценно использовать традиционные методы определения влажности воздуха и не позволяет автоматизировать процесс сушки. Контроль относительной влажности сушильного агента происходит в диапазоне от $\varphi = 0,9$ при температуре 55°C до $\varphi = 0,3$ при температуре 100°C , что соответствует диапазону парциального давления паров воды $3 \cdot 10^{-1} - 1,4 \cdot 10^{-2}$ атм. В этом случае можно калибровать лазерный измеритель влажности с помощью двух одинаковых кювет, содержащих смесь воздуха и паров воды с разными парциальными давлениями, например, соответствующим краям заданного диапазона измерения.

Необходимо учитывать и погрешности определения влажности смеси воздуха и паров воды в калибровочных кюветах. Относительные погрешности определения влажности воздуха большинством приборов не лучше, чем 10^{-2} . Тогда суммарную погрешность определения влажности $\delta_{\text{общ}}$ необходимо находить с помощью выражения:

$$\delta_{\text{общ}} = \sqrt{\delta_{\text{кв1}}^2 + \delta_{\text{кв2}}^2},$$

где $\delta_{\text{кв1}}$ -- погрешность определения влажности смеси в калибровочной кювете.

Результаты численных расчетов погрешностей измерения лазерным влагомером влажности воздушного потока при конвективной парогазовой сушке древесины представлены на рис. 4. Предполагалось, что калибровка производится при двух значениях парциального давления паров воды ($P_{\text{кв1}} = 3 \cdot 10^{-1}$ атм, $P_{\text{кв2}} = 1,4 \cdot 10^{-2}$ атм) и длине калибровочных кювет $L_{\text{кв1}} = L_{\text{кв2}} = L_{\text{изм}} = 10$ см. Вклад боковых мод m считался равным 10 % и погрешность калибровки $\delta_{\text{кв1}}$ равной 10^{-2} .

Как видно из рисунка, погрешность измерения определяется в большей степени погрешностью калибровки и не очень отличается от значения 10^{-2} в пределах требуемого диапазона измерений, что удов-

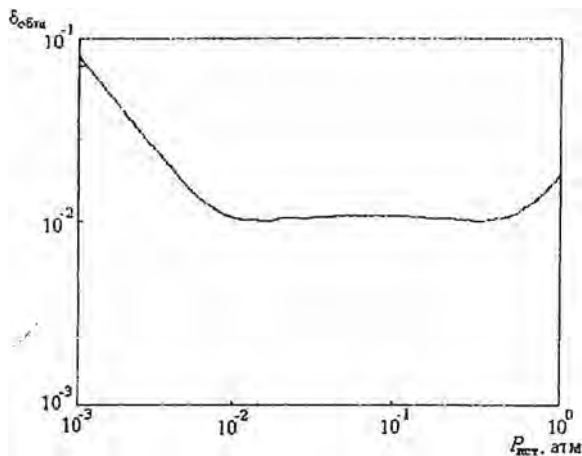


Рис. 4. Расчетная зависимость относительной погрешности измерения влажности прибором лазерного контроля влажности воздушного потока при конвективной парогазовой сушке древесины от парциального давления паров воды

летворяет требованиям к точности контроля влажности сушильного агента в парогазовых камерах сушки древесины.

Литература

1. *Надеждинский А.Н.* Диодная лазерная спектроскопия. М.: Акад. Наук СССР 1990. 247 с.
2. *Кугейко М.М., Фираго В.А.* Лазерные методы контроля компонентного состава аэродисперсных сред // ЖПС. Т. 68, № 4. 2001. С. 520–525.
3. *Справочник по сушке древесины / Под ред. Е.С. Богданова.* М.: Лесная промышленность. 1990. 303 с.