

ИЗМЕРЕНИЕ ВЕКТОРА СКОРОСТИ ЛАЗЕРНЫМ ДОППЛЕРОВСКИМ АНЕМОМЕТРОМ (ЛДА) С ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМИ ТРАКТАМИ

Известные в настоящее время ЛДА с волоконно-оптическими трактами предназначены для измерения лишь одной проекции вектора скорости [1, 2]. В работе исследуется возможность создания ЛДА, измеряющего вектор скорости.

Одномерный ЛДА, работающий в составе измерителя вектора скорости, должен обеспечивать измерение как абсолютного значе-

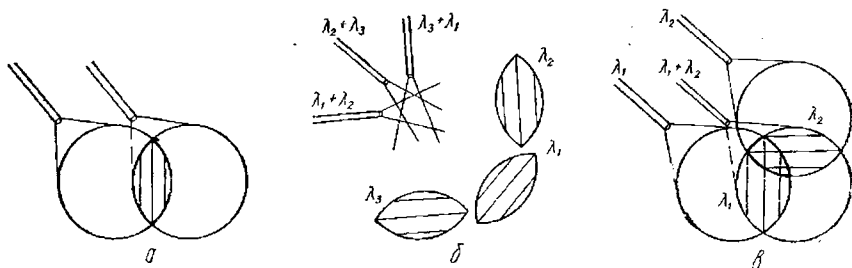


Рис. 1. Схема расположения световодов в дифференциальных схемах ЛДА и расположение максимумов в области интерференции:

a — одномерная схема ЛДА; *б* — трехмерная схема ЛДА (сечения области интерференции вынесены за ее пределы); *в* — двумерная схема ЛДА

ния, так и знака соответствующей проекции вектора скорости. Из известных схем этому требованию удовлетворяет дифференциальная схема ЛДА со сдвигом частоты в одном из оптических каналов (рис. 1, *a*). С помощью трех идентичных одномерных дифференциальных ЛДА можно создать условия для измерения значения и знака каждой из трех проекций вектора скорости. Для разделения соответствующих проекциям доплеровских сигналов наиболее эффективно, на наш взгляд, использовать спектральную селекцию.

Схема расположения световодов, реализующая вышеприведенные условия, которая может быть предложена для ЛДА, измеряющего вектор скорости, представлена на рис. 1, *б*. Оси световодов взаимно ортогональны и пересекаются в одной точке. По каждому световоду в измерительный объем подается излучение, содержащее в некоторой комбинации две из трех спектральных компонент λ_i, λ_j ($i, j=1, 2, 3$ $i \neq j$). Источниками излучения для такой схемы могут служить, например, He—Ne лазер $\lambda_1=0,63$ мкм, $\lambda_2=1,15$ мкм и He—Cd лазер $\lambda_3=0,44$ мкм, либо аргоновый лазер $\lambda_1=0,48$ мкм, $\lambda_2=0,52$ мкм и He—Ne лазер $\lambda_3=0,63$ мкм. При этом каждая система интерференционных полос имеет свой цвет, и соответствующие доплеровские сигналы окажутся разносены по оптической частоте. Различные спектральные компоненты могут быть далее разделены с помощью светофильтров и обработаны отдель-

по известным методам, например, посредством анализатора спектра.

Модельный эксперимент по измерению двух проекций вектора скорости был выполнен на установке, схема которой приведена на рис. 2. В установке использовалось излучение He—Ne лазера 1 ($\lambda_1=0,63$ мкм) и излучение He—Cd лазера 2 ($\lambda_2=0,44$ мкм). С помощью системы зеркал и линз излучение вводилось в три световода. Схема расположения излучающих торцов световодов представлена на рис. 1, в. В эксперименте измерялась скорость вращения алюминиевого диска 8. Из рассеянного диском излучения с помощью светофильтров выделялись монохроматические компоненты, каждая из которых направлялась на соответствующий фотодетектор 4 (ФЭУ-79). Сигналы с ФЭУ исследовались на анализаторах спектра 3 (СА-25). В установке использовались кварцевые градиентные световоды с диаметром сердечника 50 мкм.

Диапазон измеряемых скоростей в каждом канале составил от $v_m=1$ м/с до $v_M=10$ м/с. При этом отношение сигнал/шум в канале $\lambda_1=0,63$ мкм около 3, а в канале $\lambda_2=0,44$ мкм менее 2. Отмечено также увеличение уровня низкочастотных шумов и спектральное уширение доплеровского сигнала, причем в канале $\lambda_2=0,44$ мкм эти эффекты проявлялись сильнее. Уширение доплеровского сигнала, на наш взгляд, вызвано случайной амплитудной модуляцией, возникающей при пересечении рассеивающими центрами неоднородностей волнового фронта излучения, прошедшего многомодовый световод. Средний размер неоднородностей обратно пропорционален диаметру сердцевинки световода, что позволяет ожидать уменьшения влияния случайной амплитудной модуляции на доплеровский сигнал скорости, при переходе на работу с одномодовыми световодами.

Проведенная работа показывает перспективность лазерных доплеровских измерителей скорости на основе волоконного аналога дифференциальной схемы ЛДА. С целью повышения точностных характеристик измерителя представляется оправданным использование одномодовых и маломодовых световодов.

1. Богомолов Н. Ф., Хотяинцев С. Н., Яровой Л. К. Применение волоконных световодов в трактах ЛДИС.— В кн.: Лазерная доплеровская анемометрия и ее применение. Новосибирск, 1980, с. 13—17. 2. Патент США № 4154529, 1978.

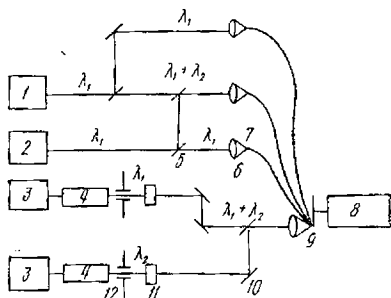


Рис. 2. Установка для модельного эксперимента по измерению двух проекций вектора скорости:

- 1 — лазер ЛГ-79; 2 — лазер ЛГ-31;
- 3 — анализатор спектра; 4 — фотоприемники; 5, 10 — системы зеркал;
- 6 — фокусирующие линзы; 7 — световоды; 8 — алюминиевый диск;
- 9 — микрообъективы; 11 — светофильтры