

хождения сигналом двойного измеряемого расстояния, n — ср. значение показателя преломления среды (обычно воздуха), в к-рой распространяется сигнал.

Идея С. была высказана А. А. Майкельсоном (А. А. Michelson), первый светодальномер был реализован А. А. Лебедевым в 1936. Большое развитие С. получила после разработки лазеров.

Величина τ может измеряться импульсными или фазовым методом. В первом случае излучение посылается короткими импульсами и измеряется непосредственно временной интервал t между излучённым сигналом $S(t)$ и принятым сигналом $S(t - \tau)$. Устанавливается критерий отсчёта начала и конца временного интервала по определённым (пороговым) параметрам импульсов, напр. по фронту импульса или энергии максимума. Этот порог должен быть достаточно высоким, чтобы превышать шумы. Собственно измерение интервала времени между посылаемым и отражённым импульсами осуществляется аналоговыми или цифровыми методами. В аналоговом измерителе временной интервал преобразуется в амплитуду напряжения. В цифровом методе интервал времени определяется по числу импульсов тактового генератора, прошедших на счётчик за этот интервал времени.

Импульсная лазерная С. при длительности импульсов излучения 20—40 нс имеет ошибку измерения неск. м. Применение систем с накоплением сигнала даёт ошибку менее 1 м. При энергии излучения в импульсе ок. 0,3 Дж достигается дальность действия по протяжённым объектам до 20 км.

Лазерная импульсная С. применяется для измерения высоты облаков, высот полёта летательных аппаратов при аэрофотосъёмке, для точного определения орбиты ИСЗ, снабжённого уголковым отражателем, и т. д.

В фазовом методе непрерывное излучение модулируется (напр., по синусоидальному закону) с высокой частотой ω и значение τ определяется по запаздыванию фазы принимаемого отражённого излучения по отношению к фазе испускаемого (опорного). Измерения проводят след. образом. На входы фазометра поступают опорный сигнал с выхода генератора синусоидальных колебаний $E_1(t) = E_{10} \sin \omega t$ и сигнал с выхода фотоприёмника (прошедший измеряемое расстояние) $E_2(t) = E_{20} \sin(\omega t - \varphi)$, где $\varphi = 2\omega d/c + \varphi_0$ (φ_0 — фазовый сдвиг, вносимый измерит. установкой). Для частот модуляции ω , соответствующая длина волны λ_m $\lambda_m > 2d$, измеренное значение φ (за вычетом фазового сдвига φ_0) однозначно определяет расстояние d . Выполнение условия $\lambda_m > 2d$ противоречит получению высокой точности на больших расстояниях, т. к. для этой цели необходимо повышать частоту модуляции. Для $\lambda_m < 2d$ следует учитывать целое число N волн модуляции, укладывающихся на интервале $2d$. При этом

$$2d = \lambda_m(N + \delta/2\pi), \quad (*)$$

где δ — разность фаз, измеряемая фазометром. Устранить неоднозначность в (*) можно использованием неск. частот модуляции — т. н. фиксированных частот. При плавном изменении частоты, напр. по линейному закону, учитывается число нулевых значений фазового сдвига на выходе фазометра при изменении частоты модуляции в заданном интервале частот от ω_{m1} до ω_{m2} .

Реальное макс. расстояние, к-рое можно измерить светодальномером, зависит от дальности действия прибора, определяемой как расстояние, на к-ром мощность принимаемого сигнала равна пороговому значению. Пороговая чувствительность определяется заданной ошибкой (или точностью) измерения временного интервала или разности фаз и способом регистрации сигнала и может быть рассчитана для каждой конкретной дальномерной системы.

Наличие атмосферы приводит к ослаблению и рассеиванию оптич. излучения, что уменьшает дальность действия и понижает точность измерений. Кроме того, атмосфера уменьшает скорость распространения эл.-магн. волн по сравнению с вакуумом, поскольку для оптич. диапазона показатель преломления воздуха в каждой точке является ф-цией длины волны излучения, темп-ры среды, давления и влажности. Это существенно ограничивает точность светодальномерных измерений. Скорость распространения оптич. излучения в атмосфере $\langle v \rangle = c/\langle n \rangle$, где $\langle n \rangle$ — среднеинтегральный показатель преломления:

$$\langle n \rangle = d^{-1} \int_0^d n(x) dx.$$

Для определения $\langle n \rangle$ необходимо измерить метеопараметры в достаточно большом кол-ве отд. точек. Точность измерения можно повысить с помощью дисперсионного метода, в к-ром измеряются не метеопараметры, а разность оптич. путей для двух разл. длин волн света, зависящая от $\langle n \rangle$. Двухволновый дисперсионный метод по измерениям в конечных точках может обеспечить точность $\langle n \rangle$ до 10^{-7} .

Учитывая все источники ошибок и принимая во внимание повышение инструментальной точности за счёт многократных измерений, результирующую ошибку измерений расстояний совр. светодальномерами с частотами модуляции до неск. десятков МГц можно довести до величины $m_d = \pm[(3 \div 10) + 1 \cdot 10^{-6}d]$ мм. В прецизионных светодальномерах, где применяются частоты модуляции в сотни МГц, инструментальная ошибка составляет доли мм.

Фазовая С. применяется для бесконтактного измерения расстояний, в основном в топографо-геодезич. работах, в гляциологии, при измерении крупногабаритных деталей в машиностроении, при измерении и юстировке профиля радиотелескопов и др. Дифференцирование данных о расстоянии до объекта как в фазовой, так и в импульсной С. позволяет получить значение радиальной скорости его перемещений (светодальномерные системы стыковки в космосе).

Развивается новое направление С. — лазерная профилометрия, к-рая на основе непрерывного измерения расстояния позволяет осуществлять автоматич. детальную регистрацию профиля разл. объектов, в т. ч. профиля земной поверхности. Светодальномерный профилометр применим для автономного ориентирования планетоходов.

Лит.: Вафиади В. Г., Попов Ю. В., Скорость света и ее значение в науке и технике, Минск, 1970; Волковский В. В., Яковлев В. В., Высокооточные лазерные светодальномеры для геофизики, гидротехники и машиностроения, «Труды ГОИ», 1985, т. 58, в. 192, с. 217; Радиогодезические и электрооптические измерения, М., 1985; Мусьяков М. П., Миценко Н. Д., Оптико-электронные системы ближней дальнометрии, М., 1991. Ю. В. Попов, В. В. Волковский.

СВЕТОДИОД — полупроводниковый диод, излучающий свет при пропускании тока через $p-n$ -переход в прямом направлении. Физ. основу работы С. составляют процессы инжекции неосновных носителей заряда в активную область $p-n$ -структуры и излучат. рекомбинации инжектиров. носителей (см. Рекомбинация носителей заряда).

С. включает в себя активный элемент из полупроводникового монокристалла, в основном в виде кубика («чипа»), содержащего $p-n$ -переход или гетеропереход и омич. контакты. Типичные размеры чипа: $0,3 \times 0,3 \times 0,25$ мм. С. содержит также элементы конструкции, предназначенные для сбора излучения, повышения внеш. оптич. эффективности и формирования необходимой диаграммы направленности излучения. С. может иметь два чипа с разл. цветами свечения или один чип с двумя $p-n$ -переходами, излучающими в двух спектральных полосах. В этом случае возможно управление цветом свечения. С. может содержать также резистор или микросхему, позволяющие управлять питающим напряжением С. (см. Интегральная схема, Микроэлектроника). С. могут иметь усложнённую кон-