

Д. т. н. Л. Ф. ВИКУЛИНА, В. А. МИНГАЛЁВ

Дата поступления в редакцию
23.01 2003 г.

Украина, г. Одесса, Академия связи Украины, СКБ "Молния"
E-mail: phys@usat.ukrtel.net

Оппонент д. ф.-м. н. Ш. Д. КУРМАШЕВ
(ОНУ им. И. И. Мечникова, г. Одесса)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА ЛУЧА С ПОМОЩЬЮ ФОТОПРИЕМНИКА

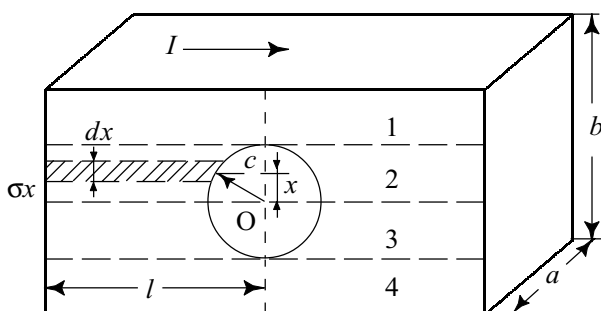
Предлагается метод определения диаметра луча света по формуле, связывающей измеряемое сопротивление фотоприемника с диаметром освещаемой площадки.

Фотоприемники могут выполнять множество функций, в том числе они давно используются для определения площадей различных предметов [1, 2]. Метод заключается в размещении на матовом стекле, расположенном между источником света и фотоприемником, непрозрачного предмета. В зависимости от площади предмета меняется интенсивность света, попадающего в фотоприемник, что и служит основой измерения.

Однако таким способом нельзя измерить диаметр луча света, поскольку ток фотоприемника в этом случае одновременно зависит от интенсивности света, диаметра луча и т. д. Вместе с тем задача измерения диаметра луча малых размеров особенно актуальна при фокусировке лазеров невидимого излучения.

Нами разработан способ определения диаметра луча света с использованием фоторезистора любого типа. Если диаметр луча света, направленного на световую площадку фоторезистора, меньше размеров этой площадки, то при изменении диаметра меняется площадь освещаемого участка фоторезистора, что приводит к изменению его тока. Возможность определения диаметра луча таким образом очевидна, однако для ее практической реализации необходимо получить математическую зависимость сопротивления фоторезистора от диаметра луча света.

На рисунке показана схема расчета сопротивления фоторезистора. В середине резистора находится световое пятно от луча света радиусом r . Фоторезис-



Структура фоторезистора для расчета

тор можно разбить на две симметричных части (левую и правую) с проводимостями $\sigma_l = \sigma_n$. В свою очередь, каждую половину разобьем на четыре части с проводимостями

$$\sigma_l = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4. \quad (1)$$

Проводимости прямоугольных участков σ_1 и σ_4 вычисляются по простой формуле

$$\sigma_1 = \sigma_4 = \frac{a(0,5b - r)}{0,5\rho l} = \frac{a(b - 2r)}{\rho l}, \quad (2)$$

где ρ — удельное сопротивление материала фоторезистора.

Проводимости $\sigma_2 = \sigma_3$ вычисляем интегрированием.

Выделим в области 2 тонкую область шириной dx на расстоянии x от центра освещенного круга. Ее проводимость

$$\sigma_x = \frac{a \cdot dx}{\rho(0,5l - c)} = \frac{a \cdot dx}{\rho(0,5l - \sqrt{r^2 - x^2})}, \quad (3)$$

где $c^2 = r^2 - x^2$.

Так как $\sigma_2 = \int_0^r \sigma_x dx$, то

$$\sigma_2 = \int_0^r \frac{a \cdot dx}{\rho(0,5l - \sqrt{r^2 - x^2})} = \frac{2ar}{\rho l} \left(1 + \frac{\pi r}{2l} + \frac{8r^2}{3l^2} \right). \quad (4)$$

Используя (2) и (4), проводимость левой части (1) запишем в виде

$$\sigma_l = \frac{2ab}{\rho l} \left(1 + \frac{\pi r^2}{bl} + \frac{16}{3} \frac{r^3}{bl^2} \right).$$

Так как диаметр $d = 2r$, то общее сопротивление фоторезистора

$$R = \frac{1}{\sigma_l} + \frac{1}{\sigma_n} = \frac{R_0}{1 + \frac{\pi d^2}{4bl} + \frac{2d^3}{3bl^2}}, \quad (5)$$

где $R_0 = \rho l / (ab)$ — темновое сопротивление фоторезистора, когда $d = 0$.

Формула (5) получена при следующих упрощениях.

Во-первых, считаем, что сопротивление освещенной части много меньше сопротивления неосвещенной, и первой пренебрегаем. Поскольку способ

предназначен для определения диаметра луча лазера, интенсивность которого достаточно велика, то концентрация носителей в освещенной части много больше, чем в неосвещенной части, и упрощение обосновано (фоторезистор из высокоомного материала). Следовательно, формулой (5) можно пользоваться, если поток излучения выше определенной минимальной величины Φ_0 , при которой концентрация носителей в освещенной части фоторезистора на порядок выше, чем в неосвещенной.

Во-вторых, расчет проведен в предположении, что линии тока от левого контакта к правому представляют собой прямые параллельные линии. Однако линии тока в центральной части фоторезистора будут искривляться в сторону освещенного пятна, представляющего собой (с учетом сказанного выше) эквипотенциальную поверхность, поэтому для каждого конкретного фоторезистора необходима корректировка теоретической величины R (для оптимального d) с экспериментальной.

В-третьих, при больших величинах длины диффузионного смещения неосновных носителей L область, где генерируются носители, будет расплываться под действием диффузии, и ее диаметр не будет соответствовать диаметру светового пятна. Поэтому необходимо использовать материал с малым значением L , например сульфид кадмия, в котором L порядка 10 мкм.

Опытная проверка способа осуществлялась с использованием фоторезистора типа ФСК-1. Размеры его световой площадки составляли 4×4 мм. При таких размерах темновое сопротивление равно 2,48 МОм. При освещении лучом с $d=2$ мм от лазера ЛГ-78 (красный свет) сопротивление уменьшалось до 1,9 МОм. При указанном диаметре определенное по (5) сопротивление равно 1,93 МОм. Достаточно хорошее совпадение рассчитанного и экспериментального значения R (в пределах ошиб-

ки, определяемой классом точности используемых приборов) показывает, что величина d , действительно, может быть определена из (5) по экспериментальному значению R . При уменьшении диаметра луча до 1 мм значение R составляет 2,3 МОм, что также находится в удовлетворительном соответствии с формулой (5).

На практике определение диаметра луча света производится следующим образом. При отсутствии света измеряется темновое сопротивление фоторезистора R_0 . Затем на фоторезистор направляется луч такой интенсивности, чтобы при ее уменьшении в два раза (например фильтром) величина R не изменялась, что свидетельствует о том, что поток излучения выше Φ_0 . После этого измеряется сопротивление R . Зная размеры фоточувствительной площадки, диаметр луча рассчитывается по формуле (5).

Для убыстрения процесса измерения (при известных b , l и R_0 для конкретного фоторезистора) строится график зависимости $R=f(d)$, откуда легко определить d по измеренной величине R . Следует отметить, что величина R не зависит от положения светового пятна на фоторезисторе (т. е. при измерении луч не обязательно направлять в центр фотоприемной площадки), что упрощает процесс измерения.

Очевидными предельными ограничениями метода является то, что размеры чувствительной площадки фоторезистора должны быть больше диаметра луча, а интенсивность луча не должна превышать значения, при котором происходит заметный нагрев фоторезистора.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Литвак В. И. Фотоэлектрические приборы и регуляторы в машиностроении.— М.: Машгиз, 1962.
2. Свечников С. В., Смовж А. К., Каганович Э. Б. Фотопотенциометры и функциональные фоторезисторы.— М.: Сов. радио, 1978.

К. т. н. М. Д. СКУБИЛИН

Россия, Таганрогский радиотехнический университет
E-mail: scubilin@hotmail.ru

Дата поступления в редакцию
18.03 2003 г.

Оппонент к. т. н. В. Г. КАБАРУХИН
(ТИУиЭ, г. Таганрог)

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ МАССЫ (ВЕСА) ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

Может найти применение в контроле массы (веса) транспортных средств в неподвижном или движущемся состоянии.

Измерение массы (веса) движущихся объектов и, в особенности, объектов со значительными габаритно-весовыми характеристиками затруднено в силу ограниченности функциональных возможностей известной весоизмерительной техники, ее значительной инерционности и погрешности, вносимой в условиях сейсмической нестабильности.

Вместе с тем масса (вес) транспортных средств существенно влияет на их маневренность, а в конеч-

ном итоге и на безаварийность на транспорте и, особенно, в авиации. В последнее время участились случаи возникновения нештатных ситуаций на судах транспортной авиации, чему причин более чем достаточно.

Известны способы измерения веса (массы) объектов с применением рычажных, пружинных, тензометрических, пьезоэлектрических и магнитоанизотропных средств, предполагающие механическое воздействие на чувствительные элементы, на датчики систем весоизмерения. Но эти способы и средства громоздки и не лишены существенных недостатков. В частности, они не позволяют дистанционно и в движении оценить массу (вес) объектов.