

формула (30) является сверткой истинной корреляционной функции и плотности вероятности случайной задержки Δ , где переменная сдвига τ фигурирует как параметр. Из нее видно, что разброс начал отсчета действует на измеряемую корреляционную функцию подобно сглаживающему фильтру. Это сглаживание тем сильнее, чем, с одной стороны, $f(\delta)$ больше отличается от дельта-функции, т. е. чем больше разброс, а с другой — чем сильнее нестационарность процессов, так как сглаживание происходит именно вдоль текущего времени корреляционной функции.

Отсюда следует один полезный вывод. Обычно, когда имеют дело с корреляционными функциями нестационарных процессов, из-за громоздкости чисто табличного или графического их представления стараются хотя бы частично отобразить их в аналитическом виде. Одно из таких полуаналитических представлений имеет вид

$$R(t, \tau) \cong D(t) \rho(\tau), \quad (31)$$

где $D(t)$ — текущая дисперсия, задаваемая графически; $\rho(\tau)$ — нормированная текущая корреляционная функция, задаваемая аналитически. Иными словами, нестационарность как бы «выносят» в дисперсию, а коэффициент корреляции между равноотстоящими значениями процесса полагают постоянным, не зависящим от текущего времени. В этом случае достаточно скорректировать текущую дисперсию в соответствии с интегральным уравнением

$$D_{\xi\xi}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\delta) D_{xx}(t - \delta) d\delta. \quad (32)$$

В остальных случаях необходимо корректировать несколько сечений корреляционной функции в соответствии с уравнением (19).

*Поступило в редакцию
25 сентября 1965 г.,
окончательный вариант —
13 октября 1965 г.*

УДК 621.317.326+531.768

*М. И. СУББОТИН
(Москва)*

ОБ ИЗМЕРЕНИИ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСА УСКОРЕНИЯ

При измерении импульсных ускорений часто можно определять не всю форму действующего импульса, а лишь несколько параметров, характеризующих ее и достаточных для многих практических приложений. Измерения подобного рода особенно целесообразны, если результаты необходимо передавать по каналу связи, так как объем передаваемой информации гораздо меньше, чем при прямом измерении формы с обработкой сигнала в месте приема.

Практика показывает, что в случае более или менее гладких импульсов можно ограничиться измерением максимального значения и длительности (или времени нарастания). Обычно асимметрия импульсов не настолько велика, чтобы вводить дополнительный параметр асимметрии, усложняющий измерения. Однако импульс ускорения редко бывает гладким; обычно на него наложены собственные колебания элементов конструкции, вызванные этим импульсом (рис. 1). Немонотонный характер импульса обуславливает некоторую неопределенность и недостаточность упомянутых параметров. Например, неясно, что считать длительностью фронта — t_1 или время нарастания до a_m . Сравнительно узкий выброс, достигающий a_m , тоже мало характеризует измеряемый импульс, особенно если для экспериментатора важно выделить медленную часть про-

процесса, в которой сосредоточена основная энергия. Основным процессом $a_{осн}$ можно считать медленно меняющийся ($a_{осн} < a$ во всех точках) импульс, длительность и площадь которого равны соответствующим параметрам реального импульса (см. рис. 1). Основной процесс иногда возможно выделить с помощью фильтра нижних частот, но при небольшом различии между длительностью импульса и периодом наложенных колебаний (в 2—4 раза) фильтр либо будет неэффективным, либо недопустимо исказит основной процесс. В последнем случае единственный выход — измерять среднее значение импульса

$$a_{ср} = \frac{1}{T} \int_0^T a(t) dt \equiv \frac{I(T)}{T},$$

как это предложено А. Дорнигом [1]. По нашему мнению, технически проще измерять раздельно T и $I(T)$, производя деление в месте приема сигнала. От измерения времени нарастания основного процесса t_0 приходится отказываться, так как это возможно лишь при запоминании сигнала и периодическом повторении его для соответствующей обработки.

По измеренным T и $I(T)$ можно приближенно найти и пиковое значение a_0 основного процесса. Реальные формы неосложненных импульсов ускорения близки к полусинусоиде или точнее — к кривой вида $\sin^{3/2} t$. Аппроксимируя основной процесс импульсом

$$a_0 \sin^{3/2} \frac{\pi t}{T} \quad (0 < t < T),$$

получим

$$a_0 \approx \frac{a_{ср}}{1,83 \pi} \approx 0,175 \frac{I(T)}{T}.$$

Ошибка такого определения a_0 сравнительно невелика даже при больших отклонениях формы импульса от принятой. Если реальный импульс окажется полусинусоидой или треугольником со скругленной вершиной (можно считать эти случаи крайними), погрешность не превысит $\pm 10\%$.

Вместе с тем полезную информацию дает и измерение максимального значения импульса a_m . Значительное отклонение a_m от a_0 укажет на наличие колебаний и позволит оценить их интенсивность. Таким образом, определяются три параметра, подлежащие измерению.

Переходя к схемным решениям, заметим, что из известных приборов для измерения максимальных значений импульсов напряжения только один [2] дает возможность измерять $I(T)$ и T . Схема его сравнительно проста, информация выдается в дискретном виде. Для выполнения указанной программы прибор нужно дополнить каналом измерения a_m (рис. 2). Измеряемый импульс после усиления заряжает конденсатор C через катодный повторитель и диод, причем постоянная времени заряда равна 5 мсек, а постоянная времени разряда — 25 мсек. Поэтому во время импульса конденсатор практически может только заряжаться, и напряжение на нем после достижения уровня, соответствующего a_m , сохраняется постоянным. Анодный ток L_3 повторяет форму напряжения на C . При переходе входного напряжения через нуль на защитную сетку L_3 подается отрицательное напряжение, и анодный ток резко падает. Последующие каскады подобны рассмотренным в [2] (лампы $L_{76}—L_9$).

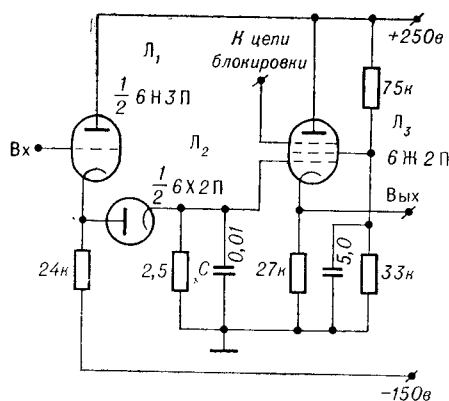


Рис. 2.

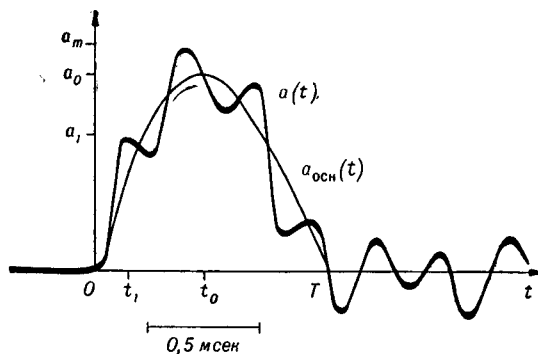


Рис. 1.

Легко заметить, что в случае колебаний большой интенсивности сигнал об окончании импульса может быть подан слишком рано, но это возможно сравнительно редко. Схемы подобного рода можно выполнить на транзисторах, хотя это и приведет к некоторым осложнениям, в частности, к применению счетных декад.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Дорниг. Об измерении ускорений, возникающих при ударе.— Механика, 1959, № 4(56).
2. М. И. Субботин. Прибор для измерения ударных ускорений.— Передовой научно-технический и производственный опыт. М., ЦИТЭИ, 1962, № П-62-18/4.

Поступило в редакцию
18 августа 1965 г.

УДК 621.315.592+538.54

В. С. СОБОЛЕВ, Ю. Д. ШМУРАТКО
(Новосибирск)

УСТАНОВКА ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ*

Современная техника полупроводников остро нуждается в бесконтактных и производительных методах измерения электропроводности материалов. Применяемые для этих целей зондовые методы трудоемки и громоздки. Кроме того, для ряда перспективных материалов, например, для арсенида галлия, они вообще не применимы из-за больших контактных сопротивлений зонд-образца.

Нами разработана установка, при использовании которой не требуется электрического контакта с поверхностью измеряемого полупроводника, так как измерение осуществляется методом вихревых токов [1]. Установка предназначена для измерения электропроводности образцов, имеющих хотя бы одну плоскую поверхность. Основной ее частью [2] является датчик, представляющий собой короткозамкнутую коаксиальную линию 1 со щелью 3, прорезанной в наружной стенке линии и короткозамыкающей шайбе 2 (рис. 1). В щель вводится резонансный контур, образованный специальным витком 4 и емкостью С. Датчик питается от генератора качающейся частоты. Как видно из рис. 1, контур оказывается индуктивно связанным с обеими короткозамкнутыми линиями. Таким образом, при воздействии на вход датчика частотно-модулированного сигнала напряжение на его выходе будет модулировано по амплитуде. Огибающая выходного напряжения повторяет форму резонансной кривой контура. Детектируя выходное напряжение и подавая полученный сигнал на вертикальные пластины

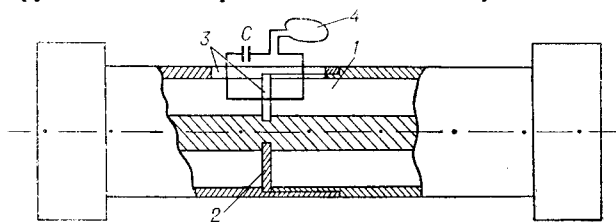


Рис. 1.

осциллографа, на экране последнего можно наблюдать резонансную кривую контура. Развертка осциллографа синхронизирована с частотой модуляции генератора, питающего датчик. Если генератор качающейся частоты снабжен кварцевым калибратором частоты, то по наблюдаемой резонансной кривой можно легко определить резонансную частоту и добротность контура. Если в поле витка внести полупроводниковый образец то за счет наводимых в последнем вихревых токов в резонансный контур вносится некоторое сопротивление. Величина внесенного сопротивления легко определяется по наблюдаемому изменению резонансной частоты и добротности контура.

* Материал доложен на VII Всесоюзной конференции по автоматическому контролю и методам электрических измерений в сентябре 1965 г. в Новосибирске.