

УДК 621.317: 621.3.08

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ  
АДАПТИВНОГО СПОСОБА ИЗМЕРЕНИЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ**

Е.А.Ермоленко, А.Ф.Бондаренко, А.Н.Баранов

Донбасский государственный технический университет, пр. Ленина, 16, г. Алчевск, 94204, Украина.

*Для реализации адаптивного импульсного способа измерения вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов получена математическая зависимость длительности пауз, которые следуют за измерительными импульсами, от мощности и длительности этих импульсов. Использование полученного математического выражения при формировании параметров импульсной последовательности позволяет уменьшить накопление тепла в структуре полупроводникового прибора в процессе измерения вольт-амперной характеристики, что способствует повышению точности измерения. Библ. 2, рис. 2.*

**Ключевые слова:** полупроводниковый прибор, тепловая модель, вольт-амперная характеристика, адаптивный импульсный способ измерения.

Непрерывное развитие электронной техники, необходимость обеспечения высоких характеристик преобразовательных устройств требует от разработчиков более ответственного подхода к выбору элементной базы для их реализации. Так, например, при параллельном соединении транзисторов в преобразователях различных типов подбор полупроводниковых приборов с малым разбросом параметров позволяет исключить из схемы токовыравнивающие элементы, что немаловажно при существующей тенденции миниатюризации аппаратуры. Модульный подход, который подразумевает построение преобразователей в виде унифицированных блоков, также требует тщательного подбора элементов с максимально близкими параметрами.

Решение задачи подбора параметров полупроводниковых приборов и диагностики их состояния связано с использованием измерительных устройств высокой точности. Особый интерес представляет такой класс измерительных устройств как характеристикиграфы, которые позволяют получить наиболее полную информацию об электрических параметрах исследуемого прибора в виде вольт-амперной характеристики (ВАХ).

Известно, что существенное влияние на точность измерения ВАХ оказывают параметры электрических сигналов, воздействующих на полупроводниковый прибор (ПП) в процессе измерения. В частности, продолжительное воздействие измерительных сигналов на ПП может привести к накоплению тепла в его структуре вследствие явления саморазогрева. С точки зрения снижения температурного влияния на точность снятия ВАХ наиболее эффективными способами измерения являются импульсные. Однако наибольшая точность измерения при использовании импульсных способов может быть достигнута при правильном выборе параметров измерительной импульсной последовательности.

В работе [1] авторами предложен автоматизированный способ измерения ВАХ, который состоит в адаптивном формировании параметров последовательности воздействующих импульсов с учетом быстрогодействия исследуемого ПП и его тепловых свойств. Согласно предложенному способу длительность паузы, следующей за измерительным импульсом, в процессе снятия ВАХ должна варьироваться: чем больше мощность и длительность воздействующего импульса, тем сильнее нагревается ПП и тем больше времени необходимо для его остывания (рис. 1). В данной работе авторами поставлена задача нахождения математической зависимости времени паузы, необходимой для остывания прибора, от мощности и длительности воздействующего измерительного импульса  $t_n = f(P, t_{умн})$ .

Для решения поставленной задачи была использована тепловая математическая модель ПП [2]. Согласно этой модели после нагрева, вызванного действием приложенного импульса, процесс остывания области переход-корпус внутри ПП описывается выражением

$$\theta_n(t) = P \cdot R_{thjc} \cdot \left(1 - \exp(-t_{умн} / T_{thjc})\right) \exp(-t / T_{thjc}), \quad 0 \leq t \leq t_n, \quad (1)$$

где  $\theta_n$  – температура внутри ПП на интервале паузы;  $P$  – мощность воздействующего импульса;  $t_{умн}$  – длительность воздействующего импульса;  $R_{thjc}$  – тепловое сопротивление переход-корпус ПП, зависящее от  $t_{умн}$ ;  $T_{thjc}$  – тепловая постоянная времени переход-корпус, равная произведению теплового сопротивления  $R_{thjc}$  и теплоемкости  $C_{th}$  полупроводниковой структуры.

Согласно выражению (1) остывание ПП происходит по экспоненциальному закону. Следовательно, для определения времени остывания необходимо задаться пороговым значением температуры  $\varepsilon$ , при достижении которого ПП можно считать остывшим (рис. 1). Тогда требуемая длительность паузы  $t_n$  будет равна времени, за которое температура ПП после действия импульса понизится до величины  $\varepsilon$ . С учетом этого, подставив в левую часть выражения (1) температуру  $\varepsilon$  и выразив время  $t_n$ , получим искомую зависимость  $t_n = f(P, t_{умн})$

$$t_n(P, t_{умн}) = \begin{cases} T_{thjc} \ln \left[ \varepsilon^{-1} P R_{thjc} \left(1 - \exp(-t_{умн} / T_{thjc})\right) \right], & P R_{thjc} \left(1 - \exp(-t_{умн} / T_{thjc})\right) > \varepsilon \\ 0, & P R_{thjc} \left(1 - \exp(-t_{умн} / T_{thjc})\right) \leq \varepsilon \end{cases} \quad (2)$$

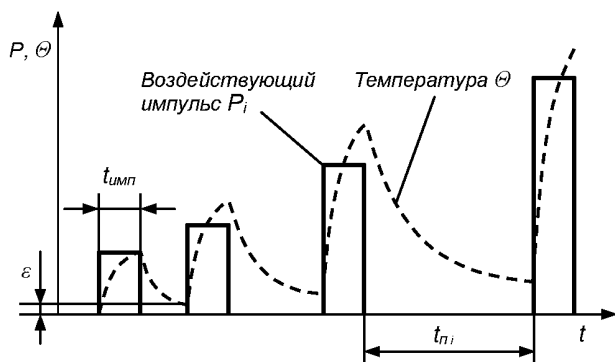


Рис. 1

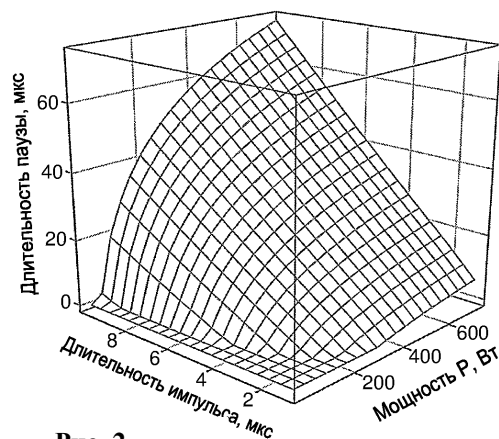


Рис. 2

С целью иллюстрации характера полученной зависимости в качестве примера были проведены расчеты для силового транзистора IRF2804, результаты которых графически показаны на рис. 2.

Таким образом, получено математическое выражение, устанавливающее зависимость длительности паузы от мощности и длительности измерительного импульса, воздействующего на полупроводниковый прибор. Использование этого выражения при формировании параметров импульсной последовательности позволяет уменьшить накопление тепла в структуре полупроводникового прибора в процессе измерения вольт-амперных характеристик, что способствует повышению точности измерения.

1. Бондаренко А.Ф., Ермоленко Е.А. Способ автоматизированного снятия вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов // Техн. электродинамика. Тем. выпуск "Проблеми сучасної електротехніки". – 2010. – Ч. 2. – С. 126–129.

2. Давидов П.Д. Анализ и расчет тепловых режимов полупроводниковых приборов. – Москва: Энергия, 1967. – 144 с.

УДК 621.317: 621.3.08

**ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ІМПУЛЬСНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ДЛЯ АДАПТИВНОГО СПОСОБУ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПРИБЛІДІВ**

Єрмоленко Є.А., Бондаренко А.Ф., Баранов А.Н.,

Донбаський державний технічний університет, пр. Леніна, 16, Алчевськ, 94204.

*Для реалізації адаптивного імпульсного способу вимірювання вольт-амперних характеристик напівпровідникових приладів отримано математичну залежність тривалості пауз, які настають за вимірюваними імпульсами, від потужності та тривалості імпульсів. Використання отриманого математичного виразу при формуванні параметрів імпульсної послідовності дозволяє зменшити накопичення тепла в структурі напівпровідникового приладу у процесі вимірювання вольт-амперної характеристики, що сприяє підвищенню точності вимірювання. Бібл. 2, рис. 2.*

**Ключові слова:** напівпровідниковий прилад, теплова модель, вольт-амперна характеристика, адаптивний імпульсний спосіб вимірювання.

**DETERMINING PARAMETERS OF PULSE SEQUENCE FOR ADAPTIVE METHOD OF SEMICONDUCTOR DEVICES CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS MEASURING**

Ye.A. Yermolenko, A.F. Bondarenko, A.N. Baranov,

Donbas State Technical University, Lenin ave., 16, Alchevsk, 94204, Ukraine.

*To implement the adaptive pulse method for measuring the current-voltage characteristics of semiconductor devices the mathematical relation between the duration of pauses that follow the measuring pulses and the power and duration of these pulses is obtained. The use of obtained mathematical formula for specifying parameters of pulse sequence allows to reduce the accumulation of heat in the structure of semiconductor device during the process of measuring the current-voltage characteristics, thereby improving measuring accuracy. References 2, figures 2.*

**Key words:** semiconductor device, thermal model, current-voltage characteristic, adaptive pulse measurement method.

1. Bondarenko A.F., Yermolenko Ye.A. The method of automatic measurement of current-voltage characteristics of semiconductor devices // Tekhnichna elektrodynamika. Tematychnyi vypusk "Problemy suchasnoi elektrotehniky". – 2010. – Vol. 2. – Pp. 126–129. (Rus)

2. Davidov P.D. Analysis and calculation of thermal modes of semiconductor devices.— Moskva: Enerhiia, 1967. – 144 p. (Rus)

Надійшла 03.01.2012

Received 03.01.2012