

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОТОПРОВОДИМОСТИ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ ТЕЛ НА ЧАСТОТЕ 10^{10} ГЦ

В. И. МАМАТЮК, С. И. РУКОЛЕЕВ

(Представлена научным семинаром кафедры радиационной химии ХТФ)

Исследования фотоэлектрических свойств твердых тел методами СВЧ получили распространение сравнительно недавно, в основном в последнее десятилетие. В некоторых случаях они имеют ряд преимуществ перед методами измерений на постоянном токе и на низких частотах. На сверхвысоких частотах объемные свойства обладают рядом особенностей, поскольку период колебаний СВЧ имеет тот же порядок, что и время жизни носителей тока и времена релаксации некоторых видов поляризации. Эти особенности дают возможность получить дополнительные сведения о свойствах твердых тел [1]. Кроме того СВЧ методы обладают тем преимуществом, что образцы не требуют контактов, которые иногда изменяют свойства образцов.

В данной статье описана установка для исследования твердых тел на частоте 10000 мгц. Применение автоматической подстройки частоты по рабочему резонатору позволяет исключить влияние фотодиэлектрического эффекта при измерении фотопроводимости, а синхронное детектирование сигнала позволяет увеличить чувствительность установки по сравнению с другими подобного типа установками [2, 3].

В работе [4] для подобных измерений использовался радиоспектрограф электронного парамагнитного резонанса с болометрическим датчиком. Большая стоимость и конструктивные особенности делают нецелесообразным использование его в подобных исследованиях. Кроме того, при регистрации модулированного сигнала фотопроводимости, чувствительность болометрических датчиков снижается из-за их инерционности.

Блок-схема установки приведена на рис. 1. СВЧ колебания от клистронного генератора ГС-624М [1] через ферритовый вентиль [2] и трансформатор [3] поступают в цилиндрический измерительный резонатор [4], возбуждаемый через отверстие связи на волне типа E_{010} . Генератор ГС-624М позволяет перекрыть диапазон частот от 7700 до 10300 мгц и включить систему автоматической подстройки частоты. Ферритовый вентиль с ослаблением 0,5 дб в прямом и 20 дб в обратном направлении, а также двухнаправленные ослабители (аттенюаторы) на выходе генератора исключают влияние нагрузки на генератор СВЧ.

Согласование резонатора с волноводным трактом до величин КСВН, равных 1,1—1,3, достигается при помощи трансформатора полных сопротивлений. Применение резонатора, возбуждаемого на волне

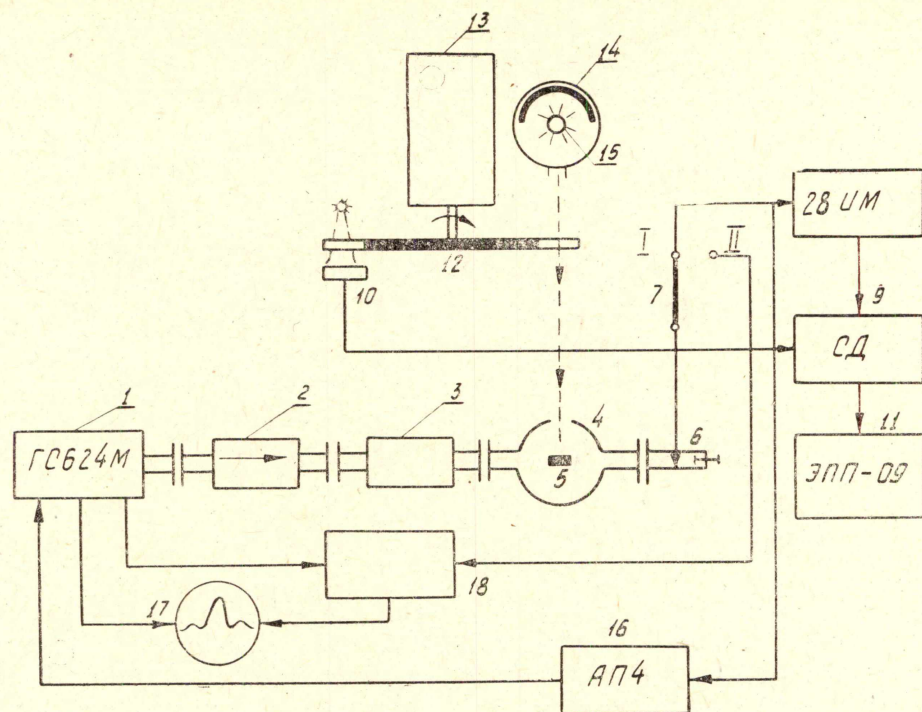


Рис. 1. Блок-схема установки. 1—генератор СВЧ ГС-624М; 2—ферритовый вентиль; 3—трансформатор полных сопротивлений; 4—рабочий резонатор; 5—образец; 6—детектор СВЧ; 7—переключатель; 8—усилитель 28 ИМ; 9—синхронный детектор; 10—фотосопротивление ФСК-1; 11—самопишущий потенциометр ЭПП-09; 12—обтюратор; 13—мотор; 14—осветитель; 15—лампа ДРШ-500; 16—система автоматической подстройки частоты; 17—осциллограф С1-19А; 18—сместитель

типа E_{010} позволяет довольно легко интерпретировать результаты измерений, так как распределение поля для таких колебаний не зависит от длины резонатора и от азимута. Резонатор имеет диаметр 24,5 мм и длину 35 мм. Отверстия связи диаметром 4,5 мм располагались в боковой стенке. В качестве СВЧ детектора [6] использовался полупроводниковый диод ДКС-4. При измерении фотопроводимости образец в виде тонкого диска помещается в максимум электрического поля резонатора. При освещении образца и возникновении фототока добротность резонатора изменяется, что приводит к изменению мощности, проходящей через резонатор. В соответствии с этим на выходе СВЧ детектора появляется сигнал с частотой, равной частоте модуляции света. После усилителя 28 ИМ [8] сигнал подается на вход синхронного детектора [9], опорное напряжение которого формируется фотосопротивлением ФСК-1 [10]. Синхронный детектор выполнен по схеме Шустера. С выхода синхронного детектора сигнал, пропорциональный фотопроводимости образца, записывается на самопишущем потенциометре ЭПП-09. Для согласования выходного сопротивления синхронного детектора со входом ЭПП-09 применялся балансный каскад с катодной нагрузкой. Система автоматической подстройки частоты выполнена по видоизмененной схеме Паунда.

При включении переключателя [7] в положение П и непрерывном освещении установка позволяет исследовать фотоэлектрический эффект в том же образце. Для измерения резонансной частоты резонатора использовался волномерный резонабор генератора ГС-624. Сигналы с СВЧ детектора и с индикатора резонанса через сместитель [18]

подаются на вход вертикального усилителя осциллографа С1-19 [17]. Колебания СВЧ модулировались по частоте пилообразным напряжением генератора внутренней модуляции. Это же пилообразное напряжение осуществляло развертку луча по горизонтали. В результате на экране осциллографа была видна резонансная кривая рабочего резонатора и метка от волномерного резонатора, что позволяло измерить резонансную частоту и добротность резонатора. Для измерения диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь принципиально возможно применение этого же резонатора, однако, такие измерения могут быть только относительными.

Поэтому для измерения диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь применялся резонатор, возбуждаемый на волне типа H_{011} , который позволял исследовать материалы с диэлектрической проницаемостью ϵ от 1 до 200 и диэлектрическими потерями $\text{tg}\delta$ от 10^{-4} до 10^{-1} . Резонатор подстраивался с помощью бесконтактного поршня, что позволило избежать возбуждения в резонаторе других колебаний, затрудняющих измерение, особенно колебаний типа E . Для измерения перемещения поршня с точностью 10^{-3} применялся микрометр от стандартной волноводной нагрузки. При измерении больших значений диэлектрической проницаемости и потерь образец помещался на поршне резонатора. Для малых значений ϵ и $\text{tg}\delta$ целесообразно помещение образцов в максимум электрического поля резонатора. Добротность и резонансная длина волны резонатора измерялась осциллографическим методом.

ЛИТЕРАТУРА

1. В h a г. Proc. JEEE. 51, № 11, p. 1623, (1963).
2. Е. С. Мейлихов. ФТТ, 7, 5, 1531, (1965).
3. В. Г. Ерофеичев, Л. Н. Курбатов. ФТТ, 31, 2, 595, (1961).
4. Э. В. Баранов, И. А. Акимов. ДАН СССР, 154, 1, 184, (1964).