

позволит врачу корректировать биотропные параметры лечебного действия соответственно реальному значению магнитной индукции во время сеанса магнитотерапии. В качестве датчика магнитной индукции используется датчик Холла, который обеспечивает измерение магнитной индукции без большого нагревания индуктора, в отличие от катушки индуктивности.

Аппарат для магнитотерапии комбинированный «МИТ-МТ» применяется для лечения низкоинтенсивным магнитным полем и зональным магнитоквантовым воздействием на резонансных частотах органов и систем. Оказывает вазоактивный, трофический, противовоспалительный (противоотечный), гипокоагулирующий, местный анальгетический, актопротекторный лечебный эффект.

Аппарат используется для лечения разнообразных заболеваний, в основе которых лежит нарушение иммунной и эндокринной систем местного кровообращения, отеков, болевых синдромов, заживления рваных ран, воспалительных процессов и психоматических заболеваний, в основном невротических и реактивных состояний, особенно вызванных нарушением сна.

Будущее принадлежит адаптивным магнитотерапевтическим аппаратам с обратной связью, когда параметры воздействия подбираются и корректируются (на основе обратной связи) с учетом не только характера патологического процесса, но и с учетом особенностей его протекания у конкретного больного и его реакции на лечебное действие магнитного поля [2].

УДК 538.93

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ПРОВОДИМОСТИ НА БАЗЕ ИППП-1

Русецкий М.С., Казючич Н.М.

*Белорусский государственный университет  
Минск, Республика Беларусь*

Температурные исследования алмаза представляет собой нетривиальную задачу. Обусловлено это, прежде всего, высоким сопротивлением образцов алмаза (более 10 ГОм), и как следствие, необходимостью регистрации низких значений величины ток. К тому же измерения должны быть проведены в термостатированном режиме с минимальным изменением температуры образца в течение измерений. Для проведения измерений электрических и фотоэлектрических характеристик детекторных структур при температурах выше комнатной была разработана конструкция установки и изготовлен измерительный стенд.

Цель работы – разработка и изготовление измерительного стенда и программного обеспечения для автоматизированных измерений семейства вольт-амперных характеристик (ВАХ) при

Разработка в аппаратах магнитотерапии компьютерной системы регистрации и визуализации распределения переменных магнитных полей на индукторе и в пространстве биологической ткани во время сеанса магнитотерапии позволит врачу получать информацию о фактических значениях магнитного поля на индукторе и на глубине в биологической ткани с возможностью оперативного корректирования параметров магнитотерапевтического воздействия.

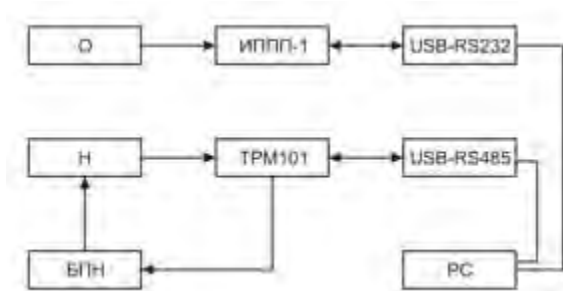
1. Беркутов, А.М. Системы комплексной электромагнитотерапии: Учебное пособие для вузов / А.М. Беркутов, В.И. Жулев, Г.А. Кураев, Е.М. Прошина. – М., 2000. – 376 с.
2. Улащик, В.С. Биосинхронизированная физиотерапия: общие основы, использование, и перспективы развития / В.С. Улащик // *Здравоохранение*. - 2008.- № 5.- С. 13-18.
3. Пат. 74810 Україна, МПК А61В 5/00. Спосіб впливу на організм магнітним полем [Текст] Терещенко М.Ф., Рудик В.Ю., Тимчик Г.С., Терещенко С.М.; заявник та патентовласник НТУУ “КПІ”. - № u 2012 05263; заявл. 27.04.2012; опубл. 12.11.2012, Бюл. №21. - 6 с
4. Пат. 65554 Україна, МПК А61N 2/00 G01R 33/02 (2006.01). Універсальний магнітофізіотерапевтичний апарат/ Терещенко М.Ф., Тимчик Г.С., Терещенко С.М., Терещенко М.М.; заявник та патентовласник НТУУ “КПІ”. – № u201106000; заявл. 13.05.2011; опубл. 12.12.2011, Бюл. №23. - 4с.

различных температурах и получения температурных зависимостей проводимости.

Идеология измерения температурной зависимости какого-либо электрического параметра основывается на измерении семейства ВАХ при нагревании исследуемого образца и последующей обработке результатов измерений. Блок-схема измерительного стенда представлена на рисунке 1.

Измерение ВАХ исследуемого образца осуществляется измерителем параметров полупроводниковых приборов ИППП-1. Для автоматизации измерений измеритель ИППП-1 подсоединяется к компьютеру через USB порт. Согласование протоколов обмена между USB портом и интерфейсом измерителя осуществляется через преобразователь интерфейсов USB-RS232. С помощью терморегулятора ТРМ101

задается температура нагрева образца и регистрируется текущее значение температуры на поверхности нагревателя. В качестве датчика температуры используется термопара. Терморегулятор ТРМ101 имеет аналоговый выход, который используется для управления блоком питания нагревателя образца. Терморегулятор соединяется с компьютером через USB порт. Согласование протоколов обмена между USB портом и интерфейсом терморегулятора осуществляется через соответствующий преобразователь USB-RS485.



О – образец,  
ИППП-1 – измеритель параметров полупроводниковых приборов,  
ТРМ 101 – терморегулятор,  
Н – нагреватель,  
БПН – блок питания нагревателя,  
USB-RS485 – преобразователь интерфейсов USB и RS485,  
USB-RS232 – преобразователь интерфейсов USB и RS232,  
PC – персональный компьютер

Рисунок 1 – Блок-схема автоматизированного стенда для измерения температурной зависимости проводимости

Нагревание образца выше комнатной температуры осуществляется с помощью миниатюрного нагревателя. Фотография миниатюрного нагревателя приведена на рисунке 2. В качестве нагревательного элемента используется нихромовая спираль с сопротивлением 15 Ом. Спираль установлена по кругу в канавке керамического основания и изолирована от нагреваемой поверхности тонким слоем слюды. Нагреваемая поверхность изготовлена из теплопроводящего материала – дюралюминия Д16Т. Для электрической изоляции образца от нагревателя на нагреваемой поверхности установлена тонкая сапфировая пластинка. Исследуемый образец устанавливается на сапфировую пластинку в центре нагреваемой поверхности. В непосредственной близости от образца располагается термопара. Для надежного теплового контакта термопара приклеивается к поверхности сапфировой пластинки.

Для управления работой измерительных приборов разработано специализированное программное обеспечение.

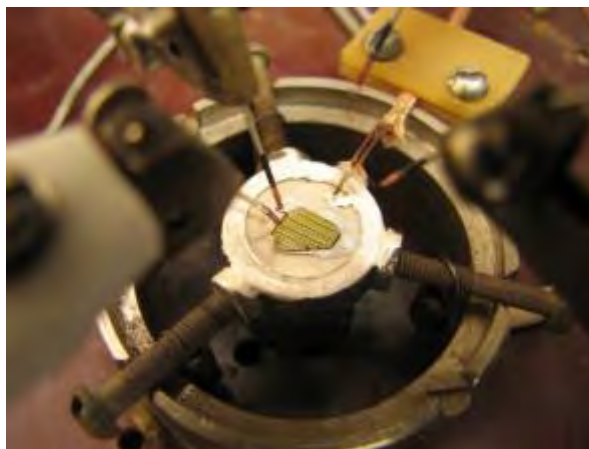


Рисунок 2 – Фотография миниатюрного нагревателя с установленным образцом

Разработанное программное обеспечение позволяет задавать параметры измерения ВАХ, задавать и контролировать температуру нагревателя, проводить измерения величины сигнала (тока) в течение времени. Все режимы и диапазоны измерения интерактивно задаются пользователем, полученные в процессе измерения результаты отображаются в реальном времени. Для получения температурной зависимости проводимости в программе предусмотрен режим автоматического измерения семейства вольтамперных характеристик при различных температурах. При этом пользователем задаются начальная и конечная температуры, величина шага приращения температуры и параметры измерения ВАХ. Вся дальнейшая процедура измерений осуществляется программой, под управлением которой проводится измерение ВАХ при заданной начальной температуре, переход к более высокой температуре на величину заданного шага, ожидание заданной пользователем степени стабилизации температуры, измерение ВАХ при новом значении температуры и т.д. Температурная зависимость проводимости получается как результат заложенной в программе обработки ВАХ, измеренных при различных температурах. Интерфейс программы для управления установкой измерения температурной зависимости проводимости приведен на рисунке 3.

Результаты измерения организованы в визуальную древовидную структуру – измерительный проект. Использование понятия «проект» характерно для большинства современных программных продуктов, предназначенных для работы с данными. Организации данных в виде проекта позволяет существенно повысить удобство работы пользователя и целостность сохраняемых данных. Весь проект может содержать

практически неограниченное количество измерений и может быть сохранен/считан в виде одного файла в XML формате.

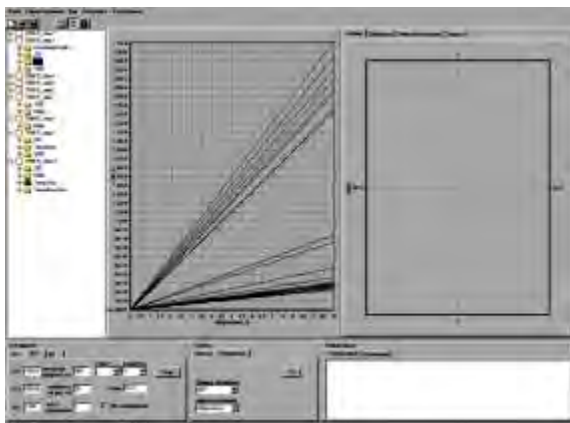


Рисунок 3 – Интерфейс программы для управления установкой измерения температурной зависимости проводимости

Кроме управления измерительными приборами в программе предусмотрен широкий спектр возможностей обработки полученных результатов измерения – от простейших математических операций с ними до специализированных операций расчета энергии активации проводимости по

результатам регистрации семейства ВАХ, измеренных при различных температурах.

Все элементы управления сгруппированы по функциональному назначению: дерево проекта, область графической визуализации данных, закладки для задания параметров для каждого типа измерений и закладки управления приборами. Настройки каждого типа измерений могут быть сохранены в отдельный текстовый файл или загружены из файла, что оказывается очень удобным при проведении типовых измерений. Область графической визуализации данных может содержать один или два графических окна (графика). Оси каждого графика могут индивидуально настраиваться на отображение определенных типов данных, что позволяет визуализировать только необходимые данные. Отличительной чертой визуализации данных является возможность одновременного отображения на одном графике произвольного количества данных путем выделения их в дереве проекта простым нажатием мыши. Это позволяет быстро сравнивать и оценивать результаты различных измерений.

Установка для измерения температурных зависимостей проводимости используется при выполнении заданий ГПНИ «Функциональные и композиционные материалы, наноматериалы» и ГПНИ «Электроника и фотоника»

УДК 620.11

## К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОЙ ТЕРМИСТОМЕТРИИ

Филиппова М.В., Матвиенко С.Н.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»  
Киев, Украина

Широкое внедрение в промышленность новых материалов и композиций вызывает необходимость разработки аппаратуры для исследований их теплофизических характеристик, и, в частности, теплопроводности, что продиктовано рядом причин. Прежде всего, коэффициент теплопроводности является паспортной характеристикой существующих и разрабатываемых материалов, число которых непрерывно растет.

К числу наиболее эффективных методов определения теплопроводности могут быть отнесены неразрушительные методы, позволяющие осуществлять измерения без взятия проб исследуемого материала. С их помощью есть возможность получать информацию о теплопроводности при максимальном сохранении естественной структуры материала. Кроме того, с помощью неразрушающих методов может быть достигнута наиболее высокая производительность измерений, так как они не требуют подготовки из исследуемых часто труднообрабатываемых материалов образцов заданной геометрии. Кроме

этого такие методы и средства позволяют хранить в целостности исследуемые объекты, которыми могут быть готовые изделия [1].

Для определения коэффициента теплопроводности было использовано два способа:

1. Учитывая, что мощность, которая подается на термистор, полностью рассеивается в исследуемую среду [2] (зонд полностью погружен в среду), имеем:

$$\frac{U_m^2}{4R_C} \tau F = 4\pi R T_0 \lambda \quad (1)$$

откуда определяем коэффициент теплопроводности

$$\lambda = \frac{U_m^2 \tau}{16\pi R_C R T_0} F \quad (2)$$

2. Перед определением коэффициента теплопроводности прибор необходимо откалибровать, используя материал с известным  $\lambda$ . В этом случае при равновесии моста термистор рассеивает мощность