

Магнитный способ измерения температуры в энергетических единицах

А.И.Жерновой,С.В.Дьяченко

Санкт-Петербургский государственный технологический институт(технический университет), E-mail:AZHSPB @RAMBLER.RU

Способ основан на применении в качестве термометрического свойства начальной намагниченности M коллоидного раствора однодоменных ферромагнитных наночастиц[1]. Такой раствор является суперпарамагнетиком с магнитным моментом частиц P на 4 порядка большим, чем у молекулярных парамагнетиков, поэтому его намагниченность M может определяться с большой точностью. Предлагаемый в настоящей работе способ измерения температуры основан на том, что в суперпарамагнетиках выполняется закон Кюри[2], в результате чего связь M и температуры раствора T определяется пропорциональной зависимостью:

$$T=(PB/M/3M_{\text{нас}}) \quad (1),$$

где B -магнитная индукция внутри раствора, $M_{\text{нас}}$ -намагниченность насыщения. Для измерения B , M и $M_{\text{нас}}$ создана экспериментальная установка[3],схема которой приведена на рис.1. Она содержит два заполненных раствором стеклянных цилиндрических образца диаметром 20мм и высотой 30мм, расположенных параллельно на расстоянии 3 мм друг от друга во внешнем магнитном поле с напряженностью H_0 . Вблизи боковой поверхности одного из цилиндров и в зазоре между ними расположены 1 и 2 датчики ядерного магнитного резонанса протонов, в которых измеряются соответственно резонансные частоты f_1 и f_2 . Магнитная индукция внутри раствора определяется по формуле $B=f_1/\beta$,где $\beta=42,6\text{МГц/Тл}$ -гиромагнитное отношение протона. Намагниченность определяется по формуле

$$M=(f_1-f_2)/\beta\mu_0 \quad (2),$$

где $\mu_0=4\pi*10^{-7}\text{Гн/м}$ -магнитная постоянная. Меняя напряженность H_0 , получаем зависимость M от $1/B$, из которой при $(1/B)=0$ экстраполяцией находим независящую от T намагниченность насыщения

$$M_{\text{нас}}=(f_{1\text{нас}}-f_{2\text{нас}}) \quad (3),$$

где $(f_{1\text{нас}},f_{2\text{нас}})$ -частоты f_1,f_2 ,при $M=M_{\text{нас}}$. В формуле (1) неизвестной величиной остаётся магнитный момент наночастиц P . Его можно определить на описанной выше установке, действуя на раствор

радиочастотным полем СВЧ-генератора, мазера или лазера с частотой F . При выполнении условия магнитного резонанса наночастиц: $PB = hF_{рез}$ (h -постоянная Планка), в результате эффекта насыщения происходит уменьшение намагниченности M . Настроив при индукции внутреннего поля равной B резонансную частоту F на значение $F = F_{рез}$, находим магнитный момент наночастицы:

$$P = (hF_{рез}/B) \quad (4)$$

Подставив (4) в (1), получаем выражение для определения температуры в Джоулях:

$$T = hF_{рез}M/3M_{нас} \quad (5).$$

Подставив в (5) M из выражения (2) и $M_{нас}$ из выражения (3), получаем зависимость температуры от измеряемых частот $F_{рез}$, по которой определяется магнитный момент наночастиц P , f_1, f_2 , по которым определяется намагниченность M , и $f_{1нас}, f_{2нас}$, по которым определяется $M_{нас}$: $T = hF_{рез}(f_1 - f_2)/3(f_{1нас} - f_{2нас})$.

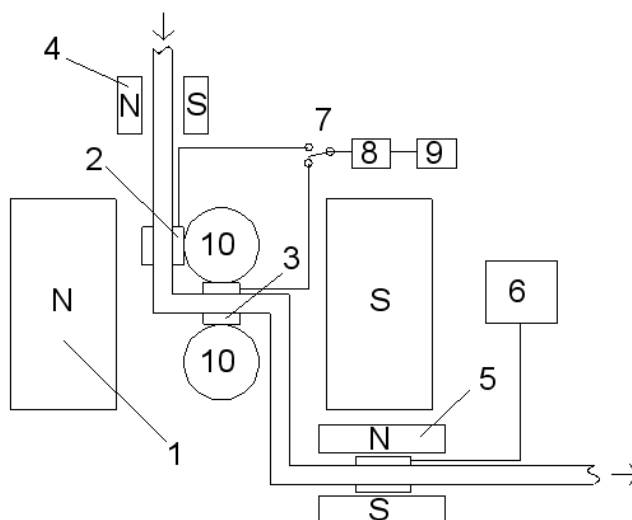
Список литературы

1. А.И.Жерновой, Магнитный способ измерения термодинамической температуры, патент РФ №2452940, приоритет 17.03.2011г.

2. А.И.Жерновой, Ю.Р.Рудаков, С.В.Дьяченко, Научное приборостроение, 2012, том 22, с.52-54.

3. А.И.Жерновой, В.Н.Наумов, Ю.Р.Рудаков, Научное приборостроение, 2009, том 19, №3, с.57-61.

Рисунок 1.



Надпись к рисунку 1.

1-магнит, создающий магнитное поле в термометрическом веществе

2,3-радиочастотные катушки датчиков ЯМР

4-магнит для намагничивания магнитометрического вещества(воды)

5-магнит для регистрации сигнала ЯМР

6-прибор для регистрации сигнала ЯМР

7-переключатель датчиков ЯМР

8-генератор частоты ЯМР

9-измеритель частоты ЯМР

10-ампулы с термометрическим веществом