

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 15031

(13) С1

(46) 2011.10.30

(51) МПК

G 01R 33/07 (2006.01)

(54)

## СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭДС ХОЛЛА В ПРОВОДНИКЕ ПЕРВОГО РОДА

(21) Номер заявки: а 20091788

(22) 2009.12.15

(43) 2011.08.30

(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет" (ВУ)

(72) Автор: Мадьяров Владимир Рафкатович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет" (ВУ)

(56) SU 171913, 1965.

SU 828135, 1981.

SU 960680, 1982.

SU 1234794 A1, 1986.

GB 2202337 A, 1988.

US 4646014 A, 1987.

(57)

Способ определения ЭДС Холла в проводнике первого рода, включающий воздействие на исследуемый образец постоянным магнитным полем и приложенным между токовыми контактами электрическим полем, измерение амплитуд поперечного напряжения между холловскими контактами и определение ЭДС Холла с учетом результатов измерений, **отличающийся** тем, что электрическое поле формируют в виде прямоугольного импульса длительностью  $t$ , удовлетворяющей соотношению

$$\tau \ll t \ll \frac{l}{v},$$

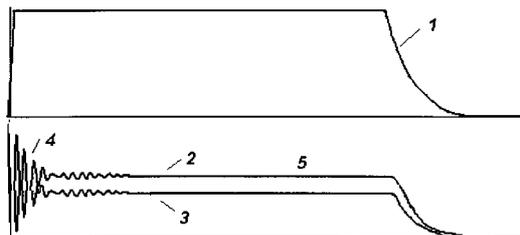
где  $\tau$  - длительность электромагнитной наводки на измерительный контур;

$l$  - ширина образца;

$v$  - скорость дрейфа носителей заряда,

и прикладывают к образцу в момент выравнивания температуры между токовыми контактами, амплитуду поперечного напряжения  $U_1$  измеряют после затухания электромагнитной наводки, затем изменяют направление магнитного поля на противоположное с той же индукцией, измеряют амплитуду поперечного напряжения  $U_2$  при прежних условиях воздействия электрическим полем и определяют искомую ЭДС Холла  $E$  в соответствии с выражением

$$E = \frac{1}{2}(U_1 - U_2).$$



# ВУ 15031 С1 2011.10.30

Настоящее изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для определения электрофизических свойств проводника первого рода путем измерения ЭДС Холла.

Известен способ измерения ЭДС Холла на постоянном токе, который позволяет исключить погрешность измерения, обусловленную асимметрией контактов на противоположных гранях образца путем усреднения поперечного напряжения на образце по двум направлениям магнитного поля [1].

Способ заключается в том, что на исследуемый образец воздействуют постоянным магнитным полем и приложенным между токовыми контактами электрическим полем и измеряют амплитуду поперечного напряжения между холловскими контактами. Затем изменяют направление магнитного поля на противоположное с той же индукцией, измеряют амплитуду поперечного напряжения при прежних условиях воздействия электрическим полем и путем вычитания полученных результатов определяют ЭДС Холла, исключая напряжение асимметрии контактов. Недостаток способа заключается в том, что результирующее поперечное напряжение помимо ЭДС Холла содержит побочные ЭДС, обусловленные эффектами Нернста-Эттингсгаузена и Риги-Ледюка, которые зависят от градиента температуры образца в направлении, параллельном направлению тока. Поэтому при измерениях следует обеспечить поддержание постоянной температуры образца на протяжении измерений, а цикл измерения повторять многократно, чтобы уменьшить погрешность измерения вследствие флуктуации температуры.

Известен также способ измерения ЭДС Холла, выбранный в качестве прототипа заявляемого способа и заключающийся в том, что исследуемый образец подвергают последовательно суммирующемуся тепловому воздействию, воздействию магнитного, электрического полей и далее последовательно снимают магнитное и электрическое поля, регистрируют во времени изменение результирующей величины ЭДС и определяют ЭДС Холла как разность между величиной спада регистрируемого напряжения в момент выключения магнитного поля и величиной скачка напряжения в момент приложения магнитного поля [2]. Недостатком этого способа является то, что он сложен в реализации, так как в момент включения и выключения магнитного поля, а также в момент включения электрического поля в измерительном контуре возникает неизбежное напряжение электромагнитной наводки, нарастание которой по абсолютной величине приходится на моменты времени, в которые определяются указанные напряжения. Наряду с этим, поперечное напряжение также содержит побочные ЭДС, обусловленные инерционными эффектами Эттингсгаузена, Риги-Ледюка и термоЭДС вследствие термоэлектрического эффекта Пельтье, которые можно полностью исключить только при наступлении стационарных условий, когда указанные ЭДС перестают нарастать со временем. Время установления стационарных условий зависит от свойств материала образца и его следует подбирать экспериментально для каждого образца. В результате возникновения указанных напряжений вследствие электромагнитной наводки и инерционных термогальва-номагнитных эффектов точность определения холловского напряжения уменьшается.

Задачей предлагаемого способа является повышение точности измерений путем исключения вклада напряжения электромагнитной наводки, а также вклада указанных побочных ЭДС в величину измеряемого поперечного напряжения.

Решение поставленной задачи достигается тем, что способ измерения ЭДС Холла в проводнике первого рода включает в себя воздействие на исследуемый образец постоянным магнитным полем и приложенным между токовыми контактами электрическим полем, измерение амплитуд поперечного напряжения между холловскими контактами и определение ЭДС Холла с учетом результатов измерений, причем электрическое поле формируют в виде прямоугольного импульса длительностью  $t$ , удовлетворяющей соотношению

$$\tau \ll t \ll \frac{1}{\nu},$$

## ВУ 15031 С1 2011.10.30

где  $\tau$  - длительность электромагнитной наводки на измерительный контур;

$l$  - ширина образца;

$v$  - скорость дрейфа носителей заряда,

и прикладывают к образцу в момент выравнивания температуры между токовыми контактами, амплитуду поперечного напряжения  $U_1$  измеряют после затухания электромагнитной наводки, затем изменяют направление магнитного поля на противоположное с той же индукцией, измеряют амплитуду поперечного напряжения  $U_2$  при прежних условиях воздействия электрическим полем и определяют искомую ЭДС Холла  $E$  в соответствии с выражением

$$E = \frac{1}{2}(U_1 - U_2).$$

Левая часть приведенного выше неравенства означает, что поперечное напряжение определяется по амплитуде сигнала с измерительных холловских контактов после затухания электромагнитной наводки. Так как амплитуда импульсного электрического поля не меняется за время действия электромагнитной наводки, то поперечное напряжение измерительных холловских контактов также не изменяется. Правая часть неравенства обеспечивает постоянство температуры на боковых гранях образца, так как благодаря короткой длительности импульса изменение температуры на противоположных гранях образца в области измерительных контактов из-за поглощения или отдачи энергии электронами отсутствует. Поэтому напряжение вследствие инерционных эффектов Эттингсгаузена и Пельтье также отсутствует. Постоянство амплитуды напряженности электрического поля обеспечивает равенство нулю перепада температуры между токовыми контактами на протяжении импульса. Так как градиент температуры в направлении тока через образец в момент включения и на протяжении импульса равен нулю, то исключаются побочные ЭДС, обусловленные эффектами Нернста-Эттингсгаузена и Риги-Ледюка.

После измерения поперечного напряжения при данной амплитуде напряженности электрического поля, которая соответствует данной амплитуде тока через образец, направление магнитного поля меняют на противоположное и измерения повторяют при первоначальных напряженности электрического поля и абсолютной величине магнитной индукции. Полученные результаты измерений поперечного напряжения вычитают. После вычитания указанных измеренных поперечных напряжений исключается вклад напряжения вследствие асимметрии измерительных контактов и вследствие термоэлектрического эффекта Пельтье.

Изложенная сущность изобретения поясняется осциллограммами импульса тока и импульсов поперечного напряжения:

1 - осциллограмма импульса тока от формирующей линии,

2 - осциллограмма импульса поперечного напряжения с холловских контактов, полученная при первом направлении индукции магнитного поля,

3 - осциллограмма импульса поперечного напряжения с холловских контактов, полученная при противоположном направлении индукции магнитного поля и первоначальных значениях тока и магнитной индукции,

4 - участки осциллограмм поперечного напряжения с электромагнитной наводкой,

5 - участки осциллограмм поперечного напряжения, на которых определяются амплитуды поперечного напряжения после затухания электромагнитной наводки.

Примером практической реализации способа является измерение поперечного напряжения на прямоугольном образце из медного сплава Л63 шириной 1 см и толщиной 0,3 мм. Импульсное электрическое поле обеспечивало протекание через образец электрического тока и создавалось путем разряда через образец формирующей линии с волновым сопротивлением 25 Ом, заряжаемой до напряжения 12 кВ и коммутируемой тригatronным разрядником. Момент запуска разрядника определялся по нулевому показанию микровольтметра, соединенного с дифференциальной термопарой, подключенной к токовым

# BY 15031 C1 2011.10.30

контактам образца. Амплитуда тока составляла 450 А, длительность импульса тока - около 2 мкс, превышает длительность колебаний напряжения электромагнитной наводки. С другой стороны, такая длительность импульса тока намного меньше расчетного времени дрейфа электронов к измерительным контактам, которое составляет несколько секунд. Магнитное поле с индукцией 0,8 Тл создавалось в зазоре электромагнита постоянного тока. Амплитуда импульса тока 1 через образец, которая пропорциональна амплитуде напряженности электрического поля, и амплитуда поперечного напряжения регистрируются осциллографом. Сигнал поперечного напряжения подается непосредственно на усилительный тракт осциллографа с чувствительностью вертикального отклонения луча на экране 0,1 мВ/мм.

На осциллограммах поперечного напряжения 2 и 3 можно выделить начальный участок 4, на котором возникает электромагнитная наводка при срабатывании разрядника формирующей линии. Поперечное напряжение после затухания наводки обусловлено напряжением вследствие асимметрии измерительных контактов и ЭДС Холла. Амплитуда сигнала поперечного напряжения на участках 5 осциллограмм после затухания наводки составляет при первом направлении магнитной индукции  $U_1 = 530 \cdot 10^{-6}$  В. При противоположном направлении индукции амплитуда этого сигнала составляет  $U_2 = 380 \cdot 10^{-6}$  В. Для определения ЭДС Холла достаточно выполнить вычитание амплитуд напряжения двух указанных осциллограмм на временном интервале, следующем после затухания электромагнитной наводки. По данным полученных осциллограмм ЭДС Холла равна  $75 \cdot 10^{-6}$  В.

Таким образом, заявляемый способ измерения ЭДС Холла в сравнении с прототипом позволяет повысить точность измерений путем исключения вклада напряжения электромагнитной наводки, а также вклада побочных ЭДС в величину измеряемого поперечного напряжения.

Способ может быть использован для определения таких электрофизических свойств металлов, как концентрация и подвижность носителей заряда. Потенциальными потребителями изобретения являются преимущественно научно-исследовательские учреждения, например, Институт порошковой металлургии (г. Минск), Ассоциация "Новые материалы и технологии" (НОМАТЕХ) (г. Минск), НИИ импульсных процессов (г. Минск).

## Источники информации:

1. Кучис Е.В. Методы исследования эффекта Холла. Методы постоянного тока и постоянного магнитного поля. - М.: Советское радио, 1974.
2. А.с. СССР 171913, МПК G 01R, 1965 (прототип).