

Была рассмотрена методика проведения экспериментов по определению точности отработки заданных координат по одной оси.

В выполнении передвижения центра сверла участвуют: шаговой двигатель, муфта и ходовой винт.

Расстояние от точки А до точки В определяется в первую очередь шагом ходового винта и разрешающей способностью шагового двигателя, т.е. количеством шагов (импульсов), требуемых для одного полного оборота.

Все погрешности точности обработки будут определены в результате эксперимента с расчетом стандартной, суммарной и расширенной неопределенностей.

### **Список информационных источников**

1. Берденников Д.А. «ВЫБОР ДРАЙВЕРА ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ СТАНКА ЧПУ» статья, Международной научно-практической конференция КАРГТУ. - 2с.

2. Берденников Д.А. «Методы повышения точности позиционирования шпинделя ЧПУ станка» статья, Международной научно-практической конференция КАРГТУ. - 2с.

3. <http://darxton.ru/wiki-article/chasto-zadavaemye-voprosy-po-shagovym-dvigatelyam-faq/>

4. <http://stanki-price.ru/obrabotka-poverxnosteie-detaleie-mashin/xodovye-vinty.html>

5. <http://darxton.ru/wiki-article/mikroshagovyy-rezhim-shagovogo-dvigatelya/>

## **ОЦЕНКА УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ ФЕРРИТОВ МЕТОДОМ СОПРОТИВЛЕНИЯ РАССТЕКАНИЯ**

*Еспенбетов Ж.Р., Малышев А.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Суржиков А.П., д. ф.-м.н., профессор,  
заведующий кафедрой физических методов и приборов контроля  
качества*

На примере ферритовой керамики опробованы два метода измерения величин удельного электрического сопротивления: двухэлектродный и сопротивления растекания.

Двухэлектродный метод применяют для измерения удельного сопротивления образцов, имеющих правильную геометрическую форму

и постоянные поперечное сечение. При этом на торцевых гранях образца, например в виде прямоугольной пластины, изготавливают омические контакты. Через эти контакты вдоль образца пропускают постоянный электрический ток. Тогда величина удельного сопротивления  $\rho$  определяется с использованием выражения (1)

$$\rho = \frac{U \cdot S}{I \cdot d} \quad (1)$$

где  $U$  – приложенное напряжение (В);  $I$  – ток через образец (А);  $S$  – площадь электродов;  $d$  – расстояние между зондами (толщина образца). По методу сопротивления растекания  $\rho$  определяется в основном приконтактной областью толщиной в несколько десятков мкм, следовательно, этому методу присуща высокая локальность измерений. Объем области, где определяется удельное сопротивление, может быть равен  $10^{-10} \text{ см}^{-3}$ . Значения  $\rho$  оцениваются по выражению (2):

$$\rho = \frac{U}{I} \cdot \pi \cdot r_0 \quad (2)$$

где  $U$  – приложенное напряжение к зонду;  $I$  – ток в цепи образца;  $r_0$  – радиус зонда, м. Для измерения удельного сопротивления на постоянном токе по двухэлектродному методу были нанесены металлические электроды термическим испарением серебра в вакууме (установка ВУП-5). Для установления невыпрямляющих свойств контакта металл-феррит была построена вольт-амперная характеристика образца с электродом (рис. 1).

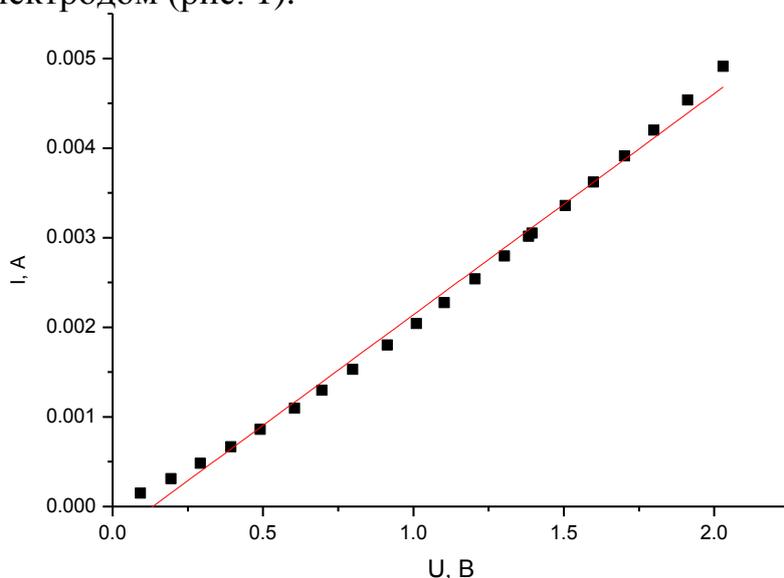


Рис. 1 ВАХ образца с металлическим электродом

Из полученной линейности ВАХ образца с электродом (рис. 1) следует применимость изготовленных электродов для измерения удельного сопротивления исследуемого феррита двухэлектродным методом.

Значения удельного сопротивления были определены экспериментально двухэлектродным методом для серии из 10 образцов ферритовой керамики (см табл. 1). Для каждого из образцов было оценено значение  $r_0$  по следующей методике.

1. Измерения при комнатной температуре значений постоянного тока  $I$ , при фиксированной напряжении  $U$ , (метод измерения сопротивления растекания) в глубине образца, после сошлифовки более 300 мкм с каждой из сторон образцов (таблица 1).

2. После изготовления серебряных электродов и проверки линейности ВАХ контакта измерение удельного сопротивления образцов на постоянном токе по двухэлектродному методу, расчет значений  $\rho_{dc}$  с использованием выражения (1).

3. Для каждого образца с использованием выражения (2) и известного значения  $\rho_{dc}$  определяли искомое значение  $r_0$ .

Полученные значения коэффициентов  $r_0$  представлены в таблице 1.

Из табл. 1 можно видеть, что полученные значения  $r_0$  находятся в диапазоне (8-24) мкм в независимости от величины  $\rho_{dc}$ , которая от образца к образцу изменялась на несколько порядков величины. Указанный разброс значений  $r_0$  может быть связан с различным давлением зондов на поверхность ферритовых образцов при измерении тока по методу сопротивления растекания.

Таблица 1. Значения электрических параметров образцов ферритовой керамики,

№ обр	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5
I	7 мк А	1.9 мкА	1.2 мкА	1.04 мкА	0.4 мкА	0.13 мкА	0.15 мкА	19 нА	20.3 нА	0.15 нА
$\rho_{dc}$ , (Ом·см)	2·10 <sup>3</sup>	5.3·10 <sup>3</sup>	6.6·10 <sup>3</sup>	6.9·10 <sup>3</sup>	5·10 <sup>4</sup>	8.6·10 <sup>4</sup>	7.9·10 <sup>4</sup>	8.2·10 <sup>5</sup>	7.8·10 <sup>5</sup>	2·10 <sup>8</sup>
$r_0$ , мкм	14. 8	19.7	9	8	21	12	13	16.6	16.8	24

где  $\rho_{dc}$  (Ом·см) – величина удельного сопротивления образцов, измеренная на постоянном токе по двухэлектродному методу с использованием выражения (1).

Таким образом, рассмотренный экспресс-метод оценки значений  $\rho$  для исследованных образцов ферритов позволяет достаточно точно рассчитывать эти значения с использованием выражения (2) и среднего значения для коэффициента  $r_{0\text{CP}} = 15.5$  (мкм).

### **Список информационных источников**

1. Левин Б.Е., Третьяков Ю.Д., Летюк Л.М. Физико-химические основы получения, свойств и применения ферритов. – М.: Металлургия, 1979. – 472 с.
2. Батавин В.В., Концевой Ю.А., Федорович Ю.В. Измерение параметров полупроводниковых материалов и структур. – М.: Радио и связь, 1985. – 264 с.
3. Павлов Л.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов. – М.: Высшая школа, 1987. – 39 с.
4. Суржиков А.П., Притулов А.М., Пешев В.В., Малышев А.В. Объемная неоднородность электрических свойств ферритовой керамики. Известия вузов. Физика. – 2001. - №11. – С. 95-97.

### **ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ С РАЗВЕРТКАМИ ТИПА В И С**

*Етобаева В. А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Капранов Б. И., д.т.н., ведущий эксперт  
кафедры физических методов и приборов контроля качества*

На сегодняшний день ультразвуковой метод - это один из самых распространенных методов неразрушающего контроля, и он находит свое применение в различных сферах промышленности. Данный метод контроля является наиболее информативным и безопасным для человека.

Средства ультразвукового метода позволяют получать параметры дефектов, такие как амплитуда эхосигнала, условные размеры и координаты дефекта. Совершенствование ультразвуковых дефектоскопов и методик в течении уже последних трех десятилетий проводится в рамках приведенных информативных параметров. С каждым разом совершенствовались характеристики дефектоскопов - их вес и размеры стали существенно меньше, появились новые сервисные функции, такие как временная регулировка чувствительности, запись настроек и данных контроля, связь с компьютером и т.д. Стали