

ПЕРЕХОДНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПЛЕНОЧНЫХ КОНТАКТОВ
ПРИ МАЛЫХ КОНТАКТНЫХ УСИЛИЯХ

В.В.Коняшкин, Б.С.Потапов

Зависимости переходного сопротивления от усилия прижатия контактов известны для большинства контактных материалов, но получены на массивных образцах и при значениях контактного давления выше $0,5 \cdot 10^3$ г. Величины контактных усилий, характерные, согласно расчетам [1] и оценкам [2], для пленочных электростатических реле, лежат в диапазоне единиц-десятков миллиграммов.

Нами проводились измерения переходного сопротивления между пленками некоторых контактных материалов при прижимных усилиях $10^{-3} \cdot 10^3$ г. Использовалась схема измерения контактного сопротивления между скрещенными стержнями [3] с применением микровольтметра В-2-II, микроамперметра М82 и источника питания Б-3-2.

Пленки бронзы БрЕ2, золота и серебра получали путем термического напыления в вакууме $5,0 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-5}$ тор на полированные торцы стеклянных подложек. Толщина пленок бронзы составляла 2,5 мк, а пленок золота и серебра — 0,5 мк, причем последние наносились на адгезионный подслои из сплава МЛТ-3 или хрома толщиной до 3000 Å.

Для создания малых контактных давлений использовались лабораторные микроаналитические весы модели ВММ-20М, левая чашка которых заменялась на специальный держатель образца, обеспечивающий электрический контакт напыленной пленки с измерительными выводами схемы. Выбор точки контактирования между скрещенными образцами достигался свободным перемещением по основанию микровесов второго образца, закрепленного в аналогичном держателе на узле вертикальной микроподачи. Микровинт вертикальной подачи позволял выставлять нуль по оптической шкале весов (равновесие) с точностью $\pm 2 \cdot 3$ деления.

Измерения переходного сопротивления проводились при токе через контакт 100 мка и напряжении на разомкнутых контактах I в. Результаты измерений представлены на рис.1,2. Наиболее часто встречающиеся значения разброса лежат в границах заштрихованных областей. Изменения переходного сопротивления носят скачкообразный характер, что соответствует имеющимся представлениям о контактировании отдельных контактных пятен [3]. При контактном давлении до $(1+2) \cdot 10^{-3}$ г малые значения переходного сопротивления устойчиво наблюдаются только для золотой пары массивных контактов (проволочка ϕ 50 мк, - кривая 1 на рис.1). Для серебряных проволочных контактов (кривая 2, рис.1) переходное сопротивление больше на порядок. Даже в случае комбинированной (золотая проволочка ϕ 50 мк и серебряная пленка толщиной 5400 Å, - кривая 1 рис.2) контактной пары, не говоря уже о пленочных контактах, значения переходного сопротивления очень велики. Наиболее вероятное объяснение такого поведения контактных пар заключается в затухании существующих малых вибраций контактного узла при прогибе и на волнистости натянутых в держателях проволочек. При контактировании пленочных образцов вибрации сохраняются до некоторого значения контактного усилия, величина которого, по-видимому, может быть поставлена в соответствие твердости материала пленки. Так, для пленочной контактной пары из золота (рис.1, кривая 3) получим контактное усилие равное $(1+2) \cdot 10^{-3}$ г, для серебряных пленок (рис.1, кривая 4) - $(3+5) \cdot 10^{-2}$ г, а для пленок БрЕ2 (рис.2, кривая 4) соответствующие значения более размыты и находятся в диапазоне $3 \cdot 10^{-2} + 3 \cdot 10^{-1}$ г. Применение пленки золота в паре с пленками серебра или бронзы приводит к некоторому уменьшению значения контактного усилия, при котором достигаются меньшие величины переходного сопротивления (ср. кривые 3 и 4 рис.2 и кривую 4 рис.1 с кривой 2 рис.2). Переходное сопротивление пленочных контактов при повышенных усилиях больше соответствующих значений для массивных материалов (рис.1) и зависит от толщины, что следует из рис.2, где при контактном давлении $1+10$ г переходное сопротивление толстой бронзовой пленки меньше такового для контактной пары золото-серебро.

В заключение сравним зависимости переходного сопротивления от контактного усилия, показанные кривыми 1,2 рис.2. Использо-

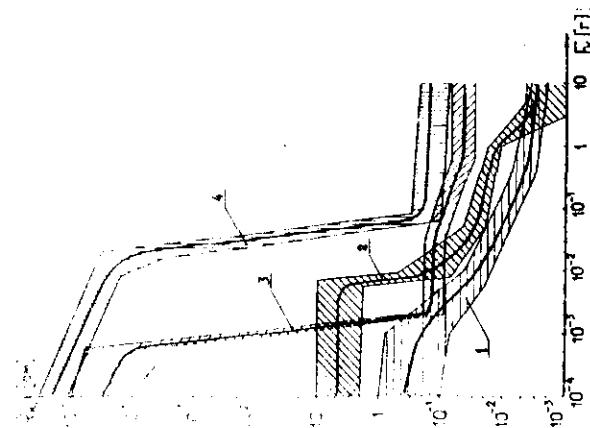


Рис.1. Зависимость переходного контактного сопротивления от контактного усилия для контактных пар:
1- золото-золото (проволочки ϕ 50 мк);
2- серебро-серебро (проволочки ϕ 50 мк);
3- золото-золото (пленки толщиной 5400 Å);
4- серебро-серебро (пленки толщиной 5400 Å).

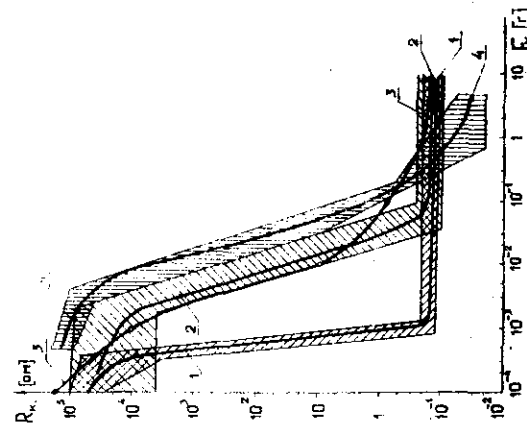


Рис.2. Зависимость переходного контактного сопротивления от контактного усилия для контактных пар:
1- золото (проволочка ϕ 50 мк) - серебро (пленка толщиной 5400 Å);
2- золото-серебро (пленки толщиной 5400 Å);
3- золото (пленка толщиной 5400 Å) - бронза БрЕ2 (пленка толщиной 2,5 мк);
4- бронза БрЕ2 - бронза БрЕ2 (пленки толщиной 2,5 мк).

вание в качестве одного из контактов натянутой проволоочки приводит к уменьшению (примерно на порядок) значения контактного усилия, необходимого для достижения одинакового значения переходного сопротивления. Предположив, что это явление есть следствие устранения вибраций, дадим следующую оценку величинам переходного сопротивления контактов ПЭР при усилиях порядка 10 мг:

для пленочных контактов из золота - $0,1 \div 0,5$ ом;

для серебряных контактов - $0,3 \div 1$ ом;

для бронзовых контактов - $5 \div 20$ ом;

для контактной пары золото-серебро - $0,2 \div 0,8$ ом;

для контактной пары золото-бронза - $0,5 \div 2$ ом.

При увеличении толщины пленочных контактов с повышением контактного усилия следует ожидать соответствующего снижения величины переходного сопротивления.

Л и т е р а т у р а

1. ПОЛИНА Т.В., ПОТАНОВ Б.С. Статические характеристики ПЭР с выступающим контактом. Настоящий сборник.

2. КОНЯШКИН В.В., ПОЛИНА Т.В. и др. Конструктивные пути улучшения характеристик пленочных электростатических реле. Настоящий сборник.

3. ХОЛЫМ Р. Электрические контакты. М., ИЛ, 1961.