Лекция 3. Проводниковые материалы с высоким сопротивлением. Контактные материалы и припои

3.1. Материалы с высоким сопротивлением

Материалы с высоким удельным сопротивлением (от 0,4 до 1,5 мкОм·м) применяются для изготовления резисторов, нагревательных элементов, реостатов, термопар. К ним относятся сплавы на основе меди, никеля, хрома и железа.

Манганин — сплав меди (85%), марганца (12%) и никеля (3%). Удельное сопротивление ~0,47 мкОм·м. Отличается очень малым ТКС (практически нулевым в диапазоне 15–35 °С). Применяется для точных резисторов, шунтов, добавочных сопротивлений измерительных приборов.

Константан — сплав меди (60%) и никеля (40%). Удельное сопротивление ~0,5 мкОм·м. ТКС близок к нулю. Применяется для реостатов, нагревательных элементов, термопар.

Нихром — сплав никеля (75–80%) и хрома (20–25%). Удельное сопротивление ~1,0–1,1 мкОм·м. Высокая жаростойкость (до 1100 °С). Применяется для нагревательных элементов электроплит, печей, ТЭНов.

Фехраль — сплав железа (80%), хрома (13%) и алюминия (5%). Жаростойкость до 950 °С. Дешевле нихрома, но более хрупкий. Применяется в нагревателях промышленных печей.

3.2. Контактные материалы

Контактные материалы служат для изготовления электрических контактов коммутационных аппаратов (реле, пускатели, выключатели, контакторы). К контактным материалам предъявляются особые требования: высокая проводимость, стойкость к электрической эрозии и привариванию, коррозионная стойкость, малое переходное сопротивление.

Основные контактные материалы:

- Серебро — наилучшая проводимость, низкое переходное сопротивление, но подвержено переносу материала при коммутации. Применяется в маломощных контактах реле.
- Вольфрам — тугоплавкий (температура плавления 3380 °С), стоек к эрозии. Применяется в контактах выключателей и прерывателей.
- Металлокерамика (серебро–окись кадмия, серебро–графит) — композитные материалы, сочетающие проводимость серебра со стойкостью к привариванию. Применяются в контакторах, автоматах.
- Медь — применяется в силовых контактах масляных выключателей, где дуга гасится маслом.

3.3. Припои и флюсы

Припои — материалы для пайки проводниковых соединений. Температура плавления припоя ниже температуры плавления соединяемых металлов.

Мягкие припои (температура плавления до 300 °С):

- Оловянно-свинцовые припои (ПОС-30, ПОС-40, ПОС-61) — сплавы олова и свинца. ПОС-61 содержит 61% олова, температура плавления 183–190 °С. Широко применяется для пайки меди и её сплавов.

- Бессвинцовые припои (на основе олова с серебром и медью) — применяются в современной электронике.

Твёрдые припои (температура плавления выше 300 °C):

- Серебряные припои (ПСр-25, ПСр-45) — сплавы серебра с медью и цинком. Обеспечивают прочное соединение. Применяются для пайки медных шин, наконечников кабелей.
- Медно-фосфорные припои — для пайки меди и её сплавов без флюса.

Флюсы — вещества для удаления оксидной плёнки с поверхности пайки и предотвращения окисления при нагреве. Канифоль — для мягких припоев при пайке меди. Бура, хлористый цинк — для пайки стальных деталей. Паяльная кислота — для алюминия (специальные флюсы).

3.4. Практические рекомендации

При пайке алюминия обычные припои и флюсы неэффективны из-за прочной оксидной плёнки. Применяют специальные припои (например, ЦАМ — сплав цинка, алюминия и меди) и флюсы на основе фтористых солей. Можно использовать ультразвуковые паяльники, которые механически разрушают оксидную плёнку.