

**ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ПЕРЕПАД КАК ФАКТОР РОСТА  
НИТЕВИДНЫХ КРИСТАЛЛОВ ОЛОВА***Н.А. Чернавциц, 10 класс**Научный руководитель – А.А. Отливанчик, учитель физики**ГУО «Гимназия №2 г. Пинска»**О.Н. Минюк, к.с.-х.н., доцент**Полесский государственный университет*

Под нитевидными кристаллами подразумевают кристаллы, у которых отношение длины к диаметру составляет примерно  $10^3$  степени [1].

Образование нитевидных кристаллов свойственно для чистых металлов (цинк, олово, медь и т.д.). Процесс роста таких структур достаточно непредсказуемый. При создании определенных условий кристалл может образоваться через несколько дней, месяцев или лет. Эффект в большей степени является негативным, и его проявления могут приводить к ряду проблем [2]. Олово является хорошим проводником, прораствание кристаллов зачастую приводит к образованию коротких замыканий и индуктивных наводок, что снижает качество работы прибора или вовсе выводит его из строя [3].

Одним из факторов, влияющим на образование нитевидных кристаллов олова, является температурный перепад.

Олово – металл, имеющий аллотропные модификации:  $\alpha$ -Sn (серое олово) и  $\beta$ -Sn (белое олово). Переход из белого олова в серое начинается при температуре ниже  $13,2^\circ\text{C}$ . Выше этой температуры белое остается стабильным [4]. При каждом новом достижении температурной границы формируется определенное количество серого олова, в котором расстояние между атомами больше, чем в белом олове, из-за чего внутри кристаллической решетки возникают напряжения, что приводит к вытеснению некоторого количества атомов олова на поверхность. Эти частицы реструктурируются в виде нитевидного кристалла, при условии, что олово нанесено на подложку, в противном случае – олово превращается в рыхлый порошок серого цвета [5].

Значительная часть современного электрооборудования в своей компоновке имеет электролитические конденсаторы, которые обладая рядом преимуществ, имеют существенный недостаток – высушивание электролита. Оборудование, содержащее «старые» электролитические конденсаторы, с течением времени начинает работать некорректно или вовсе может выйти из строя.

В настоящее время проблема решается заменой конденсатора, утратившего номинальную электроемкость, или добавлением в электрическую цепь (на стадии проектирования) конденсаторов переменной емкости. В данной работе приводятся результаты по разработке, созданию и исследованию конденсаторных сборок, постепенно увеличивающих собственную электрическую емкость с течением времени, компенсируя падение емкости электролитических конденсаторов.

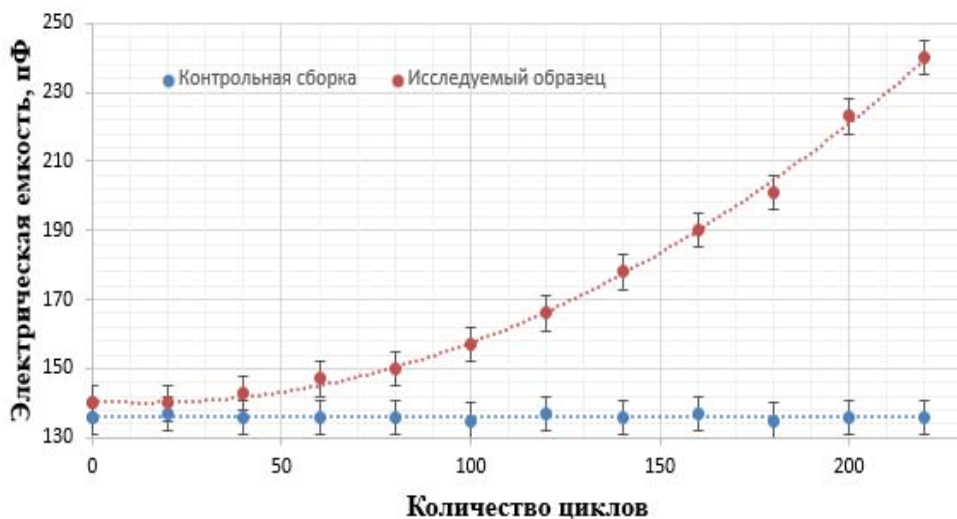
Цель работы: изучение температурного перепада как фактора, влияющего на образование и рост нитевидных кристаллов олова на медных подложках.

Задачи исследования: получить оловянные усы на медных подложках при температурном перепаде и установить зависимость электрической емкости конденсаторных сборок от числа температурных циклов.

Медные подложки, представленные в виде пластинок омедненного текстолита и медных проволок, имитирующих участки платы и контакты элементов электрической цепи, покрыли оло-

вом гальваническим способом. Из полученных пластин и двухстороннего скотча (толщина  $d=20$  мкм) собрали конденсаторные сборки.

Для стимулирования роста нитевидных кристаллов несколько образцов сборок ежедневно подвергали температурному перепаду. Для этого поместили в холодильник при температуре  $5^{\circ}\text{C}$ . Через каждые 6-8 часов образцы извлекали из охлаждающего устройства, которые пассивно нагревались до комнатной температуры, и вновь помещали в холодильник. Данную последовательность действий называли «циклом». После каждых 20 циклов осуществляли контроль образцов на наличие нитевидных кристаллов олова, фиксируя электрическую емкость, т.к. рост электрической емкости свидетельствует об образовании нитевидных кристаллов. Первоначальная емкость сборки составляла 140 пФ. На протяжении 200 циклов наблюдали увеличение электрической емкости (рис.).



**Рисунок – Зависимость электрической емкости сборки от количества температурных циклов**

Следует отметить, что ни одна из конденсаторных сборок не подверглась пробое диэлектрического слоя, а это свидетельствует о том, что размер кристаллов меньше толщины диэлектрика ( $d=20$  мкм).

Таким образом, кристаллы растут достаточно равномерно, по всей предоставляемой площади пластины при условии, что сборка подвергается температурному перепаду. В противном случае, рост кристаллов не наблюдается. Результаты работы могут быть использованы для разработки относительно не затратных методов противодействия убывающей емкости электролитических конденсаторов, в устройствах, предназначенных для работ в труднодоступных регионах.

#### **Список использованных источников**

1. Надгорный, Э.М. Нитевидные кристаллы с прочностью, близкой к теоретической / Э.М. Надгорный // Успехи физических наук. – 1959. - №4. – С. 625 – 662.
2. Baker, R. G. Spontaneous Metallic Whisker Growth / R. G. Baker // Plating and Surface Finishing. – 1987. – №12. – Р. 153 – 181.
3. Медведев А., Шкундина С. Иммерсионное олово. Прошлое и будущее. – Печатные платы и покрытия, 2010, №1, апрель, с.28.
4. Егоров, Л. Н. Паяные соединения. Конструктивно-технологические аспекты обеспечения надежности/ Л. Н. Егоров // Электроника: НТБ. – 2011. – С. 142
5. Марченко, Н.В. Применение олова – традиции и перспективы [Электронный ресурс]/ Н.В. Марченко. – Сибирский Федеральный университет (CD-ROM).