

УДК 621.7: 620.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПАЯЛЬНЫХ ПАСТ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

Ковалёв Д.Ю., Слижёва А.В.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Ланин В.Л. – д-р техн. наук, профессор кафедры ЭТТ

Аннотация. Предложена методика модификации паяльных паст углеродными наночастицами с применением ультразвуковых колебаний в режиме микро- и макропотоков пограничном акустическом слое. Проведены исследования электрических свойств паяльных паст после их оплавления в зависимости от содержания наночастиц в пасте.

Ключевые слова: паяльные пасты, ультразвук, электросопротивление, углеродные нанотрубки.

Введение. Наноразмерные частицы находят широкое применение в процессах получения модифицированных композитов в различных областях науки и техники. Углеродные нанотрубки (УНТ) обладают уникальным комплексом свойств, поскольку они в 50–100 прочнее стали и имеют в 6 раз меньшую плотность. Модуль Юнга у нанотрубок вдвое выше, чем у обычных углеродных волокон. Нанотрубки не только прочны, но гибки, так как перестраиваются под действием механических напряжений. Однако реализация таких уникальных свойств возможна при переходе от индивидуальных УНТ к макроскопическим объектам на их основе [1].

Электрическая проводимость углеродных нанотрубок зависит от их структуры. Кроме того, на расстоянии нескольких микрометров наблюдается баллистическая проводимость. С другой стороны, углеродные нанотрубки – это замечательный полупроводниковый материал, который по своим характеристикам может сравниться с кремнием. С использованием однослойных углеродных нанотрубок можно получить транзисторы, в которых подвижность носителей заряда значительно превышает подвижность в традиционных кремниевых транзисторах. Кроме того, однослойные нанотрубки позволяют получить транзисторы на гибких и прозрачных подложках. Однослойные углеродные нанотрубки обладают замечательными тепловыми свойствами, лучшими, чем те, что у алмаза: тепловая проводимость в трубках примерно в 2 раза выше.

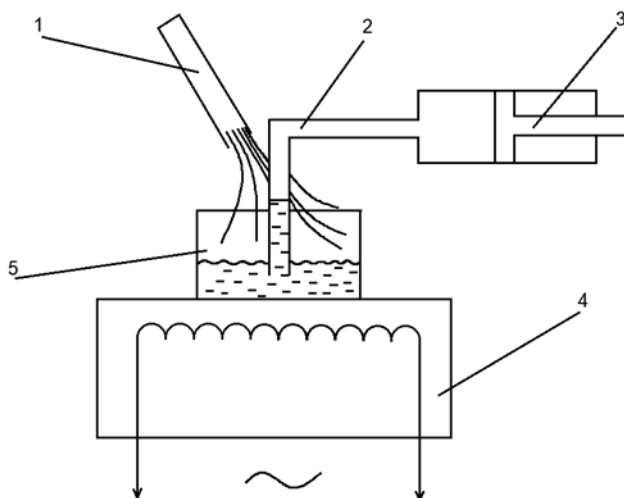
Порошковые углеродные материалы (графиты, угли, сажи, УНТ, графены) широко применяются в качестве функциональных наполнителей различных материалов, причем электрические свойства композитов с углеродными наполнителями определяются структурой и свойствами углерода, а также технологией их получения. УНТ представляют собой порошковый материал из каркасных структур аллотропной формы углерода в виде полых многостенных УНТ с наружным диаметром 10–100 нм. Как известно, удельное электрическое сопротивление УНТ зависит от способа их синтеза и очистки и может составлять от $5 \cdot 10^{-8}$ до 0,008 Ом·м, что меньше, чем у графита [2].

Целью работы является модификация структуры паяльных паст на основе бессвинцовых припоев за счет использования УНТ, вводимых в исходный состав пасты с помощью ультразвуковых колебаний, и подвергаемых диспергированию и функционализации. Необходимо исследовать влияние УНТ, вводимых в паяльные пасты на основе бессвинцовых припоев, на электрофизические свойства паяных соединений в 3D электронных модулях.

Для измерения удельного сопротивления необходимо было получить образец правильной геометрической формы. Для этого пасту помещали в титановую ванночку, которую грели на плитке. Когда паста оплавлялась, в неё вводилась кварцевая трубка, соединённая при помощи шланга с поршнем. При создании пониженного давления, оплавленный припой поднимался вверх по трубке. Чтобы он не застыл раньше времени и образец не вышел сильно коротким, трубка обдувалась горячим воздухом из насадки термофена (рисунок 1).

После застывания получался образец припоя цилиндрической формы. К его концам подключались электроды от источника тока и на образце измеряли падение напряжения с использованием цифрового вольтметра В7-46.

Далее, рассчитав по известной формуле удельное сопротивление для образцов с различным содержанием углеродных нанотрубок, получили зависимость, представленную на рисунке 2.



1 – термофен; 2 – кварцевая трубка, подключенная к шлангу; 3 – поршень; 4 – плитка; 5 – ванночка с припоем

Рисунок 1 – Схема формирования цилиндрического образца припоя:

Величина удельного сопротивления припоя с содержанием углеродных нанотрубок 0,01-0,05% составила 0,095-0,098 мкОм·м, что согласуется со справочными данными.

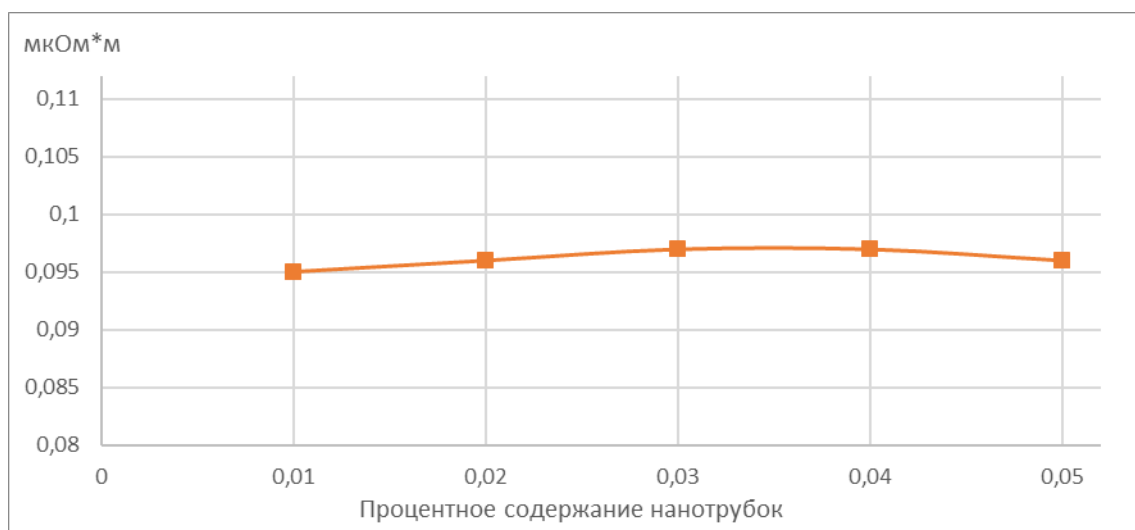


Рисунок 2 – Зависимость удельного сопротивления паяльной пасты от процентного содержания в ней УНТ

Исходя из анализа полученной зависимости видно, что изменение концентрации углеродных нанотрубок практически не влияет на удельное сопротивление припоя (на малых диапазонах изменения концентрации УНТ).

Для выявления общей тенденции по изменению удельного сопротивления была приготовлена паяльная паста с концентрацией УНТ 1%. Изготовив образец, было измерено его сопротивление и рассчитано удельное сопротивление вышеописанным методом, оказавшееся равным 0,115 мкОм·м, что выше исходного значения. Это изменение можно объяснить тем, что добавление УНТ приводит к увеличению количества дефектов, которые усиливают рассеяние носителей заряда, снижают их подвижность и, следовательно, электропроводность [4].

Заключение. Электрическое сопротивление паяльных паст, модифицированных нанотрубками может оказывать влияние на контактное сопротивление паяных соединений электронных компонентов при поверхностном монтаже

Анализ зависимости удельного сопротивления паяльной пасты от содержания в ней нанотрубок показал слабое влияние процентного содержания УНТ на электрические свойства пасты. Это можно объяснить тем, что содержание нанотрубок в пасте незначительное и существующими методами контроля электрического сопротивления это влияние трудно установить. При большем содержании УНТ (до 1%) наблюдается снижение электропроводности припоя в следствие образования дефектов.

Список литературы

1. Popov, V. N. Carbon nanotubes: properties and applications / V.N. Popov // Materials Science and Engineering; R. Reports. 2004. – 43(3). – Pp. 61–102.
 2. Электрофизические характеристики модифицированных углеродных нанотрубок / П.Базалий и [и др.] // наноиндустрия 2013. – № 1(39). – С. 48–52.
 3. Ланин, В.Л. Технология и оборудование сборки и монтажа электронных средств / В.Л. Ланин, И.Б. Петухов. – Минск : Беларуская навука, 2022. – 512 с.
- Effect of Carbon Nanotubes on the Mechanical, Thermal, and Electrical Properties of Tin-Based Lead-Free Solders: A Review/Li Liangwei [and ets.] // 2013. – №13 (789).– P. 1-19.*

UDC 621.7: 620.3

STUDY OF ELECTRICAL PROPERTIES OF SOLDER PASTES MODIFIED WITH CARBON NANOTUBES

Kovaliou D.Y., Slizhova A.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Scientific adviser: Lanin V.L. – Dr. of Sci., professor of the Department of ETT

Annotation A method for modifying solder pastes with carbon nanoparticles using ultrasonic vibrations in the regime of micro- and macro-flows in the boundary acoustic layer has been proposed. Studies of the electrical properties of solder pastes after reflow, depending on the content of nanoparticles in the paste, have been conducted.

Keywords. solder pastes, ultrasound, electrical resistance, carbon nanotubes.