

УДК 554.778.3

ПРОЗРАЧНЫЕ ПРОВОДЯЩИЕ СУСПЕНЗИИ НА ОСНОВЕ ГРАФЕНОВЫХ И СЕРЕБРЯНЫХ НАНОЧАСТИЦ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЙ ГИБКОЙ И ПЕЧАТНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Веретенников М.Р. (НИУ Московский Энергетический Институт)

Дарханов Е.В. (ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева»)

Научный руководитель – начальник лаборатории АО «НИИГрафит» Данилов Е.А.
(Акционерное общество "Научно-исследовательский институт конструкционных материалов на основе графита "НИИГрафит")

В работе было проведено исследование влияния условий синтеза серебряных наночастиц полиольным методом на их размеры, а также на оптические и электрические свойства проводящих чернил (суспензий) на их основе. Проведено сравнение плёнок на основе суспензий серебряных наночастиц, суспензий графена и гибридных графен-серебряных суспензий с промышленно используемыми проводящими покрытиями.

Введение. Одним из основных направлений развития современной электроники и технологий функциональных материалов со специальными функциональными свойствами является переход к планарным пленочным технологиям и нанесению омических контактных поверхностей с помощью аддитивных технологий. В настоящее время для этих целей часто применяются покрытия на основе вырожденных полупроводников, например, оксид индия и олова (ИТО), так как он демонстрирует самые высокие показатели электропроводности и прозрачности.

Широко распространены чернила на основе серебряных наночастиц, однако эффекты, оказывающие влияние на синтез наночастиц серебра полиольным методом, до сих пор не очень ясны. Также активно исследуются для изготовления проводящих чернил суспензии на основе графена.

Основная часть. Наиболее часто для получения наночастиц серебра применяются методы полиольного синтеза на основе восстановления нитрата серебра многоатомными спиртами в присутствии стабилизаторов (ПАВ) и инициаторов кристаллизации (хлорид серебра и бромид калия) при повышенных температурах. В настоящей работе проведена серия синтезов наночастиц серебра при изменении температуры процесса, соотношения стабилизатора и нитрата серебра.

Установлено влияние температуры процесса (при температуре синтеза 150°C наностержни серебра имеют среднюю длину 200–500 нм), соотношения стабилизатора суспензии на размер наночастиц (увеличение количества ПАВ приводит к образованию наностержней меньших размеров).

Получены значения проводимости суспензий:

- графеновые частицы – 155,7 мкСм/см;
- серебряные наночастицы, полученные методом электрического взрыва проводника – 114 мкСм/см;
- серебряные наночастицы, полученные полиольным синтезом – 238 мкСм/см;
- гибридные графен-серебряные суспензии – около 280 мкСм/см.

В сравнительном эксперименте по оценке электросопротивления покрытий рассматривались покрытия на основе пасты наночастиц серебра, полученных методом электрического взрыва проводника, суспензии серебряных наночастиц, полученных методом полиольного синтеза, суспензии графеновых частиц, полученных методом ультразвуковой эксфолиации, и гибридных графен-серебряных суспензий. Нанесение производилось ракельным методом для пасты и методом Ленгмюра-Блоджетт для суспензий.

Сравнительный эксперимент по нанесению покрытия ракельным методом позволил получить значения поверхностного сопротивления менее 10 Ом/кв. для непрозрачных покрытий.

Для плёнок Ленгмюра-Блоджетт, изготовленных из суспензий наночастиц серебра и гибридных графен-серебряных суспензий, был достигнут уровень поверхностного электросопротивления менее 15 Ом/кв. при пропускании в оптической области более 80%. В то же время, коммерчески доступные пленки на основе оксида индия-олова и проводящих полимеров (PEDOT:PSS) при аналогичном уровне прозрачности отличаются более высоким уровнем поверхностного электросопротивления (более 60 Ом/кв.) при аналогичной прозрачности в оптической области спектра. Стоит отметить, что растворы и суспензии на основе PEDOT:PSS при сопоставимой с полученными для гибридных суспензий вязкости отличаются на порядок более низкой проводимостью в суспензии.

Подбор оптимальных параметров позволит усовершенствовать технологии синтеза стабильных проводящих суспензий, содержащих наночастицы серебра, что необходимо для получения изделий гибкой электроники аддитивными методами с высоким разрешением печати.

Выводы. В работе показано, что полиольный метод синтеза является перспективным для получения наночастиц серебра, пригодных для последующего нанесения на полимерные подложки методами печати, и при условии оптимизации параметров синтеза, а также проведении работ по повышению стабильности суспензий и пленок на их основе, например, за счет использования гибридных графен-серебряных систем – получать чернила, превосходящие по свойствам коммерческие аналоги.

Использование наночастиц в целом позволяет повысить конечное разрешение печати при создании гибких электронных устройств.

Веретенников М.Р. (автор)

Дарханов Е.В. (автор)

Данилов Е.А. (научный руководитель)