

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ СЛОЖНЫХ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДА КРЕМНИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

التشكيل الهيكلي للمواد المركبة النانوية المعتمدة على أكسيد السيليكون، والتي تم الحصول عليها بواسطة طريقة المحلول الغرواني

Abstract: В работе изучено влияние технологических систем на синтез порошков $\text{SiO}_2:\text{CuO}:\text{NiO}$ различной концентрации в зависимости от состава и валентного состояния ионов Ni и Cu . Установлено, что размеры частиц $\text{SiO}_2:\text{CuO}:\text{NiO}$ находятся в диапазоне от 20 до 77 нм. Также показано, что при формировании мишеней (с использованием метода прессования) из полученных порошков состав $\text{SiO}_2:\text{CuO}:\text{NiO}$ сохраняется. Результаты энергодисперсионного рентгеновского (EDX) анализа полученных матриц после обработки на воздухе показали, что распределение ионов Ni° и Cu° в матрице SiO_2 достаточно однородное, а концентрации Ni° и Cu° соответствуют расчетным значениям.

Keywords: нанокomпозиционный; золь-гель; кремнезем; ксерогель; аэрозоль; морфология.

M. F. S. H. AL-Kamali

مروان فرحان سيف حسن الكمالي

Ph.D., associate professor of the department "Industrial electronics" Sukhri State Technical University of Gomel
 أستاذ مشارك في قسم الإلكترونيات الصناعية بجامعة سخوي الحكومية التقنية - جوميل بيلاروسيا

الخلاصة: درس العمل تأثير الأنظمة التكنولوجية على تخليق مساحيق $\text{SiO}_2:\text{CuO}:\text{NiO}$ بتركيزات مختلفة اعتماداً على التركيب وحالة التكافؤ لأيونات Ni و Cu . لقد ثبت أن أحجام جسيمات $\text{SiO}_2:\text{CuO}:\text{NiO}$ تتراوح من 20 إلى 77 نانومتر. كما تبين أنه عند تشكيل الأهداف (باستخدام طريقة الضغط) من المساحيق الناتجة، يتم الحفاظ على تكوين $\text{SiO}_2:\text{CuO}:\text{NiO}$. أظهرت نتائج تحليل الأشعة السينية المشتتة للطاقة (EDX) للمصفوفات الناتجة بعد المعالجة في الهواء أن توزيع أيونات Ni° و Cu° في مصفوفة SiO_2 موحد تماماً، وأن تركيز Ni° و Cu° يتوافق مع القيم المحسوبة.

الكلمات المفتاحية: مركب نانوي؛ طريقة سول-جيل؛ السيليكا؛ الهلام الجاف؛ أكسيد السيليكون؛ علم التشكل المورفولوجيا.

Введение

Для достижения оптимальной однородности покрытий, полученных методом вакуумного напыления, крайне важно обеспечить высокую степень однородности как гранулометрического, так и химического состава исходной мишени. Исследования показали, что покрытия с оптическим качеством и однородной стехиометрией получают при «отравлении» материала мишени при низкой скорости распыления, в результате чего на поверхности мишени образуется тонкий диэлектрический слой. Для получения покрытий с оптимальной однородностью методом вакуумного напыления крайне важно обеспечить однородность гранулометрического и химического состава материала мишени. Используя компоненты высокой чистоты и включив аэросил в качестве несущей матрицы, мы можем достичь однородности на молекулярном уровне в распределении легирующих добавок [1].

Результаты исследований

Для формирования ксерогеля состава $\text{SiO}_2:\text{CuO}:\text{NiO}$ синтезированы золи с использованием водной дисперсии пирогенного кремнезема марки А-380 (широко известного как аэросил). В качестве компонентов при синтезе использованы химически чистые никель(II) сульфат гептагидрат ($\text{Ni}_2\text{SO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$; ГОСТ 4465-74) и медь(II) сульфат пентагидрат ($\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$; ГОСТ 4165-78). Процесс формирования наночастиц золь-гель методом представлен на рисунке 1.

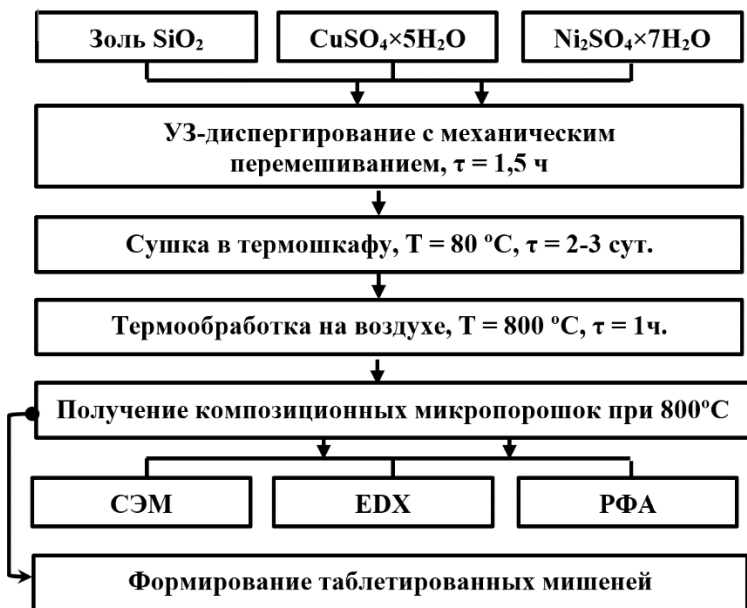


Рисунок 1 - Схема технологических этапов получения ксерогельных SiO_2 -матриц, легированных Cu° , Ni° [1].

Заклучение

Ксерогели имеют однородную и глобулярную морфологию с крупными агрегатами, состоящими из более мелких первичных частиц аэросила. Гептагидратная форма сульфата никеля(II) и пентагидратная форма сульфата меди(II) эффективно занимают пространства внутри структуры ксерогеля. Термическая обработка полученных гелей приводит к образованию рельефной структуры, что свидетельствует о химической инертности фаз SiO_2 , CuO и NiO .

Следующий шаг включал смешивание микропорошка с раствором ПВХ для создания партии с влажностью около 10%. Затем проводилось одноосное прессование для формирования таблетированных мишеней. После прессования заготовки сушили на воздухе при комнатной температуре в течение 24 ч, а затем подвергали термической обработке при 800 °C как в воздушной, так и в водородной атмосфере.

Элементный анализ проводился методом EDX (EDS) с энергодисперсионным микроанализатором. Результаты анализа EDX порошка $\text{SiO}_2:\text{CuO}:\text{NiO}$ продемонстрировали равномерную концентрацию ионов никеля и меди в матрице, соответствующую введенной концентрации.

المقدمة

لتحقيق التوحيد الأمثل للطلاءات التي تم الحصول عليها عن طريق الترسيب الفراغي، من المهم للغاية ضمان درجة عالية من التوحيد لكل من التركيب الكيميائي والهيكل الأولي. أظهرت الأبحاث أنه يتم الحصول على الطلاءات ذات الجودة البصرية والكيميائية المتجانسة عن طريق "تسمم" المادة المستهدفة بمعدلات رش منخفضة، مما يؤدي إلى تكوين طبقة عازلة رقيقة على السطح المستهدف. للحصول على طلاءات ذات تجانس مثالي باستخدام طريقة الترسيب الفراغي، من المهم للغاية ضمان تجانس حجم الجسيمات والتركيب الكيميائي للمادة المستهدفة. باستخدام مكونات عالية النقاء ودمج الهباء الجوي كمصفوفة حاملة، يمكننا تحقيق التجانس على المستوى الجزيئي في توزيع المواد المضافة لصناعة السبائك [1-3].

النتائج والمناقشة

لتكوين هلام جاف بتركيبية $\text{SiO}_2:\text{CuO}:\text{NiO}$ ، تم تصنيع المواد المالحة باستخدام مشتت مائي من السيليكا البيروجينية من الدرجة A-380 (المعروفة على نطاق واسع باسم الهباء الجوي). تم استخدام سباعي هيدرات كبريتات النيكل (II) النقي كيميائياً $\text{Ni}_2\text{SO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ (ГОСТ 4465-74)؛ وخماسي هيدرات كبريتات النحاس $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ (II) (ГОСТ 4165-78) كمكونات في التوليف. يتم عرض عملية تكوين الجسيمات النانوية بطريقة sol-gel في الشكل 1.

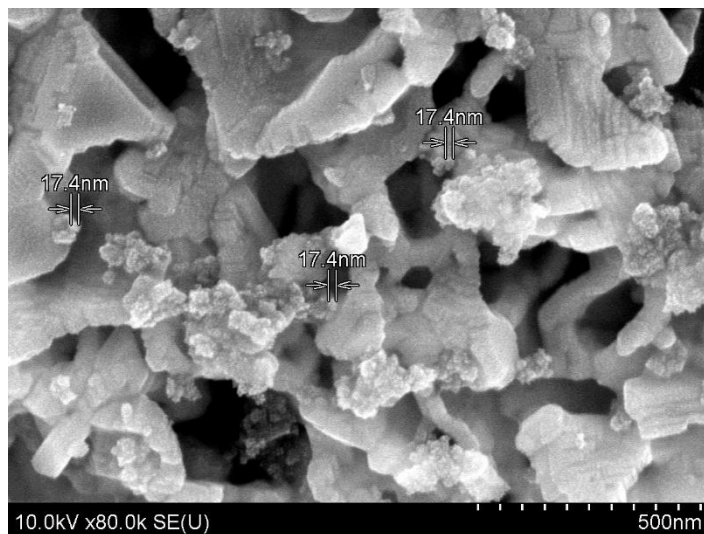
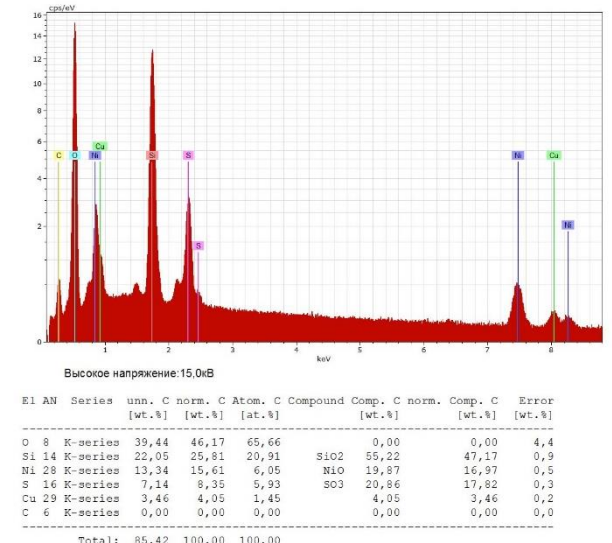


Рисунок 2 - EDX и СЭМ-изображения поверхности ксерогеля, сформированного на основе водной дисперсии аэросила А-380, сульфата никеля(II) и сульфата меди(II). Ксерогель был отожжен на воздухе при $T=800\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 1 ч. Фазовый состав ксерогеля - $\text{SiO}_2:\text{CuO}:\text{NiO}$



الخاتمة

تمتلك Xerogels شكلاً متجانساً وكروياً مع مجاميع كبيرة تتكون من جزيئات الهباء الجوي الأولية الأصغر. الشكل السباعي هيدرات من كبريتات النيكل (II) والشكل الخماسي هيدرات من كبريتات النحاس (II) يشغلان بشكل فعال المساحات داخل هيكل الزيروجيل. تؤدي المعالجة الحرارية للمواد الهلامية الناتجة إلى تكوين بنية إغاثة، مما يشير إلى الخمول الكيميائي لمراحل SiO_2 و CuO و NiO . تضمنت الخطوة التالية خلط المسحوق الدقيق مع محلول PVC لتكوين دفعة تحتوي على نسبة رطوبة تبلغ حوالي 10%. ثم تم تنفيذ الضغط أحادي المحور لتشكيل أهداف الكريات. بعد الضغط، تم تجفيف الفراغات في الهواء عند درجة حرارة الغرفة لمدة 24 ساعة ثم إخضاعها للمعالجة الحرارية عند 800 درجة مئوية في كل من أجواء الهواء والهيدروجين. تم إجراء التحليل الأولي باستخدام طريقة EDX (EDS) باستخدام محلل دقيق مشتت من الطاقة. أظهرت نتائج تحليل EDX لمسحوق $\text{SiO}_2:\text{CuO}:\text{NiO}$ تركيزاً منتظماً لأيونات النيكل والنحاس في المصفوفة، وهو ما يتوافق مع التركيز المدخل.

المراجع والمصادر References

1. Аль-Камали, М. Ф. С. Х. Разработка золь-гель технологии получения сложных нанокomпозитных $\text{SiO}_2:\text{CuO}:\text{NiO}$ для последующего вакуумного напыления = Sol-gel technology development for the production of complex nanocomposite $\text{SiO}_2:\text{CuO}:\text{NiO}$ for regular vacuum deployment / М. Ф. С. Х. Аль-Камали // III Республиканский форум молодых ученых учреждений высшего образования : сборник материалов форума, Брест, 21–24 мая 2024 г. / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет, Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина ; редкол.: Н. Н. Шалобита (гл. ред.) [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2024. – С. 5–7. – Библиогр.: с. 7 (1 назв.).