

## ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ МИКРОСТРУКТУР МЕТОДОМ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ

Кушнер Л.К.<sup>1</sup>, Кузьмар И.И.<sup>1</sup>, Василец В.К.<sup>1</sup>, Купо А.Н.<sup>2</sup> Хмыль А.А.<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

<sup>2</sup> Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины

E-mail: kushner@bsuir.by

**Abstract.** *The results of research principles of electrochemical filling topological trenches depending on the nickel and copper electrolyte composition, were demonstrated. Besides the physical and chemical laws of formation of copper 3D-microstructures using the periodic current and ultrasonic, were researched.*

Одним из перспективных направлений современной гальванотехники является электроосаждение металлов при производстве широкого круга трехмерных металлических структур, примерами которых являются большие интегральные схемы, микро- и наноэлектромеханические устройства (МЕМС и НЕМС), многослойные печатные платы и др. В последние годы значительно возрос интерес к получению и изучению микро- и наноструктур, что связано с их размерами, которые определяют уникальные свойства материалов и новые применения в различных отраслях физики, химии, материаловедения.

Для получения высокоаспектных микромеханических структур (от 50:1 до 10:1) используется LIGA-технология, позволяющая производить 3D-микроструктуры, используя разнообразные материалы – металлы, полимеры, керамику, стекло, путем локального электроосаждения в сформированную в фоторезисте заготовку будущей микроструктуры, после чего оставшийся резист удаляется, оставляя металлические структуры с рисунком, соответствующим шаблону в качестве конечного продукта. Таким образом, микроструктура из резиста является вторичной маской для создания микроструктуры из металла. Эта технология может использоваться для производства микроструктур как для прямого использования, так и для изготовления пресс-форм для последующего тиражирования полимерных микроструктур методом горячей формовки (прессования).

Для повышения качества и механической прочности высокоаспектных металлических микроструктур перспективным представляется электроосаждение покрытий на основе никеля и меди, в том числе, модифицированных наночастицами дисперсной фазы, при воздействии интенсифицирующих факторов.

Предложен способ получения объемных металлических структур путем локального электроосаждения в сформированную в полимерной маске заготовку будущей микродедали покрытий на основе никеля и меди с использованием периодического и программируемого тока при одновременном воздействии ультразвука, что позволяет интенсифицировать процесс электролиза и повысить эксплуатационные свойства сформированных металлических матриц.

Исследовано влияние состава электролитов никелирования и меднения на закономерности электрохимического заполнения топологических траншей и окон, сформированных в толстом слое фоторезиста. Установлено, что введение в состав электролитов дисперсной фазы и выравнивающих добавок позволяет повысить скорость и качество наращивания микроструктур с высоким аспектным отношением и физико-механические свойства покрытий. Показано, что включение в никелевую матрицу сверхтвердых и износостойких частиц ультрадисперсного алмаза (УДА) значительно повышает микротвердость и износостойкость, снижает коэффициент трения полученных нанокomпозиционных покрытий, причем эксплуатационные свойства зависят от состава и структуры осадка. Введение в состав сульфатного электролита меднения выравнивающих добавок позволило повысить рассеивающую способность электролита, а, соответственно, и равномерность

осаждения микроструктур с высоким аспектным отношением, а также формировать более плотные мелкокристаллические покрытия.

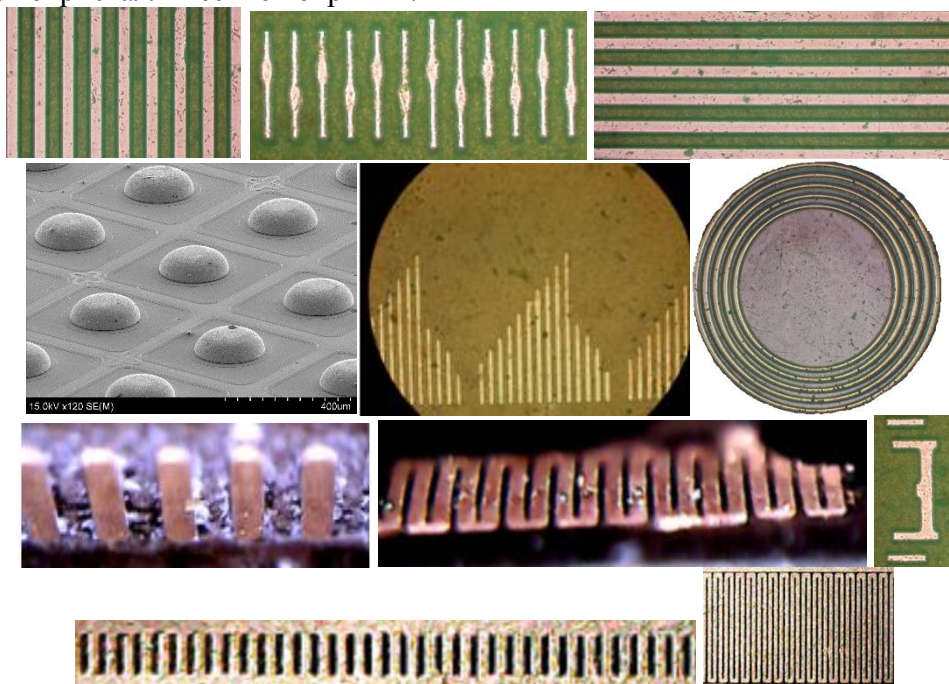


Рисунок 1 – Примеры 3D-структур, сформированных на постоянном и периодическом токе при воздействии ультразвука

Исследованы физико-химические закономерности формирования медных 3D-микроструктур на периодическом токе (частота от 0,1 до 1000 Гц) при воздействии ультразвука частотой 35 кГц и интенсивностью 0,2-1,5 Вт/см<sup>2</sup>. Показано, что осаждение при воздействии интенсифицирующих факторов способствует повышению качества заполнения топологических окон и траншей в полимерной маске. Электролиз на импульсном токе при плотности тока 2-5 А/дм<sup>2</sup> и программное изменение режима электролиза позволяет повысить скорость и равномерность локального заполнения элементов топологии заготовки микроструктуры с высоким аспектным отношением в условиях ограниченного массопереноса, снизить микрошероховатость рельефа поверхности, улучшить прочностные свойства формируемых структур и обеспечить высокую прецизионность передачи размеров микроштампов. Ультразвук ускоряет обмен электролита у катодной поверхности и позволяет интенсифицировать процесс осаждения, повысить твердость и износостойкость металлических микроструктур.

УДК 502.45

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УТИЛИЗИРОВАННЫХ АВТОПОКРЫШЕК В ПРОЕКТИРОВАНИИ ДЕТСКИХ ПЛОЩАДОК

Леонтьев А.И., студент ФММП БНТУ

Научный руководитель Харитонович С.А., доцент

E-mail: dwqF2@gmail.com, sak78@rambler.ru

**Abstract..** *In this paper are examples of perfect children's playground. Make time stay of children in the playground safe and fun as possible.*

Только за один год на официальные и импровизированные свалки, обочины дорог, лесные опушки у нас выбрасывается порядка 3,5 млн покрышек. Таким количеством шин