

УДК 535.08; 681.7.08

ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИИ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ УДА В КЭП РЕЖУЩИХ ДИСКОВ Волкенштейн С.С.¹, Босак В.И.¹, Кузьмар И.И.², Хмыль А.А.²

¹ОАО «Планар-СО», Минск, Республика Беларусь

²УО БГУИР, Минск, Республика Беларусь

Разделение полупроводниковых пластин на кристаллы – одна из основных операций технологического процесса производства ИС, заключающаяся в выделении каждого отдельного кристалла из нескольких тысяч кристаллов ИС на монокристаллической пластине для последующего монтажа его в корпуса приборов. Оно осуществляется на специальных установках в ходе одностадийного процесса сквозного разрезания материала алмазными режущими дисками.

Для разделения пластин из «легких» материалов (кремний, арсенид галлия и т. п.) наиболее часто используются алмазные режущие диски (рис. 1), полученные методом гальваностегии. Сначала изготавливается алюминиевый корпус, на который методом электролитического осаждения наносится композиционное электрохимическое покрытие (КЭП), которое получают из суспензии, представляющей собой электролит с добавкой определенного количества высокодисперсного алмазного порошка (УДА). Данное КЭП является многофазной структурой, состоящей из непрерывной фазы (Ni матрицы), дисперсной фазы (УДА) и межфазной границы.

Частицы УДА, очищенные от примесей, характеризуются химической стабильностью, в то время как поверхность таких частиц весьма реакционноспособна и склонна к взаимодействию с разнообразными материалами и веществами. Отличительной особенностью УДА является то, что количество атомов углерода, формирующих кристаллический остов частицы, того же порядка, что и число поверхностных атомов углерода, которые обеспечивают активную периферию кластера. Благодаря этому обстоятельству УДА обладают уникальным сочетанием свойств кристалла алмаза со специфической структурой и активностью кластерных материалов. Частицы имеют сферическую или изометрическую формы без кристаллических граней с развитой структурой агрегатированных соединений.

На качество КЭП оказывают существенное влияние многочисленные факторы конструкторского, технологического и организационно-технического характера. К конструкторским факторам относятся: природа материала, размеры и форма покрываемой детали, электронное строение, структура и физико-механические свойства поверхности и их однородность, параметры микро- и макрошероховатости, природа материала покрытия, его физико-химические и механические константы, предполагаемая толщина слоя.

Самую многочисленную группу составляют факторы технологического характера управления свойствами тонких плёнок, которые можно разделить на три направления – подготовка поверхности подложки, модификация состава электролита и режима электролиза, активация процесса осаждения. Факторы первого направления могут в значительной степени изменить физико-химические и механические характеристики, электронное строение и структуру поверхности. Они создают определенные условия для начального этапа электрокристаллизации металла на инертной подложке, возникновения адгезионных сил между ними, построения кристаллической структуры тонкой пленки, которая определяется размерами кристаллов, их внешней формой (огранкой), характером расположения и взаимной ориентацией [1].

В настоящее время также не решён на должном уровне вопрос подготовки деталей в условиях массового производства при нанесении тонких плёнок на гальванических линиях. Причина заключается в том, что между операциями активации поверхности и осаждением металла устанавливается определённый период времени, связанный с транспортировкой деталей, промывкой в воде, стеканием электролита, в течении которого происходит контакт с кислородом воздуха и образуется оксидная плёнка. За 3÷5 минут на медной подложке толщина окисла достигает 11÷13 нм, на никелевой – 5÷9 нм. Образовавшаяся поверхностная фаза кристаллического или аморфного строения вносит существенное изменение в кинетику электродных реакций и не учитывается на практике. Эти процессы с трудом поддаются управлению, а качество обработки отличается высокой неравномерностью, растрескиванием поверхности по границам зёрен, наводороживаемостью и шероховатостью [1, 2].

В связи с вышеизложенным существует насущная необходимость разработать методы оценки концентрации дисперсной фазы УДА в КЭП режущих дисков для последующего соотнесения полученных значений с факторами технологического характера, заложенными в основу гальваностегии.

Разработанная методика оценки концентрации дисперсной фазы УДА в КЭП режущих дисков основывается на многоступенчатой обработке оптического изображения поверхности их рабочей кромки. На первом этапе производилась оцифровка изображения (рис. 1), полученного с различным масштабом (250:1; 630:1) в интерференционном контрасте по Номарскому, когда перед плоскопараллельной пластинкой включается постоянно ориентированный поляризатор,

под которым располагаются призмы Волластона с результирующей разностью хода лучей 70 нм ($\lambda/8$, серый цвет 1-го порядка) для дифференциального разложения изображения, а над поляризатором размещается анализатор. Метод интерференционного контраста согласно Номарскому с дифференциальным разложением изображения посредством вспомогательного поляризатора хорошо зарекомендовал себя в области исследований по визуальному выявлению поверхностных дефектов, имеющих незначительные различия по толщине или показателю преломления, а также для оценки ширины скосов [3].

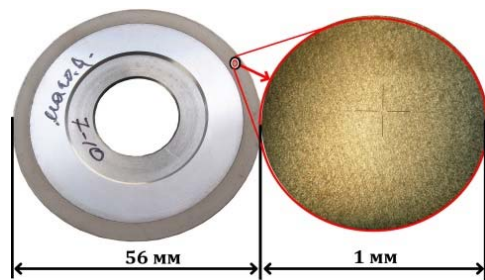


Рисунок 1 – Внешний вид алмазного режущего диска (слева) и увеличенное изображение участка (\varnothing 1 мм, 250:1) КЭП режущего диска (справа)

Оцифрованное изображение поверхности КЭП в RAW формате обрабатывалось (без выравнивания уровня яркости в поле изображения) с помощью графических фильтров (программа Adobe Photoshop CS5) с целью выделения границ между Ni матрицей и дисперсной фазой УДА.

На втором этапе были изготовлены два алмазных диска с меньшей и большей концентрацией дисперсной фазы УДА соответственно, что обеспечивалось специально заданными факторами технологического характера. Далее эти диски по методике первого этапа для чистоты эксперимента подверглись групповой обработке в одном файле при неизменных режимах и настройках, начиная с оцифровки изображения, полученного в интерференционном контрасте по Номарскому с дифференциальным разложением изображения, с последующим выделением границ между Ni матрицей и дисперсной фазой УДА (рис. 2) при помощи графических фильтров (программа Adobe Photoshop CS5).

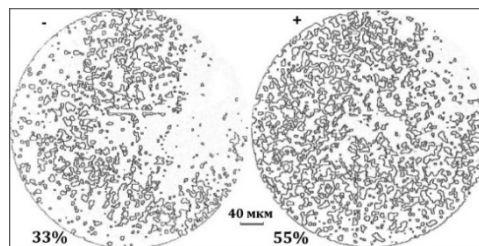


Рисунок 2 – Графическое изображение (\varnothing 0,4 мм, 630:1) выделенных границ между Ni матрицей и дисперсной фазой УДА двух исследованных образцов с меньшей (слева) и большей (справа) концентрацией УДА

На третьем этапе графическое изображение границ между Ni матрицей и дисперсной фазой УДА программно обрабатывалось с целью получения количественной оценки протяженности границ, которая численно пропорциональна значению концентрации дисперсной фазы УДА, что составило для образца с меньшей концентрацией дисперсной фазы УДА – 33 %, а для образца с большей концентрацией дисперсной фазы УДА – 55 %.

Дальнейшая разработка данной методики предполагает получение релевантной выборки для статистической обработки результатов с целью повышения достоверности, что усложняется большой трудоёмкостью и материалозатратностью изготовления требуемого массива исследуемых образцов. Также необходимо программно автоматизировать процесс обработки графических файлов с последующим сравнением, сортировкой и архивированием данных, и с помощью SDK (software development kit) создать приложения для используемого пакета программ.

Литература

1. Хмыль А.А., Ланин В.Л., Емельянов В.А. Гальванические покрытия в изделиях электроники. Минск: Интегралполиграф, 2017. – 480 с.
2. Хмыль А.А., Кушнер Л.К., Кузьмар И.И. Наноструктурированные тонкоплёночные материалы, содержащие ультрадисперсные агрегаты углерода, и их свойства // Наноструктуры в конденсированных средах: сборник научных статей. Минск: ИТМО им. Лыкова. 2016. – С. 135–140.
3. Beyer H. Handbuch der Mikroskopie. VEB Verlag Technik, Berlin, 2 Aufl. 1977.

УДК 621.385.6

УСКОРЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ МОЩНЫХ ДМОП ТРАНЗИСТОРОВ

Волкенштейн С.С.¹, Керенцев А.Ф.², Хмыль А.А.³

¹ОАО «Планар-СО», Минск, Республика Беларусь

²ОАО «ИНТЕГРАЛ», Минск, Республика Беларусь

³УО БГУИР, Минск, Республика Беларусь

Прямые испытания п/п приборов для подтверждения заданной надежности требуют огромных затрат времени, оборудования, исследуемых образцов и энергоресурсов, поэтому, как

правило, применяются ускоренные испытания (УИ), которые являются типом физико-технического моделирования в сжатом масштабе времени. Для выявления потенциально слабых,