

МЕТАЛЛИЗАЦИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ОТВЕРСТИЙ В КРЕМНИЕВЫХ ПЛАСТИНАХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МИКРОСТРУКТУР

А.И. Воробьева, Е.А. Уткина

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Минск, Беларусь

При изготовлении современных ИМС наиболее серьезные технологические проблемы связаны с формированием металлических межсоединений. Монтаж кремниевых кристаллов по принципу трехмерной сборки кристаллов (3D-технология) позволяет в значительной мере решить эти проблемы. Одним из основных направлений в развитии технологий 3D интеграции является метод «сквозных отверстий через кремний («Through Silicon Via, TSV -технология»)). Это технология обеспечивает не только повышение степени интеграции, но и снижает трудоемкость сборки, улучшает быстродействие и энергопотребление систем [1, 2]. Наиболее перспективным материалом межсоединений является медь благодаря ряду преимуществ перед алюминием, таких как более низкое сопротивление, стойкость к электромиграции, более высокие скорости переключения элементов ИМС [3]. Цель данной работы – исследовать влияние способа подготовки поверхности подложки Si/SiO₂ с глухими отверстиями (активации) и условий непосредственного (прямого) электрохимического осаждения меди в отверстия с барьерным слоем TiN на дне отверстий на микроструктуру, характер границ раздела и поверхности в системе кремний – матрица столбиков меди. Такие исследования позволят упростить технологию формирования переходных отверстий в ИМС и разнообразить процессы формирования различных микроструктур и комбинированных нано-микроструктур на основе медных столбиков в подложке Si/SiO₂. Установлено, что морфология столбиков меди в переходных отверстиях определяется в большей степени процессом изготовления матрицы (в том числе на этапе активации), чем процессом электрохимического осаждения меди. В разработанном методе с активацией поверхности барьерного слоя медь осаждается во все отверстия равномерно и до поверхности. Скорость заполнения зависит от типа электролита, времени обработки и диаметра отверстий. Показано, что активированный слой TiN, который после обработки не содержит оксидов, пригоден для беззатравочного осаждения Cu в отверстия диаметром (500–2000) нм. Осаждение на поверхность TiN с пониженным содержанием оксидов и органических загрязнений приводит к образованию смачивающего слоя Cu и к более быстрой коалесценции зародышей, а также к улучшению адгезии между Cu и TiN. Исследован режим непосредственного (без затравочного слоя) электрохимического осаждения меди на поверхность барьерного слоя в отверстия кремниевых пластин, который позволяет провести 100%-ое (во все отверстия) осаждение металла без внутренних пустот. Непосредственное электрохимическое осаждение меди (SECD) на поверхность диффузионного барьерного слоя TiN, Ta, TaN и др. без медного затравочного покрытия может стать технологией следующего поколения для устройств ультравысокого уровня интеграция (ULSI, ultra large-scale integration). Такой вариант снижает стоимость изготовления металлизации и повышает качество заполнения контактных переходов и канавок (способность заполнять узкие каналы) в трехмерных микроструктурах различного назначения, в том числе для электроники средств защиты информации.

Список литературы

1. Garrou P., Bower C. and Ramm P. Handbook of 3D Integration. Wiley-VCH. 2008.
2. Ramm P, Klumpp A, Merkel R, et al. 3D system integration technologies // Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 2003. Vol. 766. P. E5.6.1–E5.6.12.
3. Radisic A, Lühn O, Philipsen H.G.G., et al. Copper plating for 3D interconnects // Microelectron. Eng. 2011. Vol. 88. P. 701–704.