

уменьшается на 29%, в то время как на НТТ – структурах ток падает до значений близких к нулю. А изменение напряжения холостого хода при затенении, наименьшее для элементов А1 и В1, значение уменьшается на 42% и 29% соответственно, при затенении на 80%.

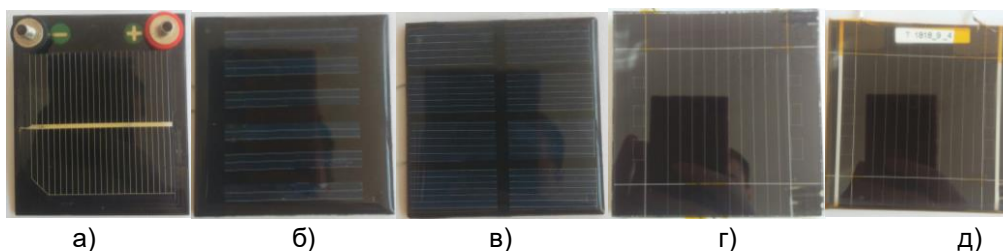


Рисунок 1 – Исследуемые солнечные элементы: «БГУ» а); А1 (б); В1(в); 5.6 673 (г); Т 18_18_9_4 (д)

На основании результатов проведенных экспериментов наиболее перспективным СЭ для использования в условия Республики Беларусь является «В1». Так как данный СЭ обладает лучшими фотоэлектрическими характеристиками из исследуемых образцов. Изменения тока короткого замыкания и напряжение холостого хода при затенении наименьшее из и образцов.

Список использованных источников:

1. Объемные СЭ [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://recyclemag.ru/article/obekty-na-solnechnyh-batarejah>
2. Фотовольтаика [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://entropyproduction.blogspot.com.by/2005/08/air-mass-15-standard.html>

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДЕРЖЕК СИГНАЛА В МЕЖУРОВНЕВОЙ СТРУКТУРЕ МЕЖСОЕДИНЕНИЙ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Мир Д.В.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Черных А.Г. – канд. техн. наук, доцент

В статье рассматривается методика определения задержек сигнала в межуровневой структуре межсоединений интегральных микросхем. Выделены преимущества моделирования задержек сигнала в программном пакете ANSYS. Представлены результаты влияния материала межсоединений и межуровневой изоляции на величину задержек сигнала.

Совершенствование микроэлектронных приборов связано с увеличением быстродействия и с увеличением степени интеграции, и, следовательно, уменьшением размеров элементов. Однако при уменьшении размеров элементов проблема межсоединений интегральных микросхем (ИМС) становится главным лимитирующим фактором дальнейшего развития, так как временные емкостно-резистивные задержки (RC-задержки) распространения сигнала между транзисторами ограничивают быстродействие ИМС.

Система межсоединений, исключаяющая многократные взаимные пересечения проводников, в таких схемах, как правило, не может быть реализована. Поэтому соединяющие проводники нельзя расположить в одной плоскости и приходится использовать многоуровневую систему металлизации [1].

В процессе проектирования определение RC задержек проводится во время разводки топологии, чтобы учесть паразитные эффекты. Быстрое и точное определение паразитных эффектов на кристалле и времени задержки стало очень важной задачей. Величина задержки сигнала может быть определена при помощи 2-D и 3-D программ по моделированию паразитных эффектов в программных пакетах, таких как ANSYS, COMSOL Multiphysics и др. [2].

В настоящее время, полное определение паразитных R и C элементов возможно, благодаря созданию таблиц соответствия для заведомо известных образцов, используя программы по определению полей либо экспериментальные тестовые структуры [3, 4].

Согласно упрощенным представлениям, для субмикронных ИМС модель емкости токопроводящих дорожек складывается из емкости параллельных пластинок C_{L-G} (относительно нижележащих токопроводящих дорожек или относительно «земли») и краевой емкости C_{L-L} . Схематическое представление емкостей в межуровневой структуре представлено на рисунке 1.

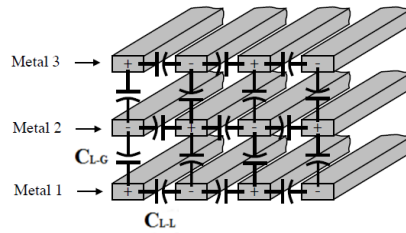


Рисунок 1 – Схематическое представление паразитной емкости в межуровневой структуре

Построение компьютерной модели межсоединений тестовой матрицы для исследования задержек сигнала (рисунок 2), выполнялось при помощи программного пакета ANSYS.



Рисунок 2 – Визуализация 3D модели для исследования задержек сигнала

Уменьшение размеров элементов микросхемы приводит к уменьшению площади поперечного сечения межсоединений, следовательно, увеличивается сопротивление проводников. Также с уменьшением размеров элементов уменьшается расстояние между ними, заполненного межуровневым диэлектриком, что в свою очередь приводит к нежелательному росту емкостной составляющей RC-задержки сигнала, что, в конечном итоге, может свести на нет увеличение быстродействия за счет сокращения длины канала. Одним из методов минимизации данного эффекта является замена стандартного материала SiO_2 с диэлектрической постоянной ($k = 3,9$) на low-k материал (материал с низкой диэлектрической постоянной, $k < 3,9$).

Результаты оценки влияния low-k материала и материала межсоединения на величину задержки сигнала представлены на рисунке 3.

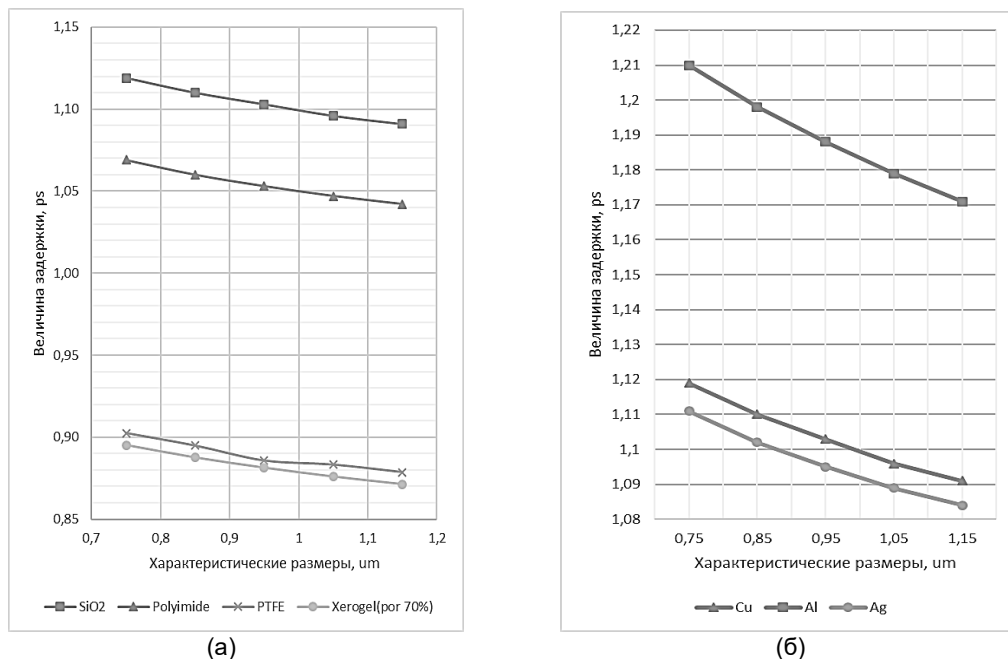


Рисунок 3 – Графики зависимости величины задержки сигнала от характеристических размеров тестовой структуры: а) в зависимости от материала межуровневого диэлектрика; б) в зависимости от материала металлизации

Как видно из рисунка 3а, применение low-k материалов таких как политетрафторэтилен (PTFE) и ксерогель пористостью 70% в качестве межуровневого диэлектрика позволяют на 20% снизить емкостную составляющую RC-задержки, что в свою очередь уменьшает задержку сигнала межсоединений. На рисунке 3б видно, что выбор материала межсоединений также играет существенную роль в определении величины задержки сигнала. Так, применение меди в качестве материала межсоединений позволяет на 10% снизить резистивную составляющую RC-задержки, что положительно влияет на скорость распространения сигнала.

Исходя из результатов представленных исследований, можно говорить о целесообразности использования ANSYS для быстрого определения величины задержки сигнала в межуровневой структуре межсоединений интегральных микросхем.

Список использованных источников:

1. Исследовать закономерности управления диэлектрической проницаемостью анодного оксида алюминия путём регулирования его пористости и разработать научные основы технологии создания алюмооксидной изоляции с низкой диэлектрической проницаемостью для ИС с субмикронными проектными нормами: отчет о НИР (заключ.) / БГУИР; рук. работы С.К. Лазарук. – Минск, 2004. – Ч.1. – 25с. – № ГР 20011524
2. Kim, S. Modeling and screening on-chip interconnect inductance / S. Kim. – Dresden – 2004. – 157 с.
3. Зайцев, Н. А. Физико-технологические проблемы проектирования ультрабольших интегральных схем с пониженной мощностью потребления / Н. А. Зайцев, И. В. Матюшкин, А. И. Сухопаров // Исследовано в России – 2007. – №2. – С. 25 – 31.
4. Synopsys Inc. Star-RC XT Option User Guide. [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <http://www.synopsys.com/>

PROPERTIES OF COPPER/IRON-MODIFIED GRAPHENE OXIDE NANOCOMPOSITES FOR APPLICATIONS IN NANOMEDICINE

Mikhnavets L., Tabulina L., Labunov V., Radziuk D.

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
Minsk, Republic of Belarus*

Dr. rer.nat. Radziuk D.

Feasible ultrasonic method (20 kHz) was developed for the preparation of new CuS/Cu₂O/CuO and copper/iron-modified graphene oxide nanocomposites with advanced charge carrier properties. Methylene blue dye was used as a probe of the charge transfer property on the surface of CuS/Cu₂O/CuO-graphene oxide in the silica network. It was revealed that the fluorescence from the dye was quenched as a result of the interaction induced by the charge transfer on the CuS/Cu₂O/CuO-GO surface. In addition, unique copper- and copper/iron composition of the graphene oxide nanocomposite can be used as a molecular carrier for the anti-inflammatory drug ketorolac due to the ultrasonically formed particular binding or complexation mechanisms.

Among multifarious biocompatible nanomaterials silica and graphene oxide (GO) have received a great attention in the fields of composite nanomaterials, nanoelectronics and nanomedicine applications. SiO₂ provides monodispersity, higher specific surface area, controllable pore size and diameter, and versatile functionalization [1]. Incorporation of metals, metal/non-metal oxides or polymers into the SiO₂ network improves the interfacial contact, advances conducting pathways and suppresses the charge recombination [2]. GO has attracted a great attention because of its unique properties and a two dimensional molecular structure [3]. Electronic properties of GO arise from the presence of both sp³- and sp²-hybridized carbon bearing various oxygen functional groups: hydroxyl, epoxy/carboxyl and carbonyl arranged on the basal plane and at the edges. However, charge transfer in the pristine GO is poor as the functional groups usually induce the nonradiative recombination by the transfer of their electrons to the holes present in sp² clusters producing localized electron-hole (e-h) pairs. The surface functionalization of the GO with semiconductors (e.g. Cu₂O, CuO, CuS) may enhance the charge transfer of GO and increase its fluorescence.

Among various methods ultrasound is a unique nanotechnological technique that has been successfully applied for the synthesis of novel hybrid nanocomposites with advanced electrical and optoelectrical properties. This technique is based on acoustic cavitation, which is the formation, growth and collapse of gaseous or vapor-filled bubbles. Implosive collapse of these bubbles locally creates high temperature (~ 5000K) and pressure (~ 1000 atm) yielding hot spots, where sonochemistry occurs [4]. Sonochemical method is efficient, fast and convenient enabling assembly of substances at a lower cost in a single step. As a result of it the ultrasonic method overcomes the problems in the synthesis at elevated temperature and pressure, multiple reaction steps and prolonged reaction treatment.

The first aim of our work was to develop a method for the formation of copper-modified graphene oxide nanocomposite and examine its morphology. The second goal was to probe the charge transfer property of this new nanocomposite in the use of methylene blue (MB) dye and Raman microscopy. MB