

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра микро- и наноэлектроники

Технология больших гибридных интегральных схем

Методические указания и контрольные задания
для студентов специальности 1-41 01 02 «Микро- и наноэлектронные
технологии и системы» заочной и дистанционной форм обучения

УДК 621.382.8.049.776(075.8)
ББК 32.844.1я73
Т38

С о с т а в и т е л ь
В. В. Шульгов

Технология больших гибридных интегральных схем : метод. указания и контрол. задания для студ. спец. 1-41 01 02 «Микро- и нанoeлектронные технологии и системы» заоч. и дистанц. форм обуч. / сост. В. В. Шульгов. – Минск : БГУИР, 2009. – 16 с.

Излагается содержание дисциплины «Технология больших гибридных интегральных схем». К каждому разделу даны литература и методические указания по изучению материала. Приведен перечень вопросов для контрольной работы.

УДК 621.382.8.049.776(075.8)
ББК 32.844.1я73

© Шульгов В. В., составление, 2009
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2009

ВВЕДЕНИЕ

Программа дисциплины соответствует учебному плану в объеме 48 лекционных часов.

В процессе изучения дисциплины студент выполняет одну контрольную работу в виде письменных ответов на два вопроса. К экзамену студент допускается только после зачета по контрольной работе.

Распределение лекционных часов по разделам дисциплины

Название раздела	Количество лекционных часов
Раздел 1. Понятие о БГИС. История развития	2
Раздел 2. Производственный и технологический процессы	4
Раздел 3. Основания БГИС	4
Раздел 4. Технологические процессы формирования топологии пленочных элементов БГИС	8
Раздел 5. Коммутационные платы	8
Раздел 6. Материалы толстопленочной электроники	14
Раздел 7. Многокристальные модули	4
Раздел 8. Сборка БГИС	2
Раздел 9. Влияние условий эксплуатации на изменение свойств элементов ГИС и БГИС	2

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕЕ ИЗУЧЕНИЮ

Раздел 1. ПОНЯТИЕ О БОЛЬШИХ ГИБРИДНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ

Классификация интегральных схем (ИС) по конструктивно-технологическому исполнению: полупроводниковые, пленочные и гибридные. Степень интеграции ИС. Термины и определения микроэлектроники, касающиеся гибридных ИС (ГИС). Большие гибридные ИС (БГИС) и микросборки.

[1, с.1–7; 2, с. 89–92; 3, с. 5–24; 4, с. 66–67, 228–230]

Методические указания

Прообразом гибридных ИС являются печатные платы. В них единственным элементом, подвергшимся интеграции, была система межсоединений. В гибридных ИС интеграции могут подвергаться, кроме системы межсоединений, резисторы, конденсаторы и индуктивности.

При изучении материала прежде всего следует ознакомиться с классификацией интегральных схем по конструктивно-технологическому исполнению и степени интеграции. Далее необходимо уяснить следующие термины и определения из [1]: плата, подложка, элемент ИС, компонент ИС, корпус ИС, пленочная ИС, гибридная ИС, плотность упаковки ИС, степень интеграции ИС. Разобраться в различиях терминов «элемент ИС» и «компонент ИС». Материал, относящийся к большим гибридным интегральным схемам и микросборкам, следует изучить по литературе [2, 3].

Раздел 2. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССЫ

Основные понятия и определения. Виды производства. Технологическая документация: маршрутная карта, операционная карта, карта эскизов и схем, технологическая инструкция, материальная ведомость, ведомость оснастки. Правила оформления документации.

Основы проектирования технологических процессов. Классификация технологических процессов. Технологичность изделий. Параметры технологического процесса.

[4, с. 187–205; 5, с. 8–16]

Методические указания

Необходимо рассмотреть термины и понятия в области разработки технологии изготовления и организации производства микроэлектронной аппаратуры: изделие, деталь, сборочная единица, комплекс, комплект. Уяснить, что изделие – это продукт конечной стадии производства. Изделием может быть деталь, сборочная единица, комплекс и комплект.

Обратить внимание на то, что технологический процесс, являясь частью производственного процесса, делится на операции, а операции – на установы или установки, позиции, технологические переходы, ходы и приемы. Примеры операций в технологии изготовления БГИС: нанесение резистивного слоя методом магнетронного распыления, нанесение фоторезиста.

Уяснить термины «операция», «установ», «позиция», «технологический переход», «ход» и «прием» в технологии изготовления БГИС. Также необходимо изучить правила оформления маршрутной и операционной карт и параметры, по которым оценивается технологичность изделий.

Раздел 3. ОСНОВАНИЯ БОЛЬШИХ ГИБРИДНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Схемы построения микроэлектронных устройств. Назначение оснований. Свойства и характеристики диэлектрических оснований. Материалы,

используемые в качестве диэлектрических оснований БГИС, специфика их изготовления.

Свойства и характеристики металлических оснований БГИС. Необходимость разработки и применения металлических оснований. Диэлектрические покрытия металлических оснований. Преимущества и недостатки алюминиевых оснований по сравнению с титановыми и стальными.

[2, с. 6–8; 6, с. 34–44; 7, с. 14–25, 133–155]

Методические указания

Используя указанные литературные источники, провести сравнительный анализ электрических и механических характеристик диэлектрических оснований, изучить специфику их изготовления (оборудование, режимы, обработка поверхности).

Рассмотреть преимущества и недостатки металлических оснований на основе металлов и сплавов (стальных, титановых, алюминиевых) и диэлектрических покрытий оснований (эмаль, керамика, стекло, полимер, оксид металла). Обратить внимание на основную проблему металлических оснований с диэлектрическим покрытием – рассогласование температурного коэффициента линейного расширения покрытия и основы – и проанализировать пути ее решения.

Раздел 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТОПОЛОГИИ ПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ БОЛЬШИХ ГИБРИДНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Формирование фоторезистивной маски. Нанесение фоторезиста. Сушка. Экспонирование. Проявление. Термическая обработка. Режимы и основные параметры процессов.

[4, с. 247–253; 6, с. 153–164; 8, с. 336–345]

Общие закономерности процессов травления. Показатели травления. Жидкостное травление. Газовое (сухое) травление. Струйное травление толстых пленок.

[4, с. 254–255; 6, с. 164–176; 8, с. 397–418]

Общие закономерности процессов электрохимического осаждения и окисления (анодирования). Электрохимическое осаждение меди, золота, серебра. Особенности электрохимического окисления тантала и алюминия.

[6, с. 176–180; 7, с. 33–71]

Формирование диэлектрического слоя на алюминиевом основании. Потенциостатический, гальваностатический и комбинированный режимы получения анодных оксидных покрытий. Структура анодных оксидных покрытий.

[7, с. 72–109; 9, с. 7–29]

Методические указания

При изучении материала данного раздела особое внимание следует уделить наиболее распространенному методу нанесения фоторезиста – центрифугированию; рассмотреть, как связаны между собой параметры процесса (вязкость, скорость вращения центрифуги, толщина слоя фоторезиста). Далее изучить параметры процессов предварительной сушки, экспонирования, проявления и термической обработки фоторезиста. При рассмотрении процесса травления обратить внимание на общие закономерности и показатели процесса (селективность, анизотропия, боковое травление, стойкость защитной маски, искажение формы профиля, неоднородность травления). Разобраться, в каких случаях применяется жидкостное травление, а в каких – газовое.

При изучении процессов электрохимического осаждения и окисления уяснить, что электрохимическое осаждение сопровождается не только переносом заряда, но и переносом вещества. При электрохимическом окислении перенос вещества происходит только на границе раздела «металл – электролит», кислород для формирования окисла берется из электролита.

Вопросы, относящиеся к анодированию тантала и алюминия, режимам анодирования и структуре анодных оксидных покрытий, рассмотреть применительно к устройствам и изделиям микроэлектроники (алюминиевые основания, многоуровневая система межсоединений, корпуса для БГИС).

Раздел 5. КОММУТАЦИОННЫЕ ПЛАТЫ

Классификация коммутационных плат в зависимости от числа проводящих слоев, по конструктивному исполнению (жесткие и гибкие платы). Платы с проводным монтажом. Конструкция. Методы изготовления коммутационных плат. Основные материалы для изготовления коммутационных плат.

[4, с. 308–320; 6, с. 35–43]

Печатные платы. Методы изготовления проводящих слоев печатных плат. Травление медной фольги. Особенности процессов формирования проводящих слоев и травления.

[4, с. 324–334]

Химическая и электрохимическая металлизация печатных плат. Односторонние и двусторонние печатные платы. Особенности конструкции и технологии изготовления печатных плат.

[4, с. 344–357]

Многослойные печатные платы (МПП). Технологические методы изготовления МПП: металлизация сквозных отверстий, открытые контактные

площадки, попарное прессование, послойное наращивание рисунка. МПП с выступающими выводами. Коммутационные платы для поверхностного монтажа. Особенности конструкции и технологии изготовления.

[4, с. 334–340]

Методические указания

Рассмотреть классификацию коммутационных плат в зависимости от числа проводящих слоев (односторонние, двусторонние, многослойные) и методов изготовления (субтрактивный, аддитивный и последовательного наращивания).

Далее изучить классификацию плат по конструктивному исполнению (жесткие и гибкие платы) и платы с проводным монтажом. Проанализировать области применения конструктивных разновидностей коммутационных плат.

Сравнить физико-механические свойства материалов для изготовления плат. Процессы травления меди рассмотреть с точки зрения скорости и температурной стабильности процесса, а также возможности регенерации травильного раствора. Изучая процессы химической и электрохимической металлизации плат, необходимо уяснить, зачем в технологии используется хлористый палладий.

Рассмотреть конструкции и технологии изготовления многослойных коммутационных плат на примере керамических, металлических и металлодиэлектрических плат.

Раздел 6. МАТЕРИАЛЫ ТОЛСТОПЛЕНОЧНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Конструктивно-технологические свойства толсто пленочных элементов. Состав и структура паст. Контактное покрытие частиц в толсто пленочных структурах. Компоненты паст, используемые в производстве толсто пленочных БГИС.

[6, с. 110–116]

Технологические процессы получения толсто пленочных элементов. Трафаретная печать. Сушка. Высокотемпературная обработка (вжигание). Основные характеристики, определяющие качество отпечатков, полученных трафаретной печатью. Режимы и основные характеристики процесса сушки. Три стадии и основные характеристики процесса вжигания.

[4, с. 268–272; 6, с. 116–130]

Влияние технологических параметров на свойства толсто пленочных элементов. Проводниковые пасты на основе серебра, палладия и платины. Металлоорганические пасты. Резистивные пасты: рутениевые, серебряно-палладиевые, боридные, станнатные. Технические характеристики, применение, рекомендуемые профили вжигания. Зависимость удельного

объемного, поверхностного сопротивления и адгезии проводниковых паст от температуры вжигания.

[6, с. 130–137; 12]

Диэлектрические изоляционные пасты, защитные пасты. Полимерные пасты для подложек из стеклотекстолита, гетинакса и гибких подложек из лавсана. Технические характеристики и области применения полимерных паст. Рекомендуемые профили вжигания.

[6, с. 137–151; 12]

Электропроводящие порошки и клеи. Припойные пасты, пасты для посадки кристаллов в керамические корпуса. Мелкодисперсные порошки, электропроводящие клеи на основе серебра. Режимы сушки и вжигания. Технические характеристики, применение, рекомендуемые профили вжигания.

Золотосодержащие пасты, пасты для металлизации кремниевых солнечных элементов, медные пасты, химические соединения драгметаллов. Технические характеристики, применение, рекомендуемые профили вжигания.

[12]

Конструирование трафарета для нанесения припойной пасты. Расчет дозы припойной пасты для пайки поверхностно монтируемых электронных компонентов.

[13]

Методические указания

Как правило, пасты состоят из активного (функционального) материала, неорганического связующего вещества, органического связующего и летучего (испаряемого) растворителя. Проанализировать состав вышеперечисленных составляющих паст. Сформулировать общие положения, характеризующие пасты и сформированные из них толсто пленочные структуры.

Основопологающим фактором, определяющим качество толсто пленочных элементов, является правильный выбор материала и конструкции сетчатого трафарета. «Печатающие» свойства паст зависят от их вязкости. С вязкостью пасты связан основной параметр трафаретной печати – толщина, которая в свою очередь определяет значение удельного поверхностного сопротивления и ТКС. Сформулировать характеристики, определяющие качество отпечатков, полученных трафаретной печатью, отдельно для паст, подложки, трафарета, ракеля, процесса трафаретной печати.

Для обеспечения требуемых физических и электрических свойств паст проводят процесс термической обработки. Рассмотреть два этапа этого процесса: низкотемпературный (сушка) и высокотемпературный (вжигание). Также рассмотреть три стадии процесса вжигания и проанализировать, как электрические параметры паст и их адгезия зависят от температуры вжигания.

Используя различные составы паст, получают толсто пленочные элементы – пленки с различными электрическими свойствами, применяющиеся в качестве проводников, резисторов диэлектрического слоя конденсаторов. Кроме того, имеется группа паст – припойные, при помощи которых выполняется припайка выводов электрорадиоэлементов к контактными площадкам проводников. Рассмотреть состав этих паст, режимы сушки и вжигания. Проанализировать электрические параметры и зависимости этих параметров от состава паст и режимов термообработки.

При конструировании трафарета обратить внимание на то, что при расчете требуемого количества (дозы) пасты необходимо вычислить объем сложной формы, образующейся после оплавления пасты, и учесть поправочный коэффициент, характеризующий зернистую структуру пасты и содержание флюса. При расчете площади окна и толщины трафарета необходимо, чтобы толщина пасты на площадке была одинаковой, что обеспечивается изменением площади окна.

Раздел 7. МНОГОКРИСТАЛЬНЫЕ МОДУЛИ

Многокристальные модули (МКМ) типа МКМ-L и МКМ-C. Технология МКМ-L как разновидность технологии ГИС на основе печатных плат. Технология МКМ-C как новый этап развития технологии ГИС на керамических основаниях. Конструктивно-технологические особенности многокристальных модулей типа МКМ-L и МКМ-C. Основные характеристики. Области применения.

[7, с. 25–32; 14; 15]

Многокристальные модули типа МКМ-D и МКМ-A. Технология МКМ-D – дальнейшее развитие технологии высокоинтегрированных ГИС на основе тонких пленок. Технология МКМ-A как принципиально новая технология ГИС на основе процесса электрохимического окисления вентильных металлов. Конструктивно-технологические особенности многокристальных модулей типа МКМ-D и МКМ-A. Предельные возможности технологии. Частотные характеристики. Перспективы развития.

[7, с. 25–32; 14; 15]

Методические указания

Идея МКМ состоит в том, чтобы для уменьшения массогабаритных характеристик, числа соединений и увеличения быстродействия, помехоустойчивости и надежности монтировать некорпусированные безвыводные кристаллы БИС и СБИС на общую подложку. При изготовлении МКМ могут использоваться полимеры, керамика, материалы тонкопленочной технологии и анодированные основания со встроенными пассивными элементами.

Рассмотреть конструктивно-технологические особенности четырех типов многокристальных модулей: МКМ-L, МКМ-C, МКМ-D, МКМ-A. Проанализировать основную проблему при разработке МКМ – отыскание и подбор материалов с нужным сочетанием электрических, механических и тепловых свойств.

При подготовке можно использовать интернет-источники (обозначение многокристальных модулей в английской аббревиатуре – МСМ). Сравнить предельные возможности технологии и частотные характеристики четырех типов конструкций МКМ.

Раздел 8. СБОРКА БОЛЬШИХ ГИБРИДНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Монтаж электрорадиокомпонентов. Пайка припоями, стеклами и металлическими сплавами. Алюминиевый анодированный корпус для СБИС и БГИС. Бескорпусная герметизация БГИС.

[4, с. 276–303; 6, с. 218–247; 7, с. 304–311; 8, с. 419–518]

Методические указания

При изучении данной темы необходимо разобраться, в каких случаях применяется корпусная, а в каких – бескорпусная герметизация ГИС и БГИС. Уяснить, что монтаж электрорадиокомпонентов в современных толстопленочных ГИС и БГИС проводится с использованием техники поверхностного монтажа (SMD-монтаж). При рассмотрении конструкции алюминиевого анодированного корпуса для СБИС и БГИС обратить внимание на особенности технологии изготовления элементов корпуса: основания, изолятора, выводной рамки и крышки. Проанализировать преимущества и недостатки этого корпуса по сравнению с другими типами корпусов: пластмассовыми, керамическими, металlostеклянными, металлокерамическими.

Раздел 9. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ЭЛЕМЕНТОВ ГИБРИДНЫХ И БОЛЬШИХ ГИБРИДНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Процессы, приводящие к ухудшению свойств пленочных элементов и структур. Изменение характеристик пленочных элементов при эксплуатации. Влияние состава воздушной среды на электрические свойства и эксплуатационные характеристики элементов.

[6, с. 307–333; 7, с. 304–311; 8, с. 419–518]

Методические указания

Изучить особенности процессов миграции, диффузии и химического взаимодействия вещества пленки с окружающей ее газовой средой. Рассмотреть процесс диффузии серебра из серебряносодержащей пасты в резистивной слой толсто пленочных резисторов. Разобраться, как влияет термообработка пленок на увеличение адгезии и снижение внутренних напряжений в пленочных элементах; влага или влага с газами и ионами – на электрические свойства и эксплуатационные характеристики элементов (изменение электрических свойств пленочных элементов, ухудшение способности к пайке и сварке).

ЗАДАНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Каждый студент выполняет контрольную работу в виде письменного ответа на два вопроса из приведенного ниже перечня. Студент может предложить свой вариант одного из вопросов (вопросы №1–33), относящийся к изучаемой дисциплине и перспективным направлениям по совершенствованию технологии БГИС (в частности вопросы №34–40). Номера вопросов выдает преподаватель на установочной сессии. Ответ выполняется рукописным или печатным способом с применением печатающих устройств (принтеров). Высота печатных букв – не менее 1,8 мм. Контрольная работа должна содержать ссылки на использованные литературные источники.

Вопросы к контрольной работе

1. Термины и определения микроэлектроники, касающиеся гибридных интегральных схем. Большие гибридные интегральные схемы и микросборки.
2. Производственный и технологический процессы. Основные понятия и определения. Виды производства. Состав технологической документации и правила оформления.
3. Основы проектирования технологических процессов. Классификация технологических процессов. Технологичность изделий. Параметры технологического процесса.
4. Схема построения микроэлектронного устройства. Назначение оснований. Свойства и характеристики диэлектрических оснований. Материалы, используемые при изготовлении диэлектрических оснований БГИС.
5. Свойства и характеристики металлических оснований БГИС. Диэлектрические покрытия металлических оснований. Алюминиевые основания как наиболее перспективные.

6. Формирование фоторезистивной маски. Методы нанесения фоторезиста. Сушка. Экспонирование. Проявление. Термическая обработка. Режимы и основные характеристики процессов сушки, экспонирования, проявления и термической обработки.

7. Жидкостное и сухое травление. Общие закономерности процессов травления. Показатели травления. Жидкостное травление. Газовое (сухое) травление. Струйное травление толстых пленок.

8. Электрохимическое осаждение меди, золота, серебра. Электрохимическое окисление (анодирование) тантала и алюминия.

9. Потенциостатический, гальваностатический и комбинированный режимы получения анодных оксидных покрытий. Структура анодных оксидных покрытий.

10. Многоуровневая металлизация ГИС и БГИС на основе анодированного алюминия.

11. Конструкция плат, методы изготовления, материалы. Классификация коммутационных плат в зависимости от числа проводящих слоев, по конструктивному исполнению (жесткие и гибкие платы), платы с проводным монтажом. Основные материалы для изготовления коммутационных плат.

12. Печатные платы. Методы изготовления проводящих слоев печатных плат. Особенности процесса травления медной фольги.

13. Химическая и электрохимическая металлизация печатных плат. Односторонние и двусторонние печатные платы. Особенности конструкции и технологии изготовления.

14. Многослойные печатные и коммутационные платы. Коммутационные платы для поверхностного монтажа. Особенности конструкции и технологии изготовления.

15. Методы изготовления многослойных печатных плат. Прессование пакета многослойных печатных плат.

16. Технология проводниковых и тканых плат.

17. Технология многослойных керамических плат.

18. Гибкие полимерные платы.

19. Коммутационные платы для поверхностного монтажа

20. Толстопленочные коммутационные платы.

21. Состав, структура и свойства паст для толстопленочной электроники. Контактное покрытие частиц в толстопленочных структурах.

22. Технологические процессы получения толстопленочных элементов. Режимы, основные характеристики процессов.

23. Проводниковые и резистивные пасты на основе серебра, палладия и платины. Металлоорганические пасты. Высоковольтные резистивные пасты. Технические характеристики, применение, рекомендуемые профили вжигания.

24. Диэлектрические изоляционные и защитные пасты. Полимерные пасты для подложек из стеклотекстолита, гетинакса и гибких подложек из лавсана. Технические характеристики, применение. Рекомендуемые профили вжигания.

25. Электропроводящие порошки и клеи. Припойные пасты, пасты для посадки кристаллов в керамические корпуса. Мелкодисперсные порошки, клеи электропроводящие на основе серебра. Режимы сушки и вжигания. Технические характеристики, применение, рекомендуемые профили вжигания.

26. Золотосодержащие пасты, пасты для металлизации кремниевых солнечных элементов, медные пасты, химические соединения драгметаллов. Технические характеристики, применение, рекомендуемые профили вжигания.

27. Конструирование трафарета для нанесения припойной пасты. Расчет дозы припойной пасты для пайки поверхностно монтируемых электронных компонентов.

28. Многокристалльные модули типа МКМ-L и МКМ-C. Конструктивно-технологические особенности. Основные характеристики. Области применения.

29. Многокристалльные модули типа МКМ-D и МКМ-A. Конструктивно-технологические особенности. Предельные возможности технологии. Частотные характеристики. Перспективы развития.

30. Монтаж электрорадиокомпонентов. Пайка припоями, стеклами и металлическими сплавами. Бескорпусная герметизация БГИС.

31. Особенности конструкции и технологии изготовления алюминиевого анодированного корпуса для СБИС и БГИС.

32. Процессы, приводящие к ухудшению свойств пленочных элементов и структур. Изменение характеристик пленочных элементов при эксплуатации.

33. Влияние состава воздушной среды на электрические и эксплуатационные свойства элементов.

34. Технология изготовления анодированных алюминиевых оснований. Проблемы и пути решения.

35. Напряжения в многослойных пленочных подложках и структурах, методы их уменьшения.

36. Многокристалльные модули на основе анодированного алюминия.

37. Технология поверхностного монтажа компонентов в производстве ГИС и БГИС.

38. Тестовые структуры для контроля электрических свойств металлизации ГИС и БГИС.

39. Металлические подложки со стекловидным покрытием для толстопленочных БГИС и коммутационных плат.

40. Тонко- и толстопленочные нагревательные элементы.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. ГОСТ 17021–88. Микросхемы интегральные. Термины и определения. – Введ. 1990–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1998.
2. Коледов, Л. А. Микроэлектроника : учеб. пособие для вузов. В 9 кн. Кн. 4 : Гибридные интегральные микросхемы / Л. А. Коледов, Э. М. Ильина. – М. : Высш. шк., 1987.
3. Бондаренко, О. Е. Конструктивно-технологические основы проектирования микросборок / О. Е. Бондаренко, Л. М. Федотов. – М. : Радио и связь, 1988.
4. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры / К. И. Билибин [и др.] ; под общ. ред. В. А. Шахнова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005.
5. Борисенко, А. С. Технология и оборудование для производства микроэлектронных устройств / А. С. Борисенко, Н. И. Бавыкин. – М. : Машиностроение, 1983.
6. Бушминский, И. П. Технологическое проектирование микросхем СВЧ : учеб. пособие для вузов / И. П. Бушминский, Г. В. Морозов. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001.
7. Сокол, В. А. Электрохимическая технология гибридных интегральных микросхем / В. А. Сокол. – Минск : Бестпринт, 2004.
8. Готра, З. Ю. Технология микроэлектронных устройств : справ. / З. Ю. Готра. – М. : Радио и связь, 1991.
9. Аверьянов, Е. Е. Справочник по анодированию / Е. Е. Аверьянов. – М. : Машиностроение, 1988.
10. Конструкторское проектирование микросхем СВЧ / И. П. Бушминский [и др.] ; под ред. И. П. Бушминского. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1991.
11. Мэнгин, Ч.-Г. Технология поверхностного монтажа / Ч.-Г. Мэнгин, С. Макклелланд ; пер. с англ. – М. : Мир, 1990.
12. ЗАО «ЭЛМА-ПАСТЫ». Продукция. Технические характеристики паст. Применение [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа : <http://www.users.mmtel.ru/elmapaste>.
13. НПП «РАДУГА». Технология. Требования к проектированию трафаретов [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа : <http://www.raduga-npp.ru/>.
14. Сокол, В. А. Многокристальные модули – стратегическое конструктивно-технологическое направление в создании микроэлектронной аппаратуры / В. А. Сокол // Радиотехника и электроника : респ. межведомств. сб. – Минск, 1999. – Вып. 23. – С. 145–153.
15. Телец, В. А. Многокристальные модули – новое конструктивно-технологическое направление в развитии комплектующих изделий / В. А. Телец // Петербургский журнал электроники. – 2000. – № 3/4. – С. 109–113.

Дополнительная

16. Технология межсоединений электронной аппаратуры : учеб. для вузов / В. В. Семенец [и др.] . – Харьков : Изд-во «Компания СМИТ», 2005.

17. Конструкторско-технологические основы проектирования полосковых микросхем / И. П. Бушминский [и др.] ; под ред. И. П. Бушминского. – М. : Радио и связь, 1987.

18. Нано- и микросистемная техника. Аннотации статей [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа : <http://www.microsystems.ru>.

19. Микросистемная техника : журн. – 1999–2004.

20. Нано- и микросистемная техника : журн. – 2005–2008.

21. Петербургский журнал электроники : журн. – 1999–2008.

22. Технология и конструирование в электронной аппаратуре : журн. – 1998–2008.

Библиотека БГУИР

Учебное издание

Технология больших гибридных интегральных схем

Методические указания и контрольные задания
для студентов специальности 1-41 01 02 «Микро- и нанoeлектронные
технологии и системы» заочной и дистанционной форм обучения

Составитель
Шульгов Владимир Владимирович

Редактор Е. Н. Батурчик
Корректор Л. А. Шичко
Компьютерная верстка Е. Г. Бабичева

Подписано в печать 13.04.2009.	Формат 60x84 1/16.	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».	Печать ризографическая.	Усл. печ. л. 1,05.
Уч.-изд. л. 0,9.	Тираж 55 экз.	Заказ 68.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0131666 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6