

УДК 621.3.049.75, 621.3.049.76

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ КОММУТАЦИОННЫХ ПЛАТ

*Вячеслав Валериевич Хриченко,
студент 3 курса*

Кафедра «Электронные технологии в машиностроении»

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана

*Научный руководитель Ю.С. Боброва,
ассистент кафедры МТ11*

Аннотация

Последние пять лет в России активно ведутся исследования и разработки в области изготовления высокоплотных 3D-микросистем, основу которых составляют многослойные коммутационные платы (далее – МКП). В данной статье приводится обзор технологий для изготовления МКП, как для изделий гражданского, так и для изделий специального назначения. Предлагается перспективная высокопроизводительная технология МКП на основе пленочных полимеров, среди которых выбран наиболее технологичный материал с требуемыми диэлектрическими характеристиками.

Ознакомление с печатными платами. Печатные платы в современном мире.

Под печатной платой понимается конструкция электрических межсоединений на изоляционном основании [1].

В свое время Переход к печатным платам ознаменовал качественный скачок в области конструирования радиоэлектронной аппаратуры. Печатная плата совмещает функции носителя радиоэлементов и электрического соединения этих элементов.

Подлинным "отцом печатных плат" считается австрийский инженер Пауль Эйслер. Технологии массового производства печатных плат оказались востребованными уже во время второй мировой войны. А с середины 50-х годов началось становление печатных плат, как конструктивной основы радиоаппаратуры не только военного, но и бытового назначения.

Печатная плата стала основным конструктивным элементом современной радиоэлектронной аппаратуры.

Роль многослойных печатных плат (далее – МПП) в будущем электронной техники

Главная тенденция развития современной электронной техники – стремление к микроминиатюризации и повышению функциональности ее компонентов [2]. Постоянное совершенствование изделий микроэлектроники и рост степени интеграции микросхем сопровождаются постоянным ростом плотности расположения элементной базы. Плотность монтажа электронных устройств растет примерно на 8% в год, что позволяет уменьшать физические размеры аппаратуры на 20% в год [3]. Увеличение плотности расположения элементной базы требует того же самого от проводников печатной платы – носителя этой элементной базы. В связи с этим возникает множество задач, которые необходимо решать. Так, наиболее действенным методом увеличения плотности монтажа был признан переход к размещению элементов в объеме платы и создание многослойных структур, позволяющих уменьшить размеры платы в разы, без потери, а то и с увеличением за счет сокращения расстояний между элементами, быстродействия.

Очевидно, что многослойные платы на данный момент являются наиболее перспективной отраслью производства коммутационных плат.

Классическая технология производства МПП

Не смотря на все большую распространенность МПП среди российских изготовителей электронной техники, спросом пользуются наиболее простые из них – четырехслойные со сквозными отверстиями. По различным источникам, их доля составляет около 60% от общего количества производимых МПП [4]. Такие платы создаются на базе сравнительно недорогого материала FR4 (таблица 2) и не обладают высокой плотностью монтажа, что говорит о низком быстродействии при габаритах, превышающих габариты МКП, изготовленных более современными методами.

В ознакомительных целях, классическая технология производства МПП приведена на рис.1.



Рис.1. Классическая технология производства МПП

Технология «ПРИМА»

Так как классический метод изготовления МПП, ввиду низкой плотности коммутации и сложности обеспечения теплоотвода от активных элементов, не соответствует современным международным стандартам, была создана технология «ПРИМА», позволяющая изготавливать платы с плотностью монтажа превышающей плотность классических МПП в 2-2.5 раза.

В настоящее время в наше время идет активная разработка производств на базе этой технологии. «ПРИМА» была разработана еще в советские годы, но в связи с кризисом 90х годов, была оставлена без внимания вплоть до 2008 года [5].

Сами создатели технологии А.Слонимский, Р.Тахаутдинов, А.Девитайкин описывают ее следующим образом: на обе поверхности металлической пластины (в которой при необходимости формируют сквозные отверстия) поочередно на каждую сторону наносят слой конструкционного фоточувствительного полимера (Эповин, Su-8, Cyclotone 4000), обладающего фоторезистивными свойствами. Компаунд покрывает при этом стенки отверстий. После полимеризации компаунда соответствующую поверхность шлифуют, чтобы обеспечить необходимую плоскостность.

Затем на одной из поверхностей методом фотолитографии формируют копируемо-изолирующий рельеф (далее – КИР), так что рисунок, образованный впадинами рельефа, соответствует будущему проводящему рисунку.

Всю поверхность КИР, в том числе выступы и впадины, подвергают меднению (т.е. покрытию медной пленкой) сначала – плазменно-дуговым или магнетронным способом, а затем – гальваническим до заданной толщины. После этого медь, нанесенную на выступающие части КИР, удаляют машинным плоским шлифованием, не затрагивая при этом медь, оставшуюся в канавках и образующую проводящий рисунок слоя.

Следует отметить, что получение проводящего рисунка без применения припоев, без травления и, соответственно, без подтравливания проводников, а также исключение возможного зарастивания узких промежутков между проводниками (когда медь и припой гальванически наращивают по рисунку), которое возникает при осаждении меди на всю поверхность, позволяют уменьшить ширину проводников до 0,05 мм, а ширину зазоров – до 0,1 мм. Поэтому разрешение процесса будет определяться только разрешением фоторезиста.

Таким образом формируется проводящий рисунок первого слоя. Далее аналогичным способом получают второй слой, содержащий в качестве проводящего рисунка столбики, которые служат для межсоединения проводящих рисунков смежных слоев, и, наконец, тем же способом формируют проводящий рисунок третьего слоя, который с помощью столбиков второго слоя соединяется с проводниками первого слоя. При необходимости таким способом можно получить проводящие рисунки в следующих слоях, а также слой защитной маски.

Все операции выполняются на групповых заготовках.

Подобный метод изготовления электроники удобен и технологичен, когда идет речь о производстве изделий специального назначения, выпускаемых поштучно или мелкими сериями.

В то время, как во всем мире около 92% электроники идет на нужды массового рынка: товары широкого потребления, телекоммуникации и автомобильная промышленность, лишь 6-8% электроники производится в рамках специальной промышленности. Таким образом, производство изделий массового назначения является приоритетной отраслью коммутационных плат.

В России же распределение электроники по сферам применения несколько другое: 20-25% производств единичных и малосерийных занимается изготовлением изделий специального назначения.

«ПРИМА» в представленном на данный момент виде, не способна заменить собой традиционную технологию изготовления МПП и удовлетворить потребности серийного и массового производства изделий гражданского назначения.

Ощущается острая нехватка отечественных изделий широкого потребления. Необходимо разработать технологию, способную удовлетворить потребности массового рынка при минимальных затратах на её реализацию.

Технология производства многослойных коммутационных плат, на основе наполненных минералами полукристаллических пленочных полимеров

Предлагается доработать вышеупомянутую технологию, поставив в ее основу конвейерное производство, где, в качестве самой ленты конвейера выступает диэлектрическое основание платы. Очевидно, что материал основания, претерпевающий деформации, перекачиваясь через ролики, должен обладать большей гибкостью и пластичностью, чем FR4 и AlN – материалы основания, широко распространенные в производствах по классической технологии и технологии «ПРИМА» соответственно. Немаловажным преимуществом предлагаемой технологии (рис.2) является отсутствие необходимости разработки новых материалов. Производство гибких и гибко-жестких печатных плат обеспечено большой номенклатурой материалов, обладающих необходимыми механическими и технологическими свойствами. Среди них можно выделить гибкие полиимидные пленки и пленки ARTIV PEEK, изготовленные из полимера Victrex PEEK.

Табл.1. Основные технологические характеристики приоритетных материалов оснований

Материал	Тангенс угла потерь	Коэффициент линейного теплового расширения, $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Полиимид ПМ-1	0,0025 - 0,003	20 — 30
Пленка ARTIV PEEK1000 (ненаполненная)	0.002	47
Пленка ARTIV PEEK 1100(наполненная минералами)	0.001	35

Проведя сравнительную характеристику, можно выделить наполненные минералами полукристаллические пленки ARTIV PEEK 1100, изготовленные из полимера Victrex PEEK как наиболее подходящий в нашем случае материал основания.

Таблица 2. Стоимость производства 1 кв. дм МКП каждым из перспективных методов

Метод	Классический МПП 7 класс точности		«ПРИМА»		Конвейерный	
	Название	Примерная стоимость, \$/кв.дм	Название	Примерная стоимость, \$/кв.дм	Название	Примерная стоимость, \$/кв.дм
Материал основания	FR4	0,5	AlN	30	ARTIV PEEK 1100	5.8
Материал соединения/ диэлектрический слой	Препрег (соединительная стеклоткань)	0,03	Su-8, MicroChem, Германия	10	-	0
Процесс соединения слоев	Прессование	Цена n	Фотолитография	Цена m; m>n	Прессование	Цена n
Итого		0,53+n		40+m		5.8+n

Из таблицы 2 видно, что наименьшая себестоимость платы на единицу площади наблюдается у изделий, выполненных классическим методом изготовления МПП. Тем не менее, классическая технология не позволяет производить платы с плотностью упаковки, продиктованной стандартами современного рынка электроники. В то же время, стоимость АРТIV РЕЕК 1100 на единицу площади заметно ниже стоимости оснований, полученных технологией «ПРИМА», что, при прочих равных показателях, является значимым достоинством в условиях массового производства.

Технологический процесс изготовления коммутационной платы предлагается полностью автоматизировать, в связи с чем был разработан следующий ряд операций (рис.2)

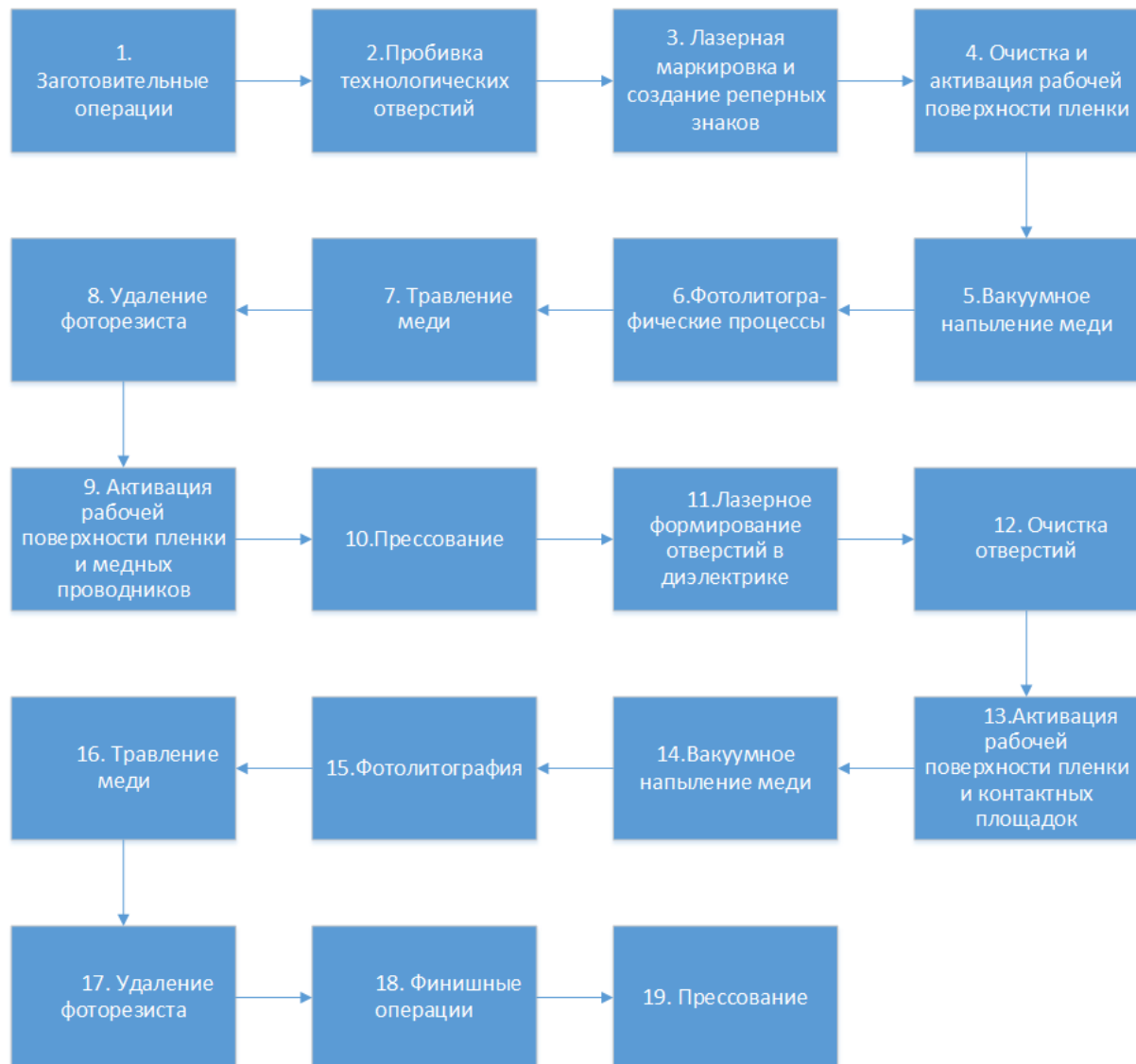


Рис. 2. Технология производства многослойных коммутационных плат, на основе наполненных минералами полукристаллических пленочных полимеров

Безусловно, в связи со спецификой метода, возникает целый ряд вопросов по реализации технологии в реальном производстве. Один из таких вопросов задает тот факт, что при выполнении некоторых технологических операций, часть движущейся ленты требуется поместить в вакуум. Так, в ходе изысканий было принято решение об установке многокамерных вакуумных установок шлюзового типа, действующих без разгерметизации. Подобные установки широко используются при нанесении покрытий на длинномерные стекла.

«Мышление должно уметь видеть одно в другом». Эрнст Симон Блох

Ввиду того, что представленная технология базируется на уже разработанных материалах и находит решения подавляющего большинства технологических вопросов в уже существующих областях промышленности, ее дальнейшая разработка и ввод в эксплуатацию не требует значительных затрат. Сам же метод является возможностью производить МКП, соответствующие современным требованиям, между тем, способные удовлетворить потребности серийного и массового производства изделий гражданского назначения, обеспечивая значительно меньшую (табл.2) себестоимость изделий, в сравнении с наиболее перспективной на данный момент технологией «ПРИМА».

Литература

1. *Медведев А.М.* «Печатные платы. Конструкции и материалы», 2005.
2. *В. Уразаев.* «Печатные платы - линии развития»,
3. *Медведев А.М. Семенов.* «Концепция развития российского производства печатных плат», 2010
4. *Р.Тахаутдинов.* «Многослойные печатные платы. Первые шаги в освоении операции прессования», 2010
5. *А.Слонимский, Р.Тахаутдинов, А.Девитайкин.* «Безотходная технология производства печатных плат», 2008