



УДК 621.3.049.75

ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ: ПРОИЗВОДСТВО И КЛЮЧЕВЫЕ ТРЕНДЫ СЕГОДНЯ

Валидов Азамат Рафисович

студент 4-го курса, направление «Медицинская физика»

Орлов Алексей Вениаминович

доцент, кандидат технических наук,

Стерлитамакский филиал Уфимского Университета Науки и Технологий

Россия, г. Стерлитамак

Аннотация. В статье рассматриваются ключевые аспекты производства печатных плат (ПП) как фундаментальной основы современной электроники. Анализируются традиционные методы изготовления, а также инновационные подходы, такие как 3D-печать керамических плат и технология Ultra HDI. Особое внимание уделено современным трендам, включая влияние искусственного интеллекта.

Ключевые слова: печатная плата, PCB, HDI, Ultra HDI, 3D-печать, аддитивные технологии, керамические платы, искусственный интеллект, электроника.

PRINTED CIRCUIT BOARDS: PRODUCTION AND KEY TRENDS TODAY

Validov Azamat Rafisovich

4th-year student, Medical Physics

Orlov Alexey Veniaminovich

Associate Professor, PhD in Engineering,

Sterlitamak Branch of the Ufa University of Science and Technology

Sterlitamak, Russia

Abstract. The article examines key aspects of printed circuit board (PCB) manufacturing as the foundational basis of modern electronics. It analyzes traditional fabrication methods, as well as innovative approaches such as 3D printing of ceramic boards and Ultra HDI technology. Special attention is given to contemporary trends, including the influence of artificial intelligence.

Keywords: printed circuit board, PCB, HDI, Ultra HDI, 3D printing, additive technologies, ceramic boards, artificial intelligence, electronics.

ВВЕДЕНИЕ

Печатные платы (ПП) являются неотъемлемым элементом конструкции практически всех современных электронных устройств — от смартфонов и бытовой техники до серверов

искусственного интеллекта и аэрокосмического оборудования. Функционально ПП обеспечивает механическое крепление и электрическое соединение электронных компонентов. Поскольку вычислительные мощности растут, а размеры устройств уменьшаются, требования к технологии изготовления ПП становятся все более жесткими. Целью данной работы является анализ текущего состояния и перспектив развития технологий производства печатных плат на основе актуальных данных отраслевых исследований и последних технических разработок.

1. КЛАССИЧЕСКИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПП

Традиционно производство многослойных печатных плат (МПП) базируется на методах субтрактивной технологии (травление фольги), ламинировании и механическом сверлении. Этот процесс хорошо отработан для массового производства, однако он требует дорогостоящей оснастки и сложной логистики, что делает его негибким при мелкосерийном производстве прототипов.

В 2025 году учеными РТУ МИРЭА был запатентован инновационный метод, сочетающий синтез полимерно-керамического композита и высокоточную 3D-печать [1; 5]. Эта аддитивная технология позволяет создавать многослойные керамические платы без использования сложных пресс-форм. Процесс включает четыре этапа: синтез композита, 3D-печать, нанесение токопроводящих элементов и обжиг. В зависимости от требований к готовому изделию применяется высокотемпературная керамика (НТСС) для работы в экстремальных условиях или низкотемпературная (ЛТСС) для энергоэффективных решений [1].

Ключевым преимуществом аддитивного метода является экономическая эффективность. Согласно заявлениям разработчиков, отказ от дорогостоящей оснастки позволяет снизить производственные затраты до 50%, что делает технологию рентабельной даже в мелкосерийном производстве [5]. Это открывает новые возможности для быстрого прототипирования в силовой электронике, медицине и телекоммуникациях.

2. ТРЕНД МИНИАТЮРИЗАЦИИ: ПЕРЕХОД ОТ HDI К ULTRA HDI

В погоне за миниатюризацией и повышением производительности устройств отрасль переходит к технологиям высокоплотного межсоединения (HDI). Однако на смену стандартному HDI приходит Ultra HDI. Если традиционные HDI-платы используют лазерное сверление микроvias диаметром около 100 мкм (4 мила), то Ultra HDI оперирует размерами в 50-75 мкм (2-3 мила) [3].

Для реализации Ultra HDI требуются ультратонкие диэлектрические слои (до 25-35 мкм) и медная фольга с весом 1/4 унции. Ключевой проблемой здесь становится соотношение аспектов (глубины к диаметру). Чтобы обеспечить надежное заполнение микроотверстий, традиционные смолы уже не подходят — необходима металлизация медью. Медное заполнение переходных

отверстий не только улучшает электропроводность, но и служит эффективным каналом для отвода тепла, что критически важно для высокопроизводительных вычислительных систем [3].

3. ВЛИЯНИЕ ИИ И ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Искусственный интеллект и центры обработки данных (ЦОД) становятся главными драйверами инноваций в производстве ПП. Серверы для обучения нейросетей требуют плат с экстремальными характеристиками.

Согласно отраслевым отчетам, среднее количество слоев в печатной плате для сервера ИИ выросло с 14-18 в 2019 году до 20-32 в 2025 году [6; 8]. Это вызвано необходимостью расслоения питания и заземления для обеспечения целостности сигналов на скоростях PCIe 5.0 и выше (112 Гбит/с и более). Массовое производство переходит на использование сверхнизкопотерных материалов (Ultra Low Loss). Если стандартная плата FR4 имеет коэффициент рассеяния (Df) около 0.02, то для серверов следующего поколения требуются материалы класса M7/M10 с $Df < 0.002$ [6]. Стоимость таких материалов в 10-20 раз превышает стоимость стандартного FR4, что кардинально меняет экономику производства высокотехнологичной электроники.

Список литературы:

1. Юшин Д. и др. Разработка метода аддитивного производства керамических многослойных печатных плат // РТУ МИРЭА. – 2025.
2. Global Market Insights. Отчет по рынку сборки печатных плат (PCB Assembly Market). – 2026.
3. Dunn T. От HDI до Ultra HDI: Структура переходных отверстий в дизайне печатных плат // Altium Resources. – 2025.
4. Research Nester. Отчет о размере рынка печатных плат и прогнозе до 2035 года. – 2025.
5. Любавина А. Российские ученые нашли способ снизить затраты на производство печатных плат до 50% // CNews. – 2025.
6. Highleap Electronic. Революция в области печатных плат для серверов искусственного интеллекта в 2026 году. – 2026.
7. Мироненко В. Переход на отечественные печатные платы буксует // 3DNews. – 2025.
8. PCBWay. Заполнение пробела в производстве высокотехнологичных печатных плат для ускорения роста электронной промышленности с помощью ИИ. – 2025.