

## Отзыв

на автореферат диссертации Старцева Виктора Андреевича  
«Процессы микросборки на гибкой органической подложке методом каплеструйной печати»,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06 - «Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники»

Современная ниша электроники – гибкая печатная электроника. Под гибкой электроникой понимают совокупность всех технологий, которые могут потенциально обеспечить гибкость устройств. Преимуществом таких технологий являются более простые и дешёвые производственные процессы, которые позволяют снизить стоимость конечных устройств. Так, можно снизить количество циклов фотолитографии, избежать высокотемпературных процессов и специальных вакуумных условий. Кроме того, для изготовления устройств гибкой электроники можно использовать растворные и печатные методы, что значительно снижает стоимость технологических процессов и увеличивает их производительность. Использование материалов гибкой электроники позволяет не только снизить стоимость одного устройства, но также производить устройства большой площади, снизив при этом стоимость единицы площади. Это играет большую роль в производстве дисплеев и сенсорных интерфейсов. Механические свойства — гибкость, растяжимость — имеют большое значение при интеграции электроники в применения, не доступные при использовании традиционной кремниевой электроники.

Одним из перспективных направлений гибкой печатной электроники является *Носимая электроника* – малогабаритные устройства, имеющие минимальное энергопотребление и низкую стоимость. Поставки носимой электроники в глобальном масштабе по итогам 2020 года составили 444,7 млн единиц, что на 28,4% больше в сравнении с предыдущим годом.

Для формирования гибридных микросборок на гибких коммутационных платах большой интерес представляет каплеструйная печать. Каплеструйный процесс печати отличается рядом преимуществ: он более эффективен с экономической точки зрения; освобождает конструкторов от имевшихся ранее ограничений; у него высокая точность; это чистый и полностью программируемый процесс; он может помочь при проблемах с поставкой компонентов; способен поддерживать стабильность планирования производства; предотвратить возникновение многих видов брака; облегчается нанесение слоев пасты различной высоты.

Поэтому тема диссертационной работы Старцева В.А., посвященной разработке технологии каплеструйной печати для формирования систем многослойной коммутации и микросборки электронных компонентов на гибких органических подложках представляется **актуальной**.

Автором рассмотрены основные принципы каплеструйной печати, исследованы процессы получения токопроводящих и диэлектрических слоев каплеструйной печатью. Разработаны рекомендации по печати многослойной коммутации данным методом. Рассмотрены процессы монтажа бескорпусных электронных компонентов на гибкую печатную плату методом каплеструйной печати. Разработаны процессы создания

гибридных сборок корпусных компонентов на гибких печатных платах, изготовленных каплеструйной печатью.

**Научная новизна** заключается в реализации новых технологий на базе каплеструйной печати: технология бесшаблонного нанесения токопроводящих и диэлектрических слоев и формирования их многослойных композиций; технология монтажа кристаллов электронных компонентов на гибкие органические носители.

Автором реализованы микросборка и контактирование бескорпусных и корпусных электронных компонентов на гибкой коммутационной плате на основе технологий каплеструйной печати. Разработано семейство гибких функциональных модулей на базе технологий каплеструйной печати.

Для исследования коммутационных слоев и гибридных сборок использовалось современное аналитическое оборудование и методики.

Вместе с тем, на наш взгляд, следует отметить **недостаток** автореферата.

В автореферате ограничены конкретные сведения о токопроводящих, диэлектрических слоях и электронных компонентах.

Судя по автореферату, диссертационная работа Старцева Виктора Андреевича удовлетворяет требованиям ВАК Министерства науки и высшего образования, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и полностью соответствует пункту 9 «Положения о присуждении ученых степеней» по Постановлению Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 01.10.2018), а её автор, Старцев В.А., заслуживает присуждения ему **ученой степени кандидата технических наук** по специальности 05.27.06 - «Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники»

доктор технических наук, профессор,  
зав. кафедрой физики твердого тела и микроэлектроники  
ФГБОУ ВО «Новгородский государственный  
университет имени Ярослава Мудрого»  
Юридический (фактический) адрес:  
173003, Великий Новгород,  
ул. Большая Санкт-Петербургская, д.41  
тел.: 8 (8162) 97 42 78  
e-mail: Boris.Seleznev@novsu.ru

Борис Иванович Селезнев

*31.05.2021г.*

Подпись Селезнева Б.И. заверяю,  
проректор по научной работе и  
инновациям Новгородского  
государственного университета имени  
Ярослава Мудрого, д.т.н., доцент

А.Б. Ефременков

