

# Обновление парка оборудования для производства керамических конденсаторов – один из шагов к освоению новых горизонтов миниатюризации

Визит на производство ООО «Кулон»

В. МIRONЮК



Расположенное в Санкт-Петербурге ООО «Кулон» известно как один из крупнейших производителей пассивных электронных компонентов. Предприятие многие годы успешно выпускает керамические конденсаторы и проходные фильтры, которые применяются как в военной и специальной технике, так и в аппаратуре народно-хозяйственного назначения.

Постоянная тенденция уменьшения размеров радиоэлектронной аппаратуры обязывает «Кулон» развивать технологии миниатюризации компонентов. Одна из последних разработок – многослойный керамический чип-конденсатор K10-90, в ряду типоразмеров которого есть и 1005M (0402). Для производства таких изделий требуется соответствующее современное оборудование – и компания недавно приобрела его.

Мы посетили производственные участки, где установлено новое оборудование. Сопровождавший нас главный конструктор предприятия Денис Владимирович Махин подробно рассказал о возможностях и особенностях установок, которые позволяют предприятию удерживать лидирующие позиции среди российских производителей пассивных электронных компонентов.

## СТРУКТУРА И ТЕХНОЛОГИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ

Как и любой керамический конденсатор, К10-90 представляет собой «пирог» из чередующихся слоев металлических электродов и керамических (диэлектрических) слоев. За счет уменьшения толщины керамической пленки и металлизации электрода, а также максимального увеличения площади металлизации удается достичь наиболее эффективного прироста номинальной емкости по сравнению с другими изделиями. Денис обратил наше внимание, что конденсатор К10-90 производится в широком диапазоне типоразмеров, начиная с 0402 и заканчивая 2220 (габаритом от 1,0×0,5 до 5,7×5,0 мм соответственно).

Чтобы получить требуемую емкость и уложиться, например, в типоразмер 0402, в конденсатор К10-90 укладывают до 100 слоев. Толщина металлического электрода – 3–4 мкм, керамики – 10 мкм в необожженном виде.

Основные операции изготовления конденсатора К10-90:

- литье керамической пленки;
- резка пленки на листы;
- металлизация керамической пленки;
- сборка керамических пакетов;
- рубка керамического пакета на заготовки;
- обжиг при температуре 900–1100 °С;
- серебрение для формирования внешнего контактного узла;
- нанесение гальванического покрытия (никель-барьерного слоя);
- контроль электропараметров;
- контроль внешнего вида;
- приемка ОТК, ВП;
- упаковка в блистерную ленту.

Подробно технология производства многослойных конденсаторов в ООО «Кулон» представлена в статье по результатам нашего посещения предприятия год назад (ЭЛЕКТРОНИКА НТБ, 2021, № 3, с. 36–44).

Теперь же Денис сделал акцент на линейке оборудования, появившегося на предприятии после нашего предыдущего визита. Оно было приобретено при поддержке Фонда развития промышленности для организации серийного производства новых моделей конденсаторов.

### ЛИТЬЕВАЯ МАШИНА

Сначала Денис объяснил, почему возникла потребность в новой литьевой машине. Вся номенклатура изделий предприятия делается на керамических пленках толщиной от 10 до 28 мкм, лишь в некоторых пленка толщиной 31 мкм. Когда разрабатывали и осваивали изделие К10-90, в его конструкцию закладывали керамические пленки толщиной от 10 до 28 мкм.



Денис Махин

Существующая на предприятии литьевая машина производства КЕКО Equipment (Словения) способна создавать пленки толщиной 10 мкм, однако это предел ее возможностей. Поэтому приобрели новую, более совершенную машину этой же марки, рассчитанную на литье керамических пленок толщиной 5–250 мкм.

Кроме классического типа литья, когда шликер через фильеру поступает на движущуюся лавсановую подложку, у нее предусмотрена технология литья slotted die, где используется более тонкий процесс подачи шликера. По словам Дениса, именно эта технология отрабатывается для изделий К10-90, чтобы пленки при литье имели более равномерное распределение толщины шликера. У новой машины КЕКО лучше воспроизводимость результатов, так как она льет тонкие пленки для конденсаторов не на границе своих возможностей.

У нее также есть система контроля толщины пленки. Лазерный датчик с определенной периодичностью измеряет толщину, и на встроенном ноутбуке в реальном



Литьевая машина старого образца УБ-636



Передняя рабочая панель литейной машины САМ – Н355



Панель контроля толщины пленки на литейной машине САМ – Н355

времени демонстрируется ее распределение. «На старых машинах такого контроля нет, и литейщицы сами периодически замеряют толщину пленки и фиксируют значения на карточках», – отметил Денис.

К достоинствам новой машины следует отнести наличие системы обрезки пленки по ширине и большее количество регулировок скорости подачи шликера, скорости движения подложки, температуры сушки и т. п.

## УСТАНОВКА РЕЗКИ ПЛЕНКИ НА ЛИСТЫ

Керамическая пленка в рулонах после литейной машины передается на установку резки – это вторая машина из прибывшей недавно линейки оборудования. Сам процесс резки традиционен. Уникальность этой установки в том, что она еще производит разбраковку нарезанной пленки. Когда после ножа появляется лист нужного размера, система контроля и сравнивает его изображение со снимками дефектов, занесенных в ее базу данных, и сортирует листы по двум контейнерам: годные или негодные.

«Мы сейчас настраиваем эту машину: проверяем «вручную», насколько правильно она идентифицирует дефекты и разбраковывает листы, – сообщил Денис и добавил, –

после отладки машины контролировать качество листов будет она, а не работники».

## СБОРЩИК ПАКЕТОВ

После металлизации листов производят сборку пакетов керамических конденсаторов. Сборщику задается программа – сколько и каких листов уложить и в каком порядке. В процессе сборки он также производит две подпрессовки пакета.



Машина резки керамической пленки SC-35MNC



Машина сборки ST-6AVC





Машина сборки ST-6AVP

Сборщик пакетов – третья машина из линейки оборудования, привезенного в декабре. «Она похожа на уже имеющуюся у нас машину, – отметил Денис. – Только здесь обновлено программное обеспечение и несколько различаются настройки и программа задания подпрессовки керамического пакета».

После формирования пакета его отправляют на изостатический пресс для финального прессования.

## АВТОМАТЫ КОНТРОЛЯ ВНЕШНЕГО ВИДА ЗАГОТОВОК

Производство конденсаторов размером  $1,0 \times 0,5$  мм потребовало пересмотра концепции обращения с такими мелкими изделиями. «Вручную» очень трудно проверить качество их сборки, посчитать количество и упаковать, а при серийном производстве это практически невозможно.



Рабочие механизмы машины сборки ST-6AVP



Автоматы контроля внешнего вида конденсаторов TOPAS-600

Для решения этой проблемы предприятие в сентябре приобрело две машины контроля внешнего вида заготовок, произведенных в Тайване. По устройству они идентичны и отличаются только бункерами, потому что бункеры устанавливаются под изделия с определенными габаритными размерами.

Из бункера направленной и регулируемой вибрацией заготовки подаются на вращающееся с определенной скоростью стекло, где внешний вид всех их граней контролируется с помощью шести видеокамер. Их изображения проверяются на наличие дефектов, зафиксированных в базе данных, и по результатам сравнения заготовки направляются в один из пяти бункеров: три бункера для заготовок, забракованных по разным типам дефектов, один – для годных и еще один – для пересмотра. В последний бункер автомат направляет заготовку,



Рабочие механизмы автомата контроля внешнего вида конденсаторов TOPAS-600

если сомневается, куда ее кинуть, или просто в момент ее прохождения не успел зафиксировать изображение какой-то из граней.

«Эти автоматы очень помогли нам при контроле внешнего вида изделий самого мелкого типоразмера 0402, поскольку работник не может весь день сидеть и рассматривать в микроскоп заготовки. Мы планируем активно внедрять эти установки для разбраковки изделий после операций «обжиг», «нанесение гальванического покрытия» и на участке выходного контроля, – подчеркнул Денис и отметил, – иногда разрешающей способности камер не хватает, чтобы увидеть зарождающиеся дефекты. Один из самых серьезных дефектов у конденсаторов – это расслоение. Система контроля видит, когда оно уже явное, но, бывает, не замечает расслоения, когда оно еще в виде тонкой полоски. Однако у нас нет претензий к производителям оборудования: они ясно указали, какие типы дефектов автомат может выявлять, а какие нет».

Наличие двух автоматов позволяет контролировать на одном – заготовки размером от  $1,0 \times 0,5$  до  $3,2 \times 1,6$  мм, а на другом – от  $3,2 \times 2,5$  до  $5,7 \times 5,0$  мм. Есть еще два бункера на самые большие заготовки –  $10 \times 8$  мм и  $12 \times 10$  мм.

«Мы тестировали повторяемость результатов этих машин. Загружали в них несколько тысяч заготовок и смотрели, какое их количество автомат отбраковывает и в какие бункеры, сколько штук признает годными. Расхождение с повторным контролем, конечно, было, но оно не превышало десятков штук. С учетом специфичности некоторых из дефектов, я считаю, что это очень хороший результат», – сообщил Денис.

## УПАКОВЩИК В БЛИСТЕРНУЮ ЛЕНТУ

Конденсатор такого малого размера, как  $1,0 \times 0,5$  мм, вручную не припаять. Он пригоден только для автоматического монтажа. А для такого монтажа требуется упаковывать его в блистерную ленту – и предприятие приобрело соответствующее оборудование. Упаковщик установлен и работает. Однако по словам Дениса, нет заказов на конденсатор К10-90 самого малого габарита 0402 в блистерной ленте. Поэтому с помощью этой установки упаковывали только пробные партии.

Другой недавно приобретенный упаковщик рассчитан на более широкую линейку габаритов. Он может упаковывать в блистерную ленту конденсаторы шести габаритных размеров – по два габарита на каждый загрузочный бункер.

Максимальная скорость упаковщика – 200 шт. в минуту, но обычно работают на скорости 100 изделий в минуту. Машина существенно увеличивает производительность по сравнению с ручным трудом, когда конденсаторы укладывают пинцетом в каждую ячейку. Если выработка в смену при ручной упаковке достигает 6 тыс. шт., то машина может упаковать и 30 тыс., и 40 тыс.



Рабочие механизмы упаковщика в блистерную ленту

«Нас больше заботит не производительность упаковщика, а то, что у нас заказы небольших объемов и после каждой партии изделий приходится тратить время на переналадку оборудования», – обозначил проблему Денис.

Сложности также создают несоответствие габаритных размеров у изделий дюймовых и метрических типоразмеров. Добавляется еще и различие в допусках. У российских изделий они шире, то есть разброс габаритных размеров у них больше. Все это увеличивает затраты времени на переналадку.

В настоящее время предприятие внедряет упаковку в блистерную ленту для всех выпускаемых безвыводных изделий, независимо от того, предназначены они для ручного или автоматизированного монтажа. Наиболее массовые партии уже упаковываются в блистерную ленту, которую укладывают в коробку. Сейчас технологи думают, как организовать процесс для упаковки небольших



Инструменты для разрезания и соединения блистерной ленты: усовершенствованные ножницы и пресс-клещи



# РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ И ПРОХОДНЫХ ФИЛЬТРОВ

# К

# У

# Л

# О

# Н

## НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ:

- варисторы ВР-18, ВР-19;
- фильтры Б36;
- конденсаторы К10-89, К10-90.

## СЕРИЙНАЯ ПРОДУКЦИЯ:

- многослойные конденсаторы: К10-17, К10-42, К10-47, К10-50, К10-54, К10-57, К10-79, КМК;
- трубчатые конденсаторы: ТК, К10-51К, КТП, КТ-1Е;
- фильтры: Б14, Б23А, Б23Б, Б28, Б29, Б7-2, Б24.



партий по 50 или 100 шт. С ними больше времени уйдет на предварительные и дополнительные действия, чем на саму упаковку.

Один из путей решения этой проблемы – упаковать большую катушку изделий определенного номинала, а потом по мере необходимости отрезать от ленты нужное количество. Для этого и специальные ножницы для блистерной ленты имеются. Небольшое их усовершенствование не позволяет порезать компонент или повредить ленту.

Бывает и обратная задача, когда из кусочков ленты надо собрать полный комплект компонентов для автоматического монтажа. Она решается с помощью клипс и пресс-клещей.

С помощью этих инструментов легко формируется блистерная лента для установщиков компонентов в линиях поверхностного монтажа, которым требуется, чтобы

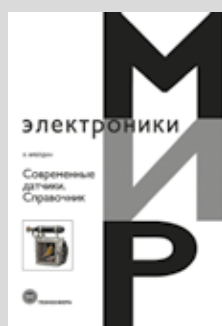
в блистерной ленте было определенное количество пустых ячеек, – их просто прикрепляют к ленте с компонентами.

## ВИДЫ НА ОБОРУДОВАНИЕ

Под конец нашей встречи Денис поделился планами предприятия, разработанными с опорой на недавно приобретенное оборудование: «Основное в планах на текущий год – это выполнение серийных заказов конденсаторов К10-90 и расширение их номенклатурного ряда. Уже проведены опытные работы по увеличению количества слоев и, следовательно, увеличению емкости на ряде габаритов. Ведется работа по увеличению номинального напряжения выпускаемых конденсаторов К10-90 с 50 В до 100 В.

Мы стремимся наращивать производство компонентов для гражданского применения, и новое оборудование способствует выполнению такой задачи».

## КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 1960 руб.

### СОВРЕМЕННЫЕ ДАТЧИКИ. СПРАВОЧНИК

Фрейдин Я.

М.: ТЕХНОСФЕРА,  
2021. — 800 с.,  
ISBN 978-5-94836-619-7

Справочник по современным датчикам можно назвать настольной книгой исследователя в любой области естествознания, поскольку в нем изложены физические принципы, методы разработки и варианты практического использования широкого спектра датчиков в самых разнообразных областях применений. Книга выдержала пять изданий на английском языке, и это не случайно, ведь любая современная система измерений не обходится без применения датчиков, которые являются «переводчиками» окружающей аналоговой природы на язык цифровой техники.

Со времени публикации первого русского издания произошло значительное развитие технологии создания широкого спектра датчиков и детекторов, которые совершили значительный рывок в развитии. Чувствительность датчиков стала выше, габариты – меньше, селективность – лучше, а цены – ниже. Быстро развивается новая, ставшая основной областью применения датчиков в устройствах мобильной связи, поэтому в настоящем издании более подробно рассмотрено данное направление. В книге содержится новая информация по созданию химических и биохимических датчиков, уделено внимание математическому моделированию передаточных характеристик датчиков, используемых при создании измерительных систем и комплексов. Книга является превосходным справочным пособием для студентов, исследователей, проектировщиков датчиков и специалистов, разрабатывающих измерительные системы.

### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; [knigi@technosphera.ru](mailto:knigi@technosphera.ru), [sales@technosphera.ru](mailto:sales@technosphera.ru)

20-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ЭЛЕКТРОНИКИ

# ChipEXPO-2022

КОМПОНЕНТЫ | ОБОРУДОВАНИЕ | ТЕХНОЛОГИИ

ВЫСТАВКА ПРОЙДЕТ



# 13-15.09

В ТЕХНОПАРКЕ ИННОВАЦИОННОГО ЦЕНТРА



# СКОЛКОВО



ТЕМАТИЧЕСКИЕ ЭКСПОЗИЦИИ:

- ✓ Предприятия радиоэлектронной промышленности России
- ✓ Поставщики электронных компонентов
- ✓ Участники конкурса "Золотой Чип"
- ✓ Новинки производителей электроники
- ✓ Стартапы в электронике (стенд Инновационного центра Сколково)
- ✓ Дизайн-центры электроники

ОФИЦИАЛЬНАЯ  
ПОДДЕРЖКА:



МИНПРОМТОРГ  
РОССИИ



ОРГАНИЗАТОРЫ:

ЗАО «ЧипЭКСПО», 111141, Москва, Зеленый пр-т, д.2  
Тел.: +7 (495) 221-50-15, E-mail: info@chipexpo.ru  
<http://www.chipexpo.ru>