Струйные принтеры.

Хотя разговоры о "безбумажной" технологии ведуться уже довольно давно,

нормальную работу с компьютером пока еще трудно представить без использования

печатающего устройства. Не будем, даже кратко, излагать историю его развития.

Ограничимся констатацией того факта, что в настоящее время весь безграничный мир

принтеров разделился на несколько устойчивых групп, каждая из которых отличается

способом перенесения на бумагу.

Методу струйной печати уже почти сто лет. Появление новых печатающих головок

становится предпосылкой для дальнейшего процветания рынка струйных принтеров.

С чего все начиналось.

Хотя лорд Рейли, лауреат нобелевской премии по физике, сделал свои

фундаментальные открытия в области распада струй жидкости и формирования капель

еще в прошлом веке, датой рождения технологии струйной печати можно считать

только 1948 год. Именно тогда шведская фирма Siemens Elema подала патентную

заявку на устройство, работающее как гальванометр, но оборудованое не

измерительной стрелкой, а распылителем, с помощью которого регисртировались

результаты измерений.

И даже теперь, спустя почти полвека, эта генально простая система печати

применяется, например, в медицинских приборах. Правда, жидкостный осцилограф

способен печатать лишь кривые, а не тексты играфики. Этаэффективная схемабыла

усовершенствована, и появился новый струйный принтер, функционирующий по

принципу неприрывного распыления красителя или печати под высоким давлением.

Разработчикам метода струйной печати предстояло решить две проблемы.

Во-первых, струя красителя должна была распадаться на микроскопическиекапельки

определенного размера, и, во-вторых большая часть капель вообще не должма

попадать на бумагу. (Если, например, распечатывается текст, то площадь

покрытыхкрасителем участков составляет всего 2-5 процентов общей поверхности.)

Разработчики воспользовались закономерностью, выявленной лордом Рейли : струя

жидкостси стремится распасться на отдельные капли. Нужно только чуть подправить

случайный процесс распадения струи, накладывая с помощью пьезоэлектрического

преобразования на струю красителя,выбрасываемую под высоким давлением (до 90

бар), высокочастотные колебания давления.

Таким способом может выбрасываться до милиона капель в секунду. Их размеры

зависят от геометрической формы сопел-распылителей и составляют всего лишь

несколько микрон, а скорость, с которой они долетают до бумаги, достигает 40

м/с. Речь идет о струйных принтерах, работающих по вышеназванным принципам

непрерывного распыления красителя или печати под высоким давлением.

Эти принтеры способны маркировать и наносить коды практически на все поверхности

и предметы. Они в состоянии распылять подавляющее большинство видов жидкостей:

чернила, лак, масла и даже клеящие вещества и смолы.

Благодаря высокой скорости полета капель допускается использовать поверхности с

сильными неровностями и в зависимости от требований к качеству печати размещать

их на расстоянии 1-2 см от сопла-распылителя. В результате можно наносить

маркировку, например данные о сроке годноститовара,на картонные коробки,

бутылки, консервные банки, яйца или кабели. Эту технологию печати нетрудно

узнать по точкам, кажущимся неравномерными и как-бы обтрепаными.

Дизайнерам и работникам типографии струйные принтеры служат совсем для других

целей, а именно для наиболее точного предварительного воспроизведения изданий,

которые затем будут запущены в массовую печать. С помощью этого метода можно

распечатать превосходные фотореалистические изображения в полутонах и с высоким

разрешением, и даже в крупном формате.

С начала 70-х годов необычайно активизировалась исследовательская деятельность,

направленая на создание систем без недостатков, свойственных системам печати под

высоким давлением. Первое решение, найденое специалистами,-печатающие головки с

пьезоэлектричускими преобразователями, испускающие по запросу отдельные капли

красителя. Так родилась идея о струйной печати с дозированным распылением

красителя.

Аналогично термопечати, технология струйной печати прошла долгий путь

совершенствования, причем с более чем успешными результатами. За 15 лет

разрешающая способность струйных принтеров, предназначенных для массового

применения, выросла почти в 10 раз (до 720 точек на дюйм). Достигнут удачный

компромисс между требованиями к чернилам не засыхать в соплах печатающей головки

и достаточно быстро сохнуть на бумаге, не смазываясь при этом. Значительно

улучшились эксплуатационные свойства струйных аппаратов, они стали более

неприхотливы к бумаге.

Механизм подачи и протяжки бумаги струйных печатающих устройств близок к

вышеописанным группам, однако применена принципиально другая печатающая головка.

Поскольку струйная технология использует метод "выбрасывания" капель красителя

на бумагу, соответствующая матрица печати представляет собой набор сопел (до

256), с которыми соединены емкости для чернил и управляющие механизмы (как

правило - пьезоэлектрического типа). Требования к краскам (чернилам) весьма

противоречивы и высоки, поэтому состав их постоянно совершенствуется. Качество

изображения сильно зависит от типа бумаги (пленки), поэтому для наиболее

ответственных работ рекомендуются специальные ее типы, обладающие свойствами

быстрого впитывания чернил (extra-adsorbent paper) без их проявления на просвет.

Первый удачный монохромный струйный принтер Thinkjet фирмы Hewlett-Packard

преодолел основную массу технологических проблем и обеспечил при высоком

качестве печати и разрешении, близком к игольчатым печатающим устройствам,

скорость печати до 150 символов в минуту. По сравнению с основными конкурентами

тех лет - игольчатыми печатающими устройствами, резко снизился уровень шума при

печати. Современные струйные принтеры для массового применения, как правило,

имеют разрешающую способность на уровне 300-360 или 300х600 точек на дюйм, могут

печатать с удовлетворительным качеством на обычной бумаге и с высоким качеством

(приближающимся к печати на лазерном принтере) - на специальной бумаге. Типовое

быстродействие при печати текстов составляет 50-160 знаков в минуту, а графики -

0.5-4 листа в минуту.

Распространены струйные печатающие устройства фирм HewlettPackard, Apple,

Brother, Lexmark, Texas Instruments, CalComp и других. Удельная стоимость печати

струйных принтеров составляет около 5 центов на лист формата А4, а цена самих

принтеров является средней между ценами на матричные и лазерные принтеры.

Фактически, имея цену на 150-200 долларов ниже, чем у лазерных аппаратов, и

качество, приближающееся к ним, семейство струйных принтеров устойчиво

увеличивает свою долю на рынке, чему способствует и их активная реклама.

Струйные принтеры практически бесшумны и весьма универсальны (особенно аппараты

с опцией цветной печати), цена их постоянно снижается, а качество печати

улучшается.

Печатающие устройства с пьезоэлектрическими исполнительными механизмами.

Первые заявки на регистрацию изобретения систем струйной печати с

пьезоэлектрическими исполнительными механизмами были поданы в 1970 и 1971 гг.

Напротяжении нескольких лет различные фирмы и институты проводили

фундоментальные исследования, пока, наконец, компании Siemens не удалось облечь

этот принцип в приемлимую для рынка форму. В 1977 г. был продемонстрирован

первый струйный принтер с дозированным выбросом красителя. Этот принтер,

оснащенный двенадцатью соплами-распылителями и печатающий почти бесшумно со

скоростью 270 символов в секунду, произвел революцию даже в кругах специалистов.

Siemens в качестве электомеханического преобразователя использовала

пьезоэлектрическую трубочку, вмонтированую в канал из литьевой смолы. Все каналы

заканчиваются пластинойс калиброванными отверстиями для распыления,

расположенной на передней стороне устройства. Передача электроэнергии и

красителя производится исключительно посредством колебаний давления,

распространяющихся в канале в соответствии с законами акустики. Колебания,

достигающие конца канала,отражаются там с инверсией фазы, т.е. в этом месте

колебание с пониженным давлением и наоборот.

Пьезопластины.

В начале 1985 г. компания Epson представила первый из своих пьезопланарных

струйных принтеров - SQ-200$ современный SQ-870/1170, его преемник, работает

примерно по тому же принципу.

Вместо пьезоэлектрических трубочек, как у Siemens, на печатающих головках Epson,

выполненных из структуированных стеклянных пластинок, укреплены небольшие

пьезопластинки. Если к ним приложить электрическое напряжение, их диаметр

чуть-чуть изменится, но и этого будет достаточно, чтобы они согнулись вместе с

пассивной стеклянной многослойной подложкой подобно биметаллической пластине,

что приведет к возникновению в канале красителя выталкиваются тем же способом,

что и в печатающих головках с пьезотрубочками.

В 1987г. компания Dataproducts предложила другой принцип использования

пьезоэлектриков для струйной печати, основанный на применении пластинчатого

пьезопреобразователя. В последующие годы этот метод оставался сравнительно

малоизвестным (причем не столько из-за конструкции на базе преобразователя,

сколько из-за жидких восковых чернил, которые применялись во всех струйных

принтерах с пластинчатым пьезопреобразователем производства Epson), пока не

появилась модель Stylus 800.

Согласно этому методу пьезопреобразователь, представляющий собой длинную плоскую

пластинку (ламель), размещается позади небольшого разервуара с красителем. При

воздействии на ламель импульсов напряжения ее длина немного меняется, что

приводит к всплескам давления внутри резервуара, которые, в свою очередь,

выталкивают капли из сопла-распылителя.

Пластинчатые пьезопреобазователи сочетают в себе преимущества как плоских, так и

трубчатых систем высокую частоту распыления и компактную конструкцию. Сегодня на

печатающие головки с пьезоламелями делают ставку такие фирмы, как Dataproduts,

Tektronix и Epson.

В начале 1994 года Epson продемонстрировал пьезотехнологию MACH (Multilayer

Actuator Head - головка с многоуровневым исполнительных механизмом) в своем

новом струйном принтере модели Stylus 800. Тем не менее и в пьезоэлектрических

печатающих головках MACH-головках применяются пьезоламели. Правда, компании

Epson удалось изготовить пьезоламели одного ряда сопел-распылителей в едином

блоке (Multilayer). Таким образом оказалось возможным еще уменьшить размеры

печатающей головки, разместить преобразователи, каналы и сопла-распылители с

дистанцией всего лишь в 140 км и одновременно снизить производственные расходы.

Печатающие устройства с термографическими исполнительными механизмами.

В 1985 году сенсацию вызвал Thinkjet компании Hewlett-Packard первый

струйно-пузырьковый термопринтер. Если в начале иной разработчик пьезомеханизмов

печати и ухмылялся, когда видел патенты на пузырьковую технологию его

конкурентов, то со временем ему стало не до смеха: метод пузырьково-струйной

термопечати за несколько лет покорил рынок (количество проданных струйных

термопринтеров составило 10 млн.)

В чем же революционность этой технологии? Как часто бывает в подобных случаях,

достижением стало сокращение производственных расходов. Если пьезоэлектрические

печатающие механизмы приходилось с большим или меньшим трудом собирать из

множества отдельных деталей, то пузырьково-струйные печатающие головки,

представляющие собой кристаллы на кремниевых подложках (за исключением подложек

Thinkjet, сделанных из стекла), изготавливались по тонкослойной технологии

сотнями.

При тонкослойной технологии применяются в принципе те же производственные

процессы, что и при изготовлении интегральных схем. Каналы подачи красителя,

сопла-распылители, исполнительные механизмы и токоподводящие шины возникают при

поочередном нанесении слоев на подложки, например способом ионно-лучевого

напыления, и последующем структуировании этих слоев.

Таким образом, по завершении процесса производства, насчитывающего болеесотни

шагов, на одной подложке появляется очень много термопечатающих элементов. Все

структуры должны быть выполнены с точностью до тычячной доли миллиметра. Кроме

того, малейшее загрязнение при производстве приводит к отказу. По этой причине

пузырьково-струйные печатающие элементы изготавливаются в чистых помещениях и с

применением машин, типичных для полупроводниковой промышленности.

Очевидно, что при одновременной обработке многих миниатюрных элементов на одной

подложке расходы на изготовление резко снижаются, хотя уровень инвестиций в

чистые производственные помещения и станки высок. Затраты на струйно-пузырьковые

печатающие элементы завысят не от количества сопел-распылителей или разрешения

печати, а только от вида поверхности кристалла, а также от числа и характера

процессов. Следовательно, печатающая головка, рассчитанная на разрешение 400

точек/дюйм, с 64 распылителями не должна стоить дороже, чем головка с 24

распылителями и разрешением 180 точек/дюйм.

Поскольку головки струйно-пузырьковой термопечати изготавливаются по тому же

принципу, что и интегральные микросхемы, напрашивается мысль об интеграции

последних в печатающие кристалы. И первый шаг в этом направлении сделала фирма

Canon, встроив в печатающие головки своих принтеров BJ-10e и CLC-10

транзисторную матрицу. Примеру Canon последовала компания Xerox, выпустившая в

1993 году модель пузырьково-струйного принтера с головкой, оборудованной 128

распылителями, и полностью интегрированным последовательно-параллельным

преобразователем.

Функционирование пузырьково-струйного сопла-распылителя:

Сначала сильный импульс напряжения длительностью 3-7 мкс подается на крохотный

нагревательный элемент, который мгновенно накаляется до 500 гр. цельсия. На его

поверхности температура превышает 300 гр.цельсия. Мощность нагрева поверхности

настолько велика, что при увеличении длительности импульса напряжения всего лишь

на несколько микросекунд нагревательный элемент моментально бы разрушился.

Сразу же в тонкой пленке над нагревательным элементом начинают кипеть чернила, и

через 15 мкс образуется закрытый пузырек пара высокого давления (до 10 бар). Он

выталкивает каплю чернил из сопла-распылителя, при чем скорость полета капли

достигает 10 м/с и более. Через 40 мкс пузырек, соединившись с атмосферой, опять

опадает, однако пройдет еще 200 мкс, пока новые чернила под действием

капиллярных сил не будут засосаны из резервуара.

Пузырьково-струйная печать с боковым и прямым распылением чернил:

Edje- и Sidechooter.

С самого начала пузырьково-струйные печатающие головки делились на две группы.

Компания Canon, изобретатель системы, предпочла вариант Edlgeshooter. Почти

одновременно фирма Hewlett-Packard разработала головку типа Sidechooter, которую

теперь изготавливает и компания Olivetti.

Головка Edgeshooter, как становится ясно уже из названия, разбризгивает

чернильные капли "за угол", т.е. перпендикулярно к направлению образования

пузырьков. В головке Sideshooter, где пластина с соплами-распылителями находится

поверх нагревательных элементов и каналов подачи чернил, пузырьки и капли

движутся в одном направлении. Поскольку края сопел-распылителей в головках типа

Sideshooter сделаны из однородного, а не из различных материалов, как в

Edgeshooter, процесс изготовления распылителей с отверстиями определенного

размера для Sideshooter значительно проще, чем для головок Edgeshooter. Кроме

того, приходится учитывать неодинаковое смачивание разнородной поверхности

головки Edgeshooter.

С другой стороны, при прямом распылении красителя для сопел требуется более

обширная поверхность, что может доставить неприятности, в частности, создателям

будущих систем печати с большим количеством распылителей и повышенным

разрешением. Вдобавок чернила, с силой ударяющиеся о поверхность нагревательного

элемента после опадения пузырька пара, рано или поздно вызовут ее повреждение

вследствие кавитации. Возможно, по этой причине способ прямого распыления до сих

пор использовался только в сменных печатающих головках с ограниченным сроком

службы.

Требования к качеству чернил для любой системы струйной термопечати очень

высоки, значительно выше, чем пьезосистемах. Принцип функционирования и высокие

температуры обусловливают применение только смешанных растворимых красителей на

водяной основе.

Красители должны соответствовать целому ряду требований:

- быть совместными с материалами, из которых сделан печатающий механизм;

- не образовывать отложений в каналах и распылителях, а также не расслаиваться;

- храниться в течении длительного времени;

- обладать определенными показателями плотности, вязкости и повехностного

натяжения при температурах от 10 до 40 гр. цельсия;

- ну служить питательной средой для образования бактерий и водорослей;

- не содержать ядовитых или канцерогенных веществ и не возгораться.

К тому же красители для струйной термопечати должны образовывать пузырьки пара

без отложения осадков и выдерживать кратковременное нагревание до 350

гр.цельсия.

Почему же струйная печать считается наиболее экологически чистым способом печати

набумаге? Во-первых, пользователям, жаловамшимся на шум, понравилось, что

струйный принтер работает почти бесшумно. Больше не слышно ни действующего на

нервы скрежета иголок о бумагу, ни вечного жужжания вентилятора - только

шелестятлисты бумаги и тихо щелкают при переключении механиеские приводы

перемещения головки и подачи бумаги.

Во-вторых, устройство с минимальным выделением тепла, не производящее шума и

озона, потребляет и меньше энергии - вот причина тому, что все современные,

независимые от сети принтеры малого размера являются струйными.

Наконец сам краситель не содержит никаких экологически вредных добавок; при

сжигании распечатанных документов не образуется двуокиси углерода в отличие,

например, от тонера лазерных принтеров и копировальных аппаратов.

И даже утверждение, что печатающие головки пузырьково-струйных принтеров

необходимо регулярно заменять новыми, больше не соответствует истине: ведь

печатающий элемент почти на 98% состоит из кремния или стекла. К стати

изготовителям вскоре придется задуматься о том, каким образом можно

утилизировать многие миллионы изготовленных печатающих головок или резервуаров

для чернил.

В каком направлении пойдет развитие технологий струйной печати в будующем?

Безусловно в направлении цветной печати. Обычные устройства черно-белой печати с

разрешающей способностью 300 точек/дюйм и эмуляцией PCL(Deskjet Hewlett-Packard)

уже выдержали испытания временем. Эмуляция языка PCL стала фактическим

стандартом в области струйных принтеров, к тому же она обеспечивает

совместимость с современными и будущими моделями лазерных принтеров.

Хотя разрешение 300 точек/дюйм и достаточно для безукоризненной распечатки

текста и графики, оно не годится для картинок в полутонах, растровых изображений

и фотореалистических изображений. Соответствующего качества можно добиться, если

значительно повысить разрешение или найти возвожность целевого варьирования

количеств красителя.

Уже можно привести примеры реализации обоих этих способов в других методах

печати. Так в издательской сфере давно работают с разрешением 2540 точек/дюйм и

более. С другой стороны, диффузионные принтеры - усовершенствованный вариант

термографических принтеров - способны печатать на спецальной глянцевой бумаге

каждую точку растра с желаемой интенсивностью цвета.

Требования к качеству воспроизведения информации на бумаге растут, и функция

цветной печати, вероятно, станет не исключительной, а скорее стандартной

особенностью следующих моделей принтеров. Таким образом число сопел-распылителей

будет постоянно увеличиваться. В следствие возрастания мощностей и усиления

нажима со стороны конкурентов изготовителям придется уменьшать размеры своих

изделий и интегрировать новые функции.

Способ струйной печати, зародившийся около 50 лет назад, - относительно молодая

технология. Вполне очевидно, что струйные принтеры завоевывают массовый рынок,

вытесняя таким образом матричные принтеры. Если же разработчикам удастся

повысить разрешение и скорость печати струйных принтеров, то изготовителям

медлительных лазерных принтеров придется всерьез побороться за место на рынке.

До сих пор никакой другой метод печати не порождал такого разнообразия

вариантов, как струйная печать, при чем не подлежит сомнению что возможность

этой технологии еще долго не будет исчерпана.