



Цифровая флексография и типы лазерных экспонирующих устройств



Сергей Спилка,
генеральный директор компании «ВИП Системы»

Специалисты в области флексографии во всем мире специально следят за развитием систем лазерного экспонирования фотополимерных форм. Автор статьи, директор компании, поставляющей CtFP-системы Esko-Graphics в Россию, предлагает вниманию читателей сравнительный анализ систем с использованием различных лазеров и собственный взгляд на их достоинства и недостатки

Технология CtFP — computer-to-flexo-plate для изготовления так называемых цифровых фотополимерных форм уже заняла прочные позиции во флексографии. Наряду с аналоговым способом (экспонирования через фотоформу и последующее вымывание) и прямой гравировкой, с помощью мощного лазерного луча (формирование трехмерной структуры печатной формы), сегодня все шире применяется цифровая флексография. Это технология, при которой изображение с помощью лазера записывается на черном масоч-

ном слое фотополимерной пластины, которая затем подвергается вымыванию как традиционная пластина.

Тип применяемого лазера имеет решающее значение для определения возможностей использования, производительности, качества и экономической эффективности CtFP-системы. Модуляция лазерного излучения может быть внешней — через акустооптический модулятор, сокращенно АОМ, или, со значительным снижением уровня качества, с прямой внутренней модуляцией самого источника лазерного излучения. При мощности лазера выше 200 Вт CO₂-лазер может иметь только внутреннюю модуляцию.

Неоспоримое преимущество CO₂-лазера заключается в его высокой мощности и, вследствие этого, высокой производительности. Но есть и весьма существенные недостатки. Длина волны лазера составляет 10,6 мкм, что негативно отражается на качестве экспонирования. В реальных условиях, особенно при большой мощности лазера, фокусировка лазерного луча не может дать пятна, диаметр которого менее чем в пять раз превышает длину волны лазера. Поэтому у CO₂-лазера размер пятна равен примерно 50 мкм. Но это соответствует реальному разрешению только в 500 dpi и максимально возможной линиатуре около 20 лин/см. Для того, чтобы записывать изображения с более высокими линиатурами, можно, конечно, сколь угодно сильно (например, до 2000 dpi) увеличивать разрешение. Но размер пятна лазера останется при этом неизменным, и, как следствие этого, значительно уменьшится количество растровых точек в высоких светах и в теневых областях. От этого при печати пропадет контраст и про-

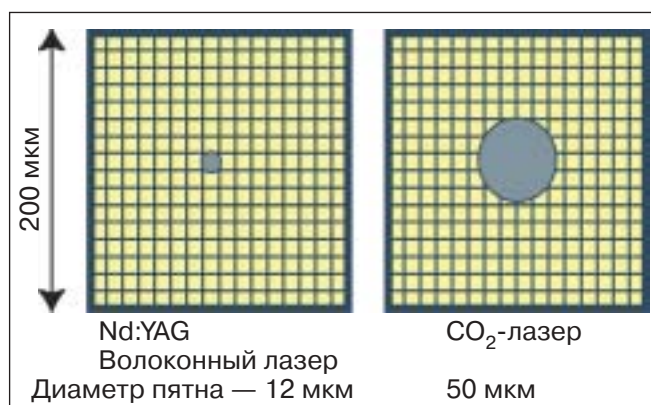


Рис. 1. Пиксельное изображение растровой точки с линиатурой 50 линий/см (127 lpi) при разрешении 2000 ppi, для источника излучения CO₂-лазера и Nd:YAG- или волоконного лазера. Представлено по одной растровой ячейке, в которой должны быть переданы все тона. При этом наблюдается заметное различие в размере пятна разных источников лазерного излучения, поэтому использование CO₂-лазера приводит к заметному уменьшению количества передаваемых тоновых градаций

S. Spilka

??????



зрачность изображения, а переходы станут неплавными и ступенчатыми.

В отличие от CO₂-лазеров Nd:YAG- и оптоволоконные лазеры благодаря малой длине волны (1,06 мкм или 1064 нм) могут точно записывать высоколинейтурные изображения и широко распространены в цифровой флексографии.

Лазеры для цифровой флексографии

Удаление LAMS-слоя с цифровой флексографской пластины требует примерно в 30 раз большей мощности лазера, чем запись изображения на термальном офсетной пластине, и примерно в 100 раз меньшей мощности, чем прямое гравирование фотополимерной пластины, чувствительной к УФ-излучению. Таким образом, ни лазерные технологии, разработанные для прямого гравирования, ни те, которые используются для записи изображения на термальные офсетные пластины, неприменимы для цифровой флексографии — если только не снижать уровень качества, производительность и рентабельность.

Сегодня преимущественно используются оптоволоконные лазеры. Они достаточно мощны для удаления LAMS-слоя и дают качественный луч, имеющий большую глубину резкости. В свою очередь это позволяет компенсировать большие допуски по толщине флексографских пластин и рукавных (гильзовых) форм без необходимости использования дорогостоящих и часто неэффективных на практике систем автофокусировки.

Еще один подход к источникам излучения в цифровой флексографии заключается в возможности применения экспонирующих головок с лазерными диодами, используемыми в StP для офсетных форм. Их недостатком является низкое качество излучения. Выравнивание множества отдельных маломощных лучей, применяемых в данной технологии, осложнено, а это необходимо для того, чтобы запись растрового изображения с применением флексографских углов происходила без появления дефектов (полосы, муар). Результатом низкого качества излучения является недостаточная глубина резкости, которая не может в полном объеме компенсировать большие допуски по толщине флексографских пластин и особенно рукавных форм. Более подробно об этом немного ниже.

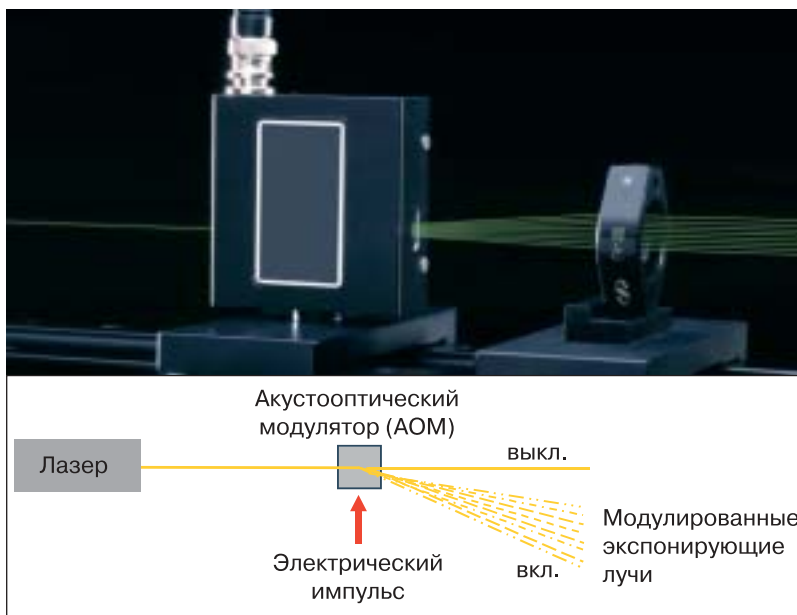


Рис. 2. Устройство для увеличения количества лучей, состоящее из волоконного лазера и модулятора АОМ

Оптоволоконные лазеры

Еще на выставке drupa 2000 были показаны новые лазерные системы, которые объединяют преимущества лазерных диодов и Nd:YAG-лазеров, не обладая их недостатками. Это так называемые оптоволоконные лазеры, в которых под действи-



Рис. 3. Формы пятен лучей системы с волоконным лазером и системы с диодными лазерами

ем лазерных диодов происходит накачка волокон, сердцевина которых легирована редкоземельными элементами, такими как неодим (Nd), иттрий (Y), иттербий (Yb) и др.

Волоконные лазеры дают качественное излучение, обладают необходимой мощностью и высокой стабильностью. Период работы системы равен времени работы

диодной головки, энергопотребление является очень незначительным — всего 100 Вт. Отпадает необходимость в дорогостоящем водяном охлаждении лазера.

Для точной передачи раstra и переходов с высокими линиятурами требуется идентичность отдельных экспонирующих лучей. В этом случае стоит порекомендовать метод «один источник излучения + один модуляционный блок», используемый во всех качественных фотонаборных автоматах и StP-системах (рис. 2). В качестве модуляционного блока в волоконных лазерах применяется акустооптический модулятор (АОМ). Чтобы число оборотов цилиндра экспонирующего устройства было как можно меньше, необходимо определенное соотношение между мощностью лазера и числом лучей. Существующие отдельные лазерные источники дают от 4 до 16 лучей. От числа лучей зависит скорость записи, которая составляет обычно от 1,5 до 4 м²/ч соответственно.

Авторская
справка



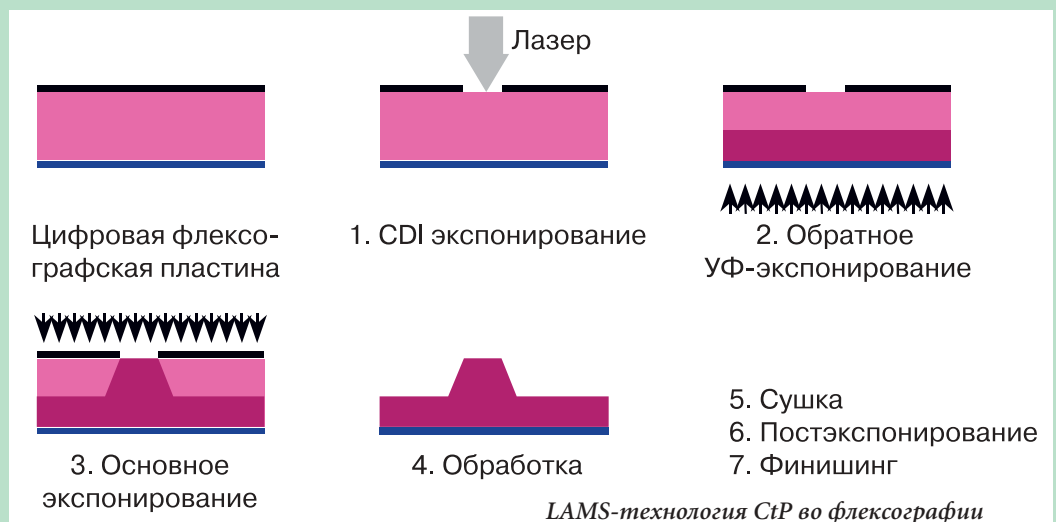
Цифровая флексография

Под «цифровой флексографией» обычно подразумевается так называемая LAMS-технология StFP (LAMS расшифровывается как Laser Ablatable Mask, а переводится как «маска, удаляемая лазером»). Эта технология была впервые представлена на выставке drupa 95 и с тех пор заняла значительную долю мирового рынка.

В цифровой флексографии используются обычные фотополимерные пластины, покрытые черным LAMS-слоем. Толщина LAMS-слоя составляет несколько микрометров, а изображение записывается с помощью инфракрасного лазера (обычно волоконного лазера с длиной волны 1064 нм или лазерных диодов с длиной волны 830 нм).

LAMS-слой заменяет фотоформу, используемую в традиционной флексографии. Он полностью удаляется лазерным лучом в местах, где должны образоваться печатные элементы (абляция). LAMS-слой с записанным изображением называется также «цифровой пленкой».

После записи изображения на LAMS-слое формная пластина подвергается дальнейшей, как и обычно, в том числе: обратному экспонированию, основному экспонированию, вымыванию, сушке, дополнительной обработке (Nachbehandlung). Такой двухступенчатый технологический процесс отвечает современным требованиям по качеству и производительности.





Как уже отмечалось, для точной передачи раstra и высоколинейных переходов требуется идентичность всех экспонирующих лучей. Для этой цели рекомендуется использовать один источник излучения в комбинации с АОМ, который делит луч на множество идентичных. К примеру, в системах Esko-Graphics CDI после накачки волоконного лазера луч делится на несколько абсолютно одинаковых лучей.

Свойства луча остаются неизменными на протяжении всей жизни лазера, поэтому нет необходимости в ежедневной или еженедельной калибровке оптики. Благодаря этому длительное время сохраняется высокая точность записи.

Оптоволоконные или светодиодные?

Волоконные лазеры накачиваются большим количеством диодов, поэтому отказ в работе отдельных диодов не приведет к остановке системы. Хотелось бы обратить внимание на существенное отличие в этой части волоконных лазеров от лазерных диодных, а именно — на более высокую надежность, свойство чрезвычайно важное для пользователей лазерных систем. Строго говоря, для оптической накачки в волоконных лазерах также используются лазерные диоды, однако в каждом лазере их десятки, кроме того, работают они в ненагруженном режиме, что обеспечивает их долговечность. При выходе из строя одного из лазеров компенсация потери мощности накачки осуществляется повышением тока на остальных диодах, что гарантирует длительную работу волоконного лазера с постоянной выходной мощностью — на протяжении нескольких лет эксплуатации отклонение выходной мощности волоконного лазера не превышает 1%. Такой подход к применению лазерных диодов в свое время диктовался областью применения усилителей оптоволоконных линий связи, где вопрос надежности и стабильной долговременной (по сути многолетней) работы был вопросом работоспособности многокилометрового сегмента оптоволоконной линии.

Сегодня реально в области цифрового изготовления флексографских форм конкурируют две технологии. Одна из них базируется на использовании оптоволоконного лазера с длиной волны 1064 нм. В России хорошо известны StFP-системы российского производителя Alpha Research &

Manufacturing и системы CDI разработки компаний Esko-Graphics и DuPont. Другая технология, на базе инфракрасных (IR) диодных лазеров с длиной волны 830 нм, представлена устройствами компании Creo и пришла во флексографию недавно из офсетной печати.

Мировым лидером по числу продаж являются устройства разработки компаний Esko-Graphics и DuPont марки CDI (Cyrel Digital Imager), предназначенные для прямого экспонирования флексографских форм. Около 75% StFP-систем во всем мире — это устройства CDI. По статистике на них выводится до 90% мирового объема цифровых флексографских форм. В России, при наличии российского изготовителя систем на волоконных лазерах, доля StFP-систем с волоконным лазером составляет не менее 90% рынка, а доля форм, изготавливаемых на этих устройствах, составляет более 90% от общего объема цифровых форм.

Почему система на оптоволоконных лазерах стала фактическим стандартом? Ответ может быть таким: «Потому что это система на базе технологии, которая позволяет получать стабильный результат с предсказуемым качеством и производительностью во-первых, при наименьших инвестициях на единицу продукции во-вторых и минимальных эксплуатационных затратах в-третьих».

Начнем по порядку. Пункт первый: «стабильный результат». Он возможен тогда, когда процесс контролируем и управляем. Что нужно контролировать, чем можно управлять? Управлять нужно и можно переменными параметрами на входе процесса таким образом, чтобы получить стабильный результат. Переменными при изготовлении флексографских форм можно считать: погрешности аблятивной маски, ее повторяемость, изменения времени/интенсивности УФ-облучения, действие химикатов, время сушки.

Как достичь нужной степени управляемости? Процесс становится управляемым при применении единого программно-аппаратного решения, включая адекватную технологию экспонирования. Компания Esko-Graphics поставляет специализированное ПО для всего процесса, начиная от разработки упаковки до экспонирования, а также само экспонирующее устройство. В результате сотрудничества Esko-Graphics и DuPont появилась уникальная возможность получения единого технологического решения включая ПО, StFP-устройство, цветопробу, оборудование для обработки экспонированных форм и материалы.

Энергетический профиль луча и технология экспонирования

Как выбрать технологию экспонирования? Правильная технология должна обеспечивать жесткий профиль луча. В любом учебнике по лазерной технике можно прочитать, что в соответствии с законами квантовой физики лазерный луч с ограниченной дифракцией имеет самый жесткий энергетический профиль. Это означает, что профиль энергии луча диода, который используется система на диодах с длиной волны 830 нм, рассеян в 20 раз больше, чем профиль луча оптоволоконного лазера.

Проблемный энергетический профиль луча вынуждает изготовителей систем на диодах уменьшить диаметр лазерного луча на поверхности до 10 микрон для повышения концентрации энергии на единицу площади. Эту вынужденную меру, направленную на компенсацию принципиального недостатка технологии, изготовитель пытается выдать за преимущество, вместо того, чтобы сменить источник света. На рис. 4 приведены профили лучей волоконного и диодного лазеров. Под ними — снимки записанных на пластинах точек.

Характеристики источника света являются определяющими и базовыми для всей технологии. Не случайно такие компании как Alpha, Esko-Graphics и Hell ис-

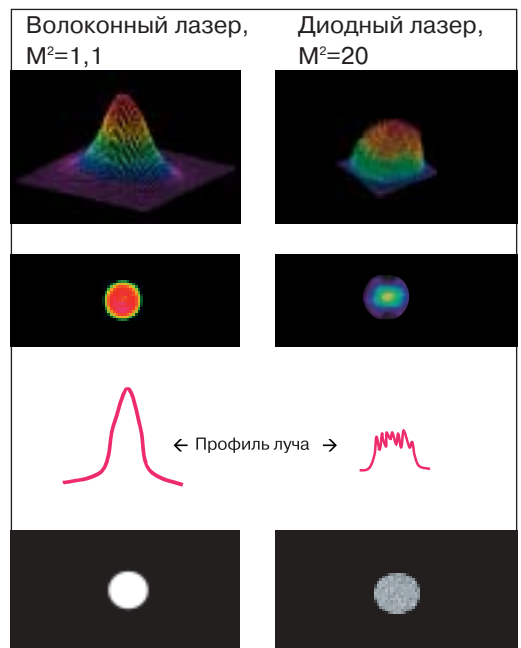


Рис. 4. Стабильная (слева) и нестабильная (справа) передача минимальной точки на пластине

пользуют лазер с длиной волны 1064 нм. Как видно из рис. 4 при использовании диодного лазера уровень энергии недостаточен для полноценного удаления аблятивной маски. В журнале Deutscher Drucker (№28/11.9.2003, с. 38–39) по этому поводу было отмечено, что при использовании лазерных диодов на поверхности пластины остаются неудаляемые участки аблятивной маски, которые препятствуют полноценной полимеризации пластины. По этой причине для стабилизации растровых точек в светах и тонких линий время УФ-экспонирования должно быть существенно увеличено, а в некоторых случаях даже удвоено.

Несколько слов о фокусе. Глубина фокуса должна превышать глубину неровностей поверхности флексографской пластины. Глубина фокуса зависит от длины волны лазера и рассчитывается по формуле, где λ — длина волны:

$$b = \frac{2 * d_{\text{пятна}}^2}{\lambda * M^2}$$

Что представляет собой M^2 ? Этот параметр используют для комплексной количественной характеристики качества лазерного излучения, это своего рода попытка одним числом охарактеризовать лазерный пучок. Определить M^2 можно следующим образом:

$$M^2 = \frac{d_{\text{real}} * \Theta_{\text{real}}}{d_{\text{gauss}} * \Theta_{\text{gauss}}}$$

где d_{real} — диаметр пятна реального лазерного пучка,



Θ_{real} — расходимость реального лазерного пучка,

d_{gauss} — диаметр пятна гауссова (идеального) лазерного пучка,

Θ_{gauss} — расходимость гауссова (идеального) лазерного пучка.

Можно считать, что параметр M^2 (произведение увеличений, по-английски magnifications, соответственно, диаметра и расходимости) характеризует степень приближения реального лазерного пучка к идеальному гауссовому, в котором распределение мощности излучения описывается функцией Гаусса и излучение которого можно сфокусировать в минимально возможное пятно при заданной длине волны и расходимости. Чем ближе M^2 к единице, тем лазерный пучок «лучше» — в это слово вкладывается одновременно несколько смыслов: и способность обеспечить малое пятно фокусировки, и большая глубина фокуса, и повышение надежности и эффективности системы модуляции лазерного излучения, и, следовательно, повышение качества всей оптической части устройств записи в целом.

Собственно, параметр M^2 лазерный пучок получает «при рождении» в лазере, в последующей оптической системе его невозможно улучшить (то есть умень-

шить), поэтому свойства лазерных устройств записи изображений так сильно зависят от типа используемых в них лазеров. Для волоконных лазеров M^2 равен 1,1–1,2 — то есть эти лазеры почти идеальны. С другой стороны, для мощных диодных лазеров, например, с длиной волны 830 нм, значение $M^2=20$ является очень высоким — обычно для таких лазеров этот параметр намного хуже и характеризуется цифрами 40, 60 и даже 100.

Если сравнивать оптические системы на базе волоконных и диодных лазеров, то из приведенной выше формулы видно, что для получения на материале равных пятен лазерного излучения в случае диодного лазера необходимо обеспечить почти в 20 раз меньшую расходимость, чем в случае лазера волоконного. Расходимость — это угол схождения лазерного пучка в пятно. Очевидно, чем меньше расходимость, тем больше глубина фокуса — зона размещения обрабатываемого материала вдоль оптической оси, в пределах которой не происходит заметных изменений записи изображения. Таким образом, в случае диодных лазеров, когда расходимость большая, глубина фокуса заметно уменьшается по сравнению с волоконными лазерами.

В случае же применения лазерных диодов не для накачки, а для прямого экспонирования материала помимо малой глубины фокусировки существует несколько опасностей, в целом снижающих надежность систем. Например, когда используется ряд отдельных лазерных диодов, необходимо решать проблему выравнивания мощности их излучения перед каждым сеансом записи. А когда используется линейка лазерных диодов на одном кристалле, то всегда необходимо помнить, что при выходе из строя одного из диодов довольно быстро начинают выходить из строя другие диоды линейки. Конечно, изготовители лазерных систем решают такого рода проблемы за счет дополнительных устройств калибровки, контроля, автофокусировки и т. д. Однако все это усложняет устройства, а следовательно, снижает их надежность. Косвенным подтверждением низкой надежности систем на базе лазерных диодов может служить информация из отчета за 2003 г. одного из производителей: годовой доход от сервиса равен почти половине годового дохода от продаж оборудования! Получается, что недостаточную надежность продукции этой компании оплачивают их клиенты.

Как упоминалось выше, для оптоволоконного лазера $M^2=1,1$, для диодных лазеров $M^2=20$. То есть глубина фокуса для Esko-Graphics CDI равна

$$2 \cdot (15 \text{ мкм})^2 / 1,064 \text{ мкм} / 1,1 = 380 \text{ мкм}.$$

Для систем на диодных лазерах, глубина фокуса равна

$$2 \cdot (10 \text{ мкм})^2 / 0,830 \text{ мкм} / 20 = 12 \text{ мкм}.$$

Неровность же поверхности флексографской пластины составляет 50 мкм, а для рукавных форм — до 250 мкм. То есть системы на диодах даже при диаметре пятна в 10 мкм имеют недостаточную глубину фокуса.

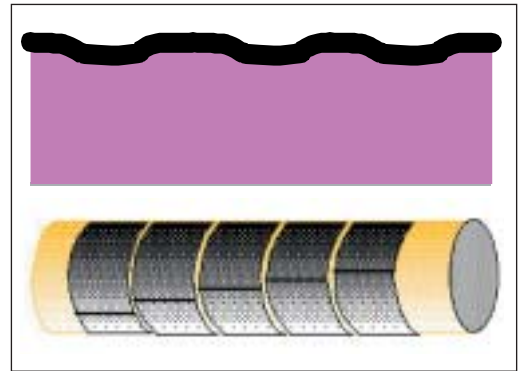


Рис. 5. Неровность флексографской пластины (вверху) ± 25 мкм. Неровность рукавной флексографской формы (внизу) ± 125 мкм

Как вынужденная реакция появляется система динамической автофокусировки, которая, в свою очередь, породила две других проблемы: автофокус может обманываться, фокусируясь на частичках пыли, и появляется Halo-эффект (эффект появления ореола). Да и с технической точки зрения представьте, что изображение пишется сразу многими лучами и каждый из них нужно подвергать автофокусировке в отдельности. Неровности флексографской пластины имеют, как правило, локальный характер, то есть в идеале один луч нужно подвергнуть автофокусировке, а соседние лучи — нет. Система автофокусировки может регулировать блоки лучей, но никак не индивидуально каждый луч. Запись ведется 64 лучами по 10 мкм, то есть изображение пишется полосой 0,64 мм. Это делает невозможной компенсацию пыли с применением автофокусировки.

Какой еще параметр важен для системы экспонирования? Высокое разрешение при высокой степени однородности экспонирования и линейности. Растискивание нужно контролировать вне зависимости от размера лазерного пятна на по-

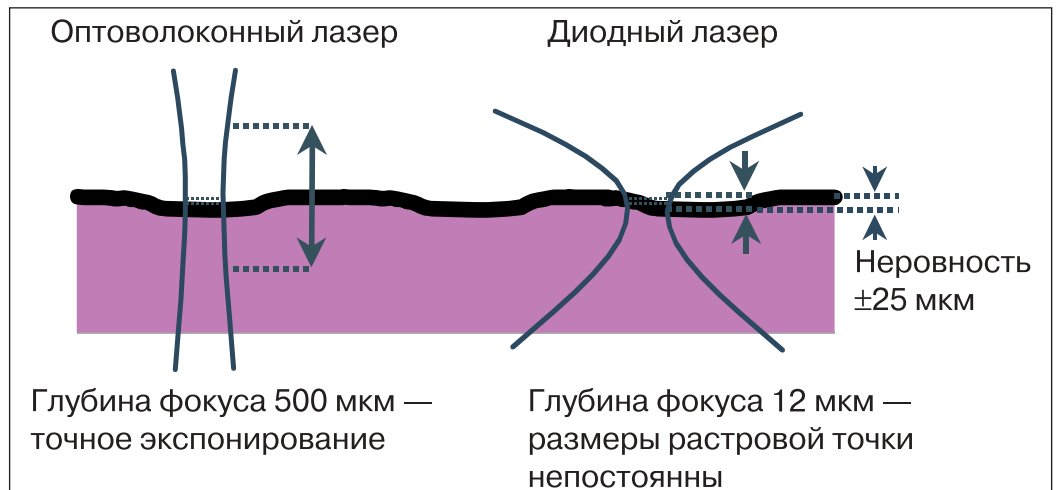


Рис. 6. Глубина фокуса CDI в 30 раз больше, чем у систем с диодами при длине волны излучения 830 нм



верхности материала. В этом смысле пятно диаметром 10 мкм систем с диодными лазерами с длиной волны 830 нм не дает никаких преимуществ в сравнении с 15-микронным пятном оптоволоконных. Напротив, 10-микронная точка может стать источником полошения при записи формы.

Заклучение

Результат многословного описания особенностей построения оптической системы можно выразить в нескольких фразах. В системах, построенных на оптоволоконных лазерах, изначально заложен уровень качества на порядок выше, чем у систем на диодных лазерах — с одной стороны. Эксплуатационные расходы по тем же причинам ниже — с другой стороны. Для иллюстрации разницы построения систем на волоконном лазере и диодном лазере приводим *рис. 7*.

Существует множество других различий в построении систем на базе волоконных и диодных лазеров. Ограниченный

объем журнальной статьи не позволяет рассмотреть все аспекты. При подготовке материала были затронуты только базовые вопросы, связанные с выбором источника излучения систем StFP и его влияния на параметры системы.

Резюмируя, берем на себя смелость утверждать, что профессионалы флексографии выбирают волоконный лазер. ❖

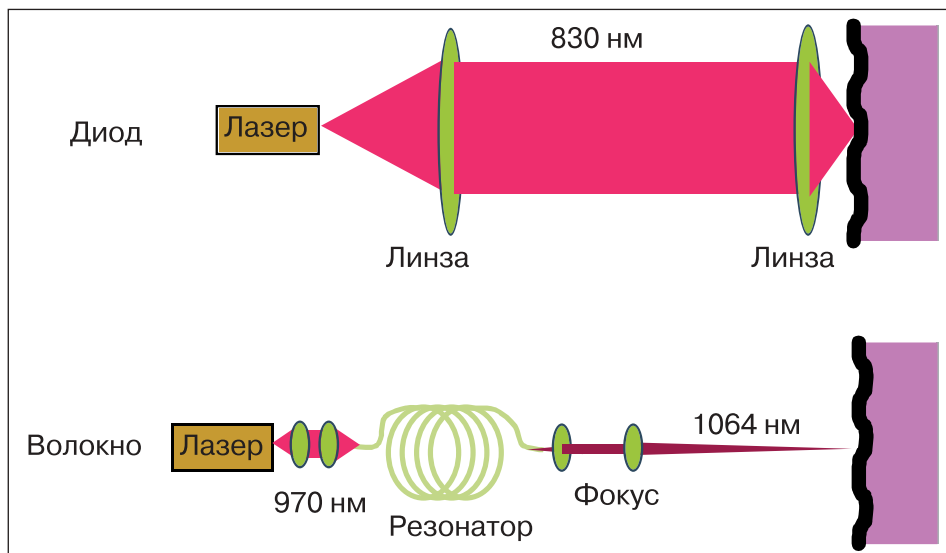


Рис. 7. Принципиальные схемы построения систем на диодном (вверху) и волоконном (внизу) лазерах