

Продолжение. Начало в № 5'2010

Метод фоторепродуцирования для изготовления фотошаблона печатных плат в домашних условиях

Алексей Кузьминов,
к. т. н.

compmicrosys@mail.ru

Фотопленка, проявители и антиуаленты

В одном из фотомагазинов я купил пару пленок Kodak Tmax-100 (120) и проявитель «Родинал», которые мне порекомендовал продавец, сказав, что пленка и проявитель достаточно контрастные.

Поскольку освещения оригинала у меня еще не было, я купил две 150-ваттные лампочки, вкрутил их в две разномастные настольные лампы, которые расположил по бокам оригинала. Проверив освещение по экспонометру, я понял, что при установке диафрагмы ближе к 16 выдержка должна быть 1/25 или 1/50, если использовать купленную пленку чувствительностью в 100 единиц. Отсняв пленку при различных значениях выдержки, незначительно отличающихся от тех, что давал экспонометр, я проявил ее. Результат меня, прямо скажем, не обрадовал. Контрастность снимков была низкая, хотя плотность темных мест на некоторых снимках была более или менее высокая, но в этом случае и светлые места были совсем не прозрачными, а серыми и достаточно плотными; кроме того, на неэкспонированных участках пленки была достаточно плотная вуаль красно-коричневого оттенка. Я сравнил эти снимки с распечатками, сделанными лазерным принтером на кальке, которую я еще «мариновал» в атмосфере дихлорэтана для усиления плотности тонера. Разница была явно не в пользу фотопленки.

Тогда я купил несколько разных пленок: Foma — 100 и 400 единиц, Fuji — тоже 100 и 400 единиц и пленку Ilford Pan F Plus — 50 единиц, которая, судя по рекламе, отличалась мелким размером зерна. Кроме того, я купил контрастный проявитель компании Foma — Fomadon LQR, сделанный на основе фенидона, хорошо известного мне вещества, используемого в контрастных проявителях. Первые же снимки показали, что у пленок Foma вуаль серо-голубого оттенка и намного плотнее, чем у Kodak; пленка Ilford Pan F Plus на неэкспонированных участках достаточно прозрачна, но низкого контраста, а вот пленки Fuji явно отличались практически полной прозрачностью неэкспонированных участков и имели больший контраст, хотя и заметную вуаль на светлых участках кадра. Я понял, что только с пленками Fuji можно добиться чего-либо путного. Кроме того, нужно было наладить хорошее освещение, найти еще более контрастный проявитель и, конечно, использовать противовуалирующее вещество, или антиуалент, как его еще называют, чтобы полностью убрать вуаль.

Из Интернета я узнал, что наиболее известные антиуаленты — это бромистый и йодистый калий, а также бензотриазол, причем последний значительно сильнее и его добавляют в микроскопических количествах, так как он сильно понижает чувствительность пленки.

Первые попытки купить бензотриазол ни к чему не привели: он, как правило, продавался в мешках по 25 кг. Йодистый калий стоил очень дорого, а вот бромистый калий мне удалось купить сравнительно быстро и дешево — за чуть более 100 рублей я приобрел целую коробку ампул с его 0,1 Н стандарт-титрами.

Что касается более контрастного проявителя, то его (D-19 или «Рентген-2») я заказал в одном из интернет-магазинов; там же продавался и антиуалент, в состав которого помимо йодистого калия входил и бензотриазол, правда, в количестве 0,1 г на 100 мл раствора.

В ожидании пока поступят проявитель и антиуалент (они были заказаны в Ростове-на-Дону), я наладил освещение, для чего мне пришлось установить две сравнительно дешевые кварцево-галогеновые лампы по 1000 Вт каждая, но об этом чуть позже.

Когда я наконец получил долгожданные проявитель и антиуалент (к этому моменту освещение уже было установлено), то попробовал их в деле. Что касается проявителя, то он действительно был хорош и давал достаточно контрастные и плотные негативы, но все же еще присутствовала небольшая вуаль. Добавление купленного антиуалента с бензотриазолом ничего особенного не давало, по крайней мере, заметного на глаз, и я понял, что концентрацию бензотриазола необходимо увеличивать. Но пока чистого бензотриазола у меня не было, я экспериментировал с бромистым калием. Он также давал довольно слабый эффект, и сколько я его ни добавлял (до 10 г на бачок), все было бесполезно. Короче говоря, все это было пока не то, что нужно, и снимки не годились в качестве фотошаблона.

Однажды, размышляя о проявителе D-19 — «Рентген-2» и, в частности, по поводу его долгого ожидания из Краснодарского края, я подумал: «А вот интересно, чем проявляют рентгеновские снимки все поликлиники и больницы Москвы? Маловероятно, что этот проявитель они заказывают в Ростове-на-Дону». Набрав «Рентген-2» в Интернете, я получил невероятное количество предложений по его продаже. Мало того, предлагались и другие рентгеновские

проявители, которые, судя по их рекламе, были «в сто раз» лучше, чем «Рентген-2», давали большие контраст и плотность, меньше вуали и, кроме того, были намного дешевле и доступнее.

Реклама, например, гласила: «По сравнению с традиционным проявителем «Рентген-2» проявитель... «РПК-ФоМос»... обеспечивает повышенную контрастность изображения без потери чувствительности и при низком уровне вуали...», «Фотохимикаты «Формат+» имеют массу положительных отзывов из различных лечебных учреждений и позволяют добиться наилучших показателей по таким параметрам рентгеновских пленок, как чувствительность, контрастность и др.», или «Проявитель «Ренмед-плюс» дает для всех известных типов пленок существенно более высокий средний градиент по сравнению с реактивами «Рентген-2», «Формат», «Ренмед-В-Ф» и т. п.» Вдобавок ко всему эти проявители были существенно дешевле.

Если пакетик с D-19 стоимостью чуть более 100 рублей, который я заказал, был рассчитан на 1 л проявителя, то, например, проявитель «Ренмед-плюс» на 1,5 л раствора можно было купить от 34 до 50 рублей в зависимости от фирмы-продавца, а проявитель «Формат мини», концентрат 0,3 л на 1,5 л раствора, — и того меньше: за 25 рублей.

Кроме того, эти же фирмы продавали и фиксаж по почти таким же ценам, а я покупал, как мне казалось, самый дешевый кислый фиксаж Foma на 0,75 л за 70 рублей.

«В этом что-то есть, — подумал я. — И как я раньше до этого не додумался?» Мне невольно пришла в голову фраза Мюллера по поводу отпечатков пальцев Штирлица на чемодане: «Ну а что? Давайте попробуем».

Позвонив в одну из таких контор, я поинтересовался, могу ли я купить химикаты проявителя и фиксажа «Ренмед-плюс» на 1,5 л.

Через 2 часа я уже разводил проявитель и фиксаж «Ренмед-плюс» (кстати, производившийся у нас под боком, во Фрязино), а еще через 2 часа я любовался шикарным контрастным снимком на еще мокрой, только что проявленной пленке. Негатив был достаточно плотным, вуаль практически отсутствовала, и на следующий день я попробовал наконец сделать по этому снимку печатную плату.

После того как плата была готова и промыта в ацетоне, я включил лампу, взял лупу $\times 7$ и принялся разглядывать плату. Затем последовала лупа $\times 10$ и, наконец, $\times 20$. Я, конечно, ожидал чего-то хорошего, по крайней мере, качеством чуть лучше, чем сделанные мной платы с помощью кальки, но то, что я увидел, меня просто шокировало! Все дорожки были прямые, как стрела, с границами, как будто срезанными бритвой, все контактные площадки и отверстия для кернения и центровки сверл были абсолютно круглыми, без малейших зазубрин. На плате я специально сделал квадрат, в котором расположил полоски из дорожек и промежутков между ними шириной 0,1 мм. Все дорожки идеально получились; причем без лупы или, как говорят, невооруженным глазом их трудно было даже различить. Под лупой они выглядели такими же прямыми, как и более широкие дорожки.

Снимок был сделан на пленке Fuji Neoran 100 Acros (120) при диафрагме 22 (при установке стрелки на число 22) и выдержке 1/400. Время проявления — 20 минут при 20 °С. Но были еще снимки при диафрагме 16 и диафрагме, соответствующей той «заветной» новой красной точке, о которой я говорил, то есть между 11 и 16, ближе к 16. На этих снимках плотность засвеченных участков была еще выше, но, к сожалению, была заметна серая вуаль. На пленке Fuji 400 (120) даже при диафрагме 32 снимки были явно передержаны, и хотя они были довольно контрастными и плотными, все портила противная серая вуаль. У меня оставалось еще несколько пленок Fuji 400, кроме того, я очень хотел приблизить диафрагму к «заветной» красной точке. Можно было бы, конечно, уменьшить время проявления, но тогда бы упала и плотность негатива, чего мне очень не хотелось. Я понял, что, чего бы это мне ни стоило, но я достану бензотриазол.

Но в Интернете почти все продажи бензотриазола осуществлялись только мешками по 25 кг. Наконец мне удалось найти фирму, где продавали бензотриазол на вес: по 1 кг и по 400 г.

Купив 400 г бензотриазола всего за 150 рублей, я начал с ним экспериментировать. Во-первых, растворить его можно было только в кипятке, что я и сделал, растворив 30 г бензотриазола в 300 мл кипятка. Добавив в проявитель 5 г еще горячего бензотриазола на бачок (памятуя о том, что я уже добавлял 10 г бромистого калия на бачок в предыдущих экспериментах, а также о том, что добавление бензотриазола в микроско-

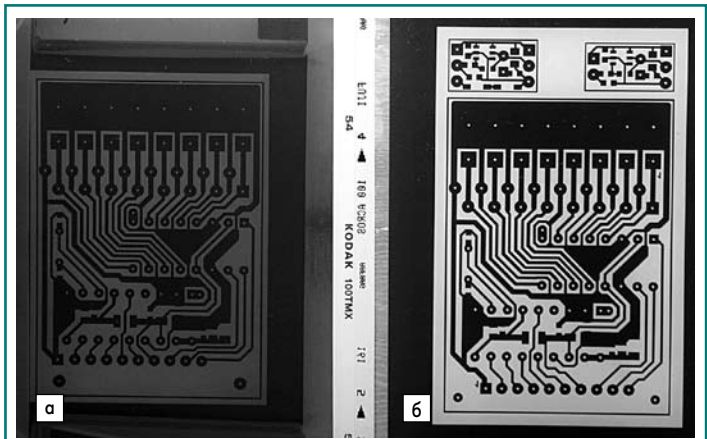


Рис. 12. Сравнение двух снимков: а) снимок на пленке Kodak Tmax-100, проявленной в Fomadon LQR при освещении двумя 150-ваттными лампами; б) снимок на пленке Fuji Neoran Acros-100, проявленной в «Ренмед-плюс» с добавлением 1,5 г бензотриазола на бачок при освещении двумя лампами КГ220-1000

пических количествах ни к чему не приводит) и проявляя очередную пленку, я с нетерпением ждал результата, который вскоре не преминул меня удивить. Пленка была почти вся прозрачная с еле заметными следами дорожек. Истратив еще несколько пленок, я наконец нашел нужную концентрацию бензотриазола: 1,5 г на бачок. При этом диафрагма была именно та, которая мне была нужна (при съемке пленкой Fuji Neoran 100 Acros), то есть между 11 и 16, ближе к 16, вуаль полностью отсутствовала, а плотность была очень высокой: дорожки были почти черными, но с тем же фантастическим разрешением.

Здесь я бы хотел сделать некоторое отступление от темы и продемонстрировать сравнение моих первых фотошаблонов, изготовленных как на фотопленке при плохом освещении и проявленной стандартным проявителем, так и на кальке и прозрачной пленке, которые были предназначены для печати на лазерном принтере, с фотошаблонами, изготовленными на фотопленке, снятой при мощном освещении и проявленной в контрастном проявителе с добавлением бензотриазола.

Один из первых моих фотошаблонов, сделанных методом фоторепродуцирования, был снят на пленке Kodak Tmax-100, проявленной в достаточно контрастном проявителе Fomadon LQR (компании Foma), при освещении двумя 150-ваттными лампами (рис. 12а). Этот снимок не идет ни в какое сравнение со снимком на пленке Fuji Neoran Acros-100, проявленной в проявителе «Ренмед-Плюс» с добавлением 1,5 г бензотриазола на бачок, при освещении двумя лампами КГ220-1000 (рис. 12б).

Кстати, не могу не привести сравнение распечатки лазерным принтером фотошаблона на кальке с фотошаблоном, сделанным способом фоторепродуцирования. На первый взгляд кажется, что калька (рис. 13а) ничуть не хуже пленки (рис. 13б). Но это только на первый взгляд.

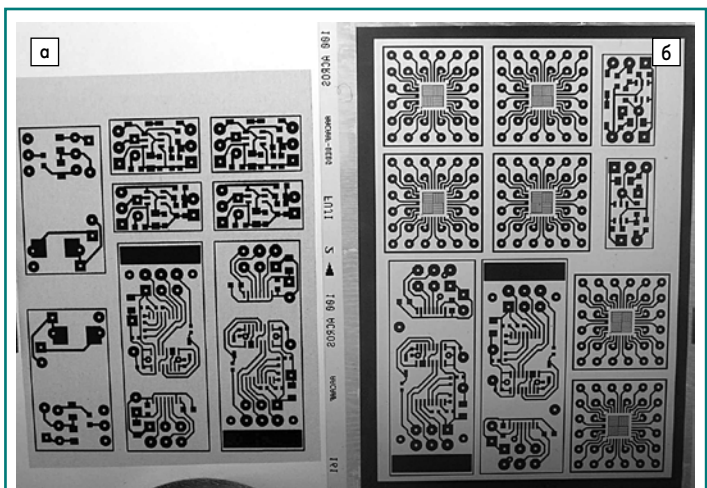
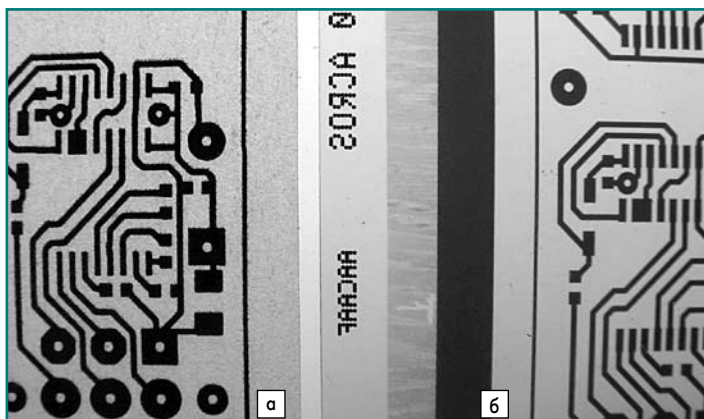
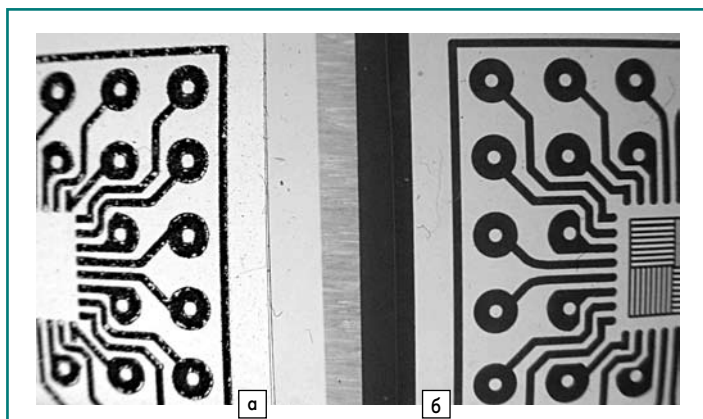


Рис. 13. Сравнение распечатки фотошаблона на кальке и снимка на пленке


Рис. 14. Увеличенная фотография сравнения кальки (а) с пленкой (б)

Рис. 15. Сравнение пленки для печати лазерным принтером (а) с фотопленкой (б)

Стоит поднести к глазам лупу, как все становится ясным и понятным: на кальке просматривается «шершавая» структура поверхности; кроме того, хорошо заметны крупинцы тонера на границе дорожек (рис. 14а), которые имеют явные «зазубрины». Разумеется, все это автоматически переносится и на печатную плату. На пленке даже при увеличении ничего подобного нет (рис. 14б).

И, наконец, заодно приведу и сравнение фотопленки с прозрачной пленкой, предназначенной для распечатки на лазерном принтере (рис. 15).

В каком-то форуме, посвященном изготовлению печатных плат в домашних условиях, я запомнил одно выражение, приведенное одним из участников по поводу печати фотошаблона на прозрачной пленке: «дырявые полигоны». Эти слова отражает рис. 15а, на котором явно просматривается эта «дырявость».

Но вернемся к продолжению изложения.

На пленке Fuji 400 при диафрагме 22 получились почти такие же идеальные снимки. Снимки получились и на пленке Ilford Pan F Plus 50, но при диафрагме 11. Плотность негатива была чуть меньше, чем у пленки Fuji Neopan 100 Acros, но тоже вполне приемлемая. Я, кстати, так и не заметил сверхмелкого зерна (даже при внимательном разглядывании в 20-кратную лупу), которое, судя по рекламе, имеет эта пленка. Однако стбит она несколько дороже, чем Fuji Neopan 100 Acros.

Кстати, разведенные 30 г бензотриазола в 300 мл горячей воды на следующий день, когда все остыло, превратились в белую сметанообразную массу, бутылку с которой я выкинул. Растворимость бензотриазола, судя по справочнику, который я нашел в Интернете, составляла чуть более 20 г на 1 л воды при 20 °С. Однако содержимое полной литровой бутылки, в которой было растворено 20 г бензотриазола (рис. 16), на следующий день тоже свернулось и превратилось в такую же массу, но более жидкую. И только когда я развел бензотриазол в концентрации 15 г/л, он полностью растворился; бутылка до сих пор стоит, и жидкость в ней абсолютно прозрачная. Для взвешивания бензотриазола я использую разноплечные весы довольно оригинальной и простой конструкции. Бензотриазол я насыпаю в целлофановый пакетик, который снимаю с нижней части открытой пачки сигарет.


Рис. 16. Взвешивание бензотриазола на разноплечных весах

Пакетик с насыпанным бензотриазолом зажимается на весах специальной клипсой; пустой пакетик показывает нулевой вес.

Я подсчитал, что 1,5 л нормально разведенного проявителя «Ренмед-плюс» хватает на 5 бачков (по 300 мл на бачок). Если развести проявитель не в 1,5 л, а в 1 л, то на бачок должно идти 200 мл такого концентрата, а остальные 100 мл можно долить бензотриазолом в концентрации 15 г/л (что соответствует 1,5 г чистого бензотриазола на бачок + 100 мл воды). Вот и готовый рецепт (при условии, конечно, соответствующего освещения (об этом чуть позже), выдержки, диафрагмы и насадочной линзы). Как уже упоминалось, время проявления — 20 минут (при температуре +20 °С).

Проявляя пленку, я всегда попеременно вращаю ручку бачка то в одну, то в другую сторону — по несколько оборотов в течение всего времени проявления. Недавно я узнал, что эта процедура теперь именуется новомодным словом «агитация».

Для разведения проявителя и фиксажа (и бензотриазола) желательно использовать дистиллированную воду, а после разведения профильтровать растворы через слой поролона толщиной около 1 см.

Последнюю промывку пленки перед сушкой также желательно делать дистиллированной водой, для того чтобы на пленке не было разводов от высохших капель.


Рис. 17. Посуда для разведения химреактивов

Дистиллированную воду сейчас легко купить в магазинах автозапчастей.

Для разведения химикатов рекомендуется приобрести следующую химическую посуду: колбу на 300 мл (для приготовления кипятка из дистиллированной воды), стакан на 400 мл и мерный цилиндр на 250 мл. Все это можно купить в магазине лабораторной химической посуды (например, www.labteh.com). Также желательно купить пластмассовую мерную кружку с делениями на объем 1 л (я купил такую кружку в ближайшем супермаркете) (рис. 17).

И еще пара советов.

Если бензотриазола найти не удастся, то при съемке на пленку Fuji Neopan 100 Acros диафрагму следует установить на 22.

Если для съемки использовать аппараты типа «Москва», в которых в большинстве случаев выдержка 1/400 отсутствует (там минимальная выдержка 1/250), то, на мой взгляд, можно снимать и с выдержкой 1/250, но диафрагму придется прикрыть ближе к 22 (при использовании бензотриазола). Кстати, в некоторых аппаратах «Москва-1» и «Москва-2» стоят «родные» объективы от аппарата Super Ikonta, в которых есть выдержка 1/400.

Освещение

Как я уже говорил, первые снимки, которые я делал при освещении от двух 150-ваттных ламп, были малоконтрастными, на них присутствовала довольно плотная вуаль, и они, конечно, не годились в качестве фотошаблонов. Я вспомнил, что при съемке корпуса выносного CD для освещения использовал

довольно мощную лампу КГ220-1000 — кварцево-галогенную лампу мощностью в 1000 Вт. Эта лампа была укреплена на отражателе из куска фторопласта, вырезанного из трубы. К отражателю была прикручена деревянная ручка, чтобы можно было одной рукой держать этот «осветитель», а другой — фотоаппарат. Найдя этот замороженный осветитель, я попробовал снять один из оригиналов печатной платы. Снимок получился очень контрастным, а вуаль была довольно слабая. Я понял, что это то, что нужно.

У меня имелось несколько ламп КГ220-1000. Их следовало укрепить с двух сторон оригинала под определенным углом в каких-нибудь двух светонепроницаемых с одной стороны корпусах, то есть мне требовалось что-то типа отражателя или какой-либо металлической коробки без крышки. Я также посмотрел в Интернете и цены на готовые осветители, которые колебались в пределах от 2 до 20 тысяч, и понял, что это мне влетит в копеечку, тем более что осветителей требовалось два. «Из чего бы мне сделать такие осветители, — размышляя я, — лампы-то уже есть?»

Я рассматривал в качестве отражателей различные туристические тарелки и удлиненные подносы из нержавейки и даже конек крыши из оцинкованного железа. Но все это было не совсем то, что нужно.

Однажды, покупая хлеб, я остановил взгляд на ромовой бабе с рифлеными боками. «А ведь для выпечки такого кекса наверняка применяются металлические формы», — подумал я. Набрал в Интернете фразу «форма для выпечки кекса», я быстро оказался на сайте магазина кондитерского инвентаря и оборудования, где



Рис. 18. Альтернативная замена карболитовых патронов фарфоровыми

продавались формы для выпечки кондитерских изделий. Там, среди прочих, оказалось довольно много достаточно прочных форм для выпечки торта, сделанных из алюминия и стоивших от 30 до 100 рублей в зависимости от размера. Подобрал нужный размер алюминиевой прямоугольной формы для торта (19,5×9,5×7 см), стоившей чуть более 60 рублей, я позвонил в магазин и, в конце концов, купил две такие формы для выпечки торта.

Существуют также похожие формы для выпечки хлеба, но они несколько глубже.

Укрепив лампы КГ220-1000 в каждой из двух форм в патронах от ламп-миньонов и установив на двух шнурах вилки и выключателя, я получил два идеальных, как мне показалось, осветителя.

Здесь следует подробнее остановиться на креплениях ламп к корпусу (форме), поскольку лампы КГ220-1000 при включении очень быстро и довольно значительно нагреваются, вследствие чего нагревается все, что

с ними связано: сама форма, патроны и провода.

Что касается самой формы, то сильный ее нагрев не приводит к каким-либо существенным негативным эффектам, так как алюминий легко выдерживает такой нагрев.

Провода необходимо использовать только термостойкие, состоящие из нескольких скрученных между собой луженых медных жил, обвитых несколькими слоями фторопластовой ленты и заключенных в оплетку из стеклоткани.

Патроны можно использовать из карболита, но ни в коем случае из полистирола, так как он легко плавится. Лучше, конечно, использовать фарфоровые патроны, но, к сожалению, разборные фарфоровые патроны для ламп-миньонов (рис. 18) довольно редки, и я их купил уже значительно позже, чем сделал осветитель (поэтому пришлось впоследствии его переделать). Карболитовый же патрон выдерживает работу с лампой КГ220-1000 в течение не менее 1 минуты ее постоянного горения. После минуты работы карболит начинает дымиться, пузыриться и покрывается «волдырями» (рис. 19г). Учитывая, что реальное время работы лампы составляет всего несколько секунд (включил, сфотографировал, выключил) и за такое короткое время осветитель не успеет даже незначительно нагреться, применение карболитовых патронов вполне допустимо.

Но вернемся к конструкции и сборке осветителя.

Вначале в серединах двух узких граней формы вырезаются отверстия диаметром чуть больше диаметра внешней резьбы одной из частей карболитового патрона (рис. 19а).

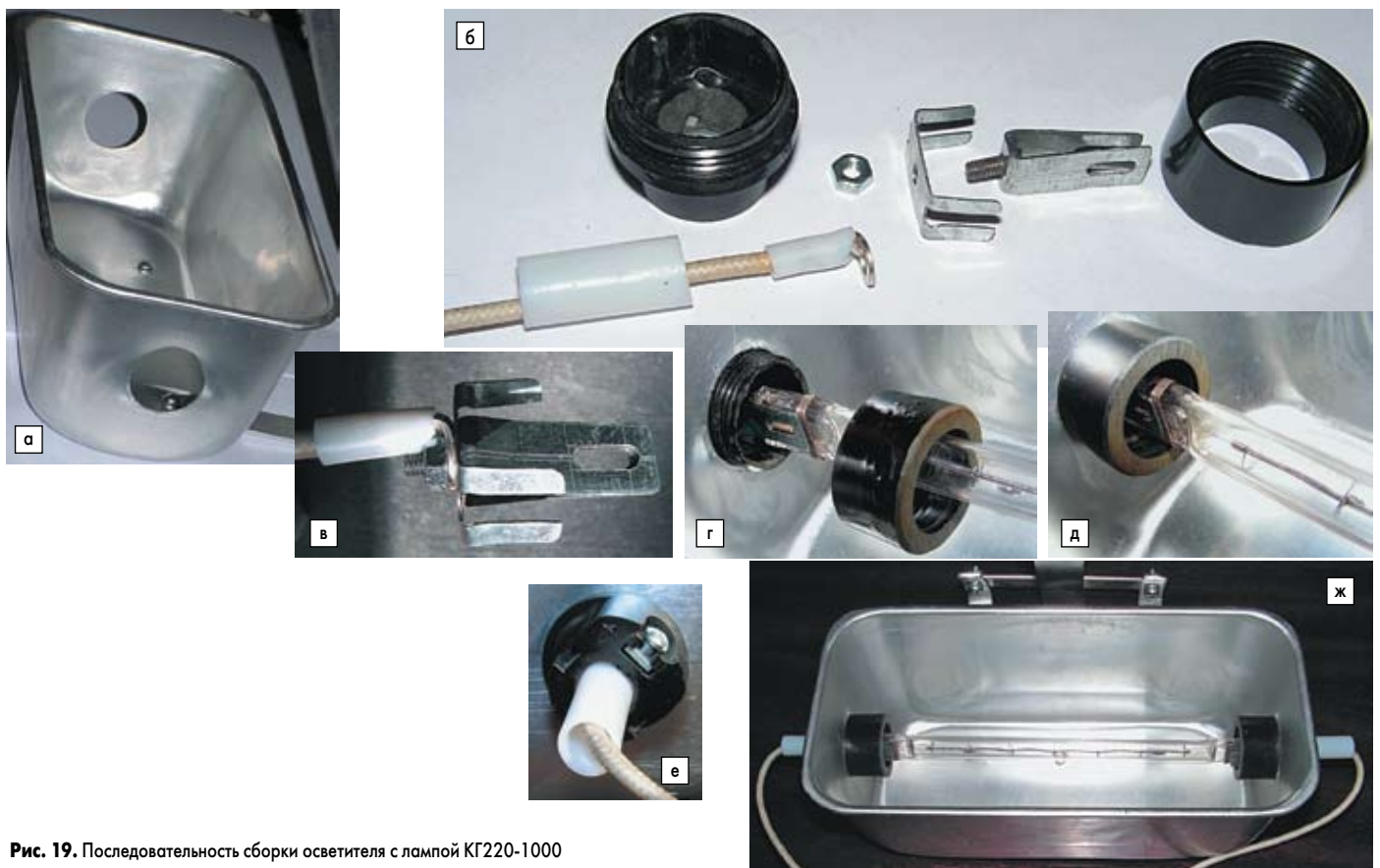


Рис. 19. Последовательность сборки осветителя с лампой КГ220-1000



Рис. 20. Укрепление лампы КГ220-1000 с помощью фарфоровых патронов для ламп-миньонов:
а) общий вид осветителя; б) вид на патрон со стороны лампы; в) вид со стороны провода

Далее изготавливаются контакты-держатели для ламп.

Сначала к концам проводов необходимо в обязательном порядке припаять клеммы и на место пайки провода с клеммой надеть фторопластовый кембрик. От конца части патрона с внутренней резьбой необходимо отрезать кусок длиной около 15 мм со стороны резьбы. Конструкция контактов для лампы КГ220-1000 может быть похожей на ту, которую использую я (хотя она может и варьироваться). Контакты, предназначенные для лампы КГ220-1000, и подпятники для них можно вырезать из оцинкованной жести (рис. 19б) и скрутить их между собой винтом М3, не забыв прикрутить и клемму с проводом (рис. 19в). Готовые контакты с проводом вставляются в часть патрона с внешней резьбой, а сама эта часть патрона вставляется в отверстие в алюминиевой форме с внешней ее стороны. Контакт для лампы КГ220-1000 несколько разжимается, и в него вставляется сама лампа с предварительно надетой на нее отрезанной частью патрона с внутренней резьбой (рис. 19г). Затем обе части патрона скручиваются между собой (рис. 19д). В часть патрона с внешней резьбой со стороны провода вставляется фторопластовый кембрик соответствующего диаметра и зажимается вин-

том (рис. 19е). Этот кембрик выполняет две задачи. Во-первых, он не позволяет случайно коснуться рукой контакта, так как он (контакт) находится довольно близко от конца патрона. Во-вторых, кембрик не дает сгибаться клемме, когда осветитель снимают и сворачивают провода, так как он довольно жесткий.

Аналогичная процедура проводится с другой стороны формы. После того как оба патрона скручены, лампа оказывается надежно зажатой контактами (рис. 19ж). Здесь следует отметить, что перед тем как укреплять саму лампу, стенки со скрученными частями патрона несколько выгибаются таким образом, чтобы ось симметрии, проходящая через центры отверстий в патронах, была бы параллельна дну формы (это легко сделать, так как алюминий достаточно пластичен).

Как уже говорилось, более надежная и продолжительная работа осветителя достигается при укреплении лампы КГ220-1000 в осветителе с помощью фарфоровых патронов для ламп-миньонов (рис. 20). Конструкция лепестков-контактов в фарфоровых патронах несколько иная, чем в карболитовых, но тоже достаточно простая, поэтому здесь не приводится.

Вначале из части патрона с внешней резьбой пассатижами-утконосами аккуратно, чтобы

не повредить патрон, удаляется металлическая вставка, в которую вкручивается лампа-миньон (на рис. 18 сверху и в середине). В результате внутренний диаметр отверстия увеличивается, и через него свободно проходит лампа КГ220-1000 вместе с контактами.

Далее в заднюю часть патрона вставляется с натягом квадратный кусочек фторопласта толщиной в несколько миллиметров с просверленным в его центре отверстием, куда, также с натягом, вставляется фторопластовый кембрик, через который в свою очередь пропускается провод (рис. 20в). Внутри патрона провод с предварительно снятой изоляцией распределяется на два контакта и прикручивается к ним винтами М3 через обычную и гроверную шайбы (без всякой пайки). Длина лепестков-контактов выбирается такой, чтобы

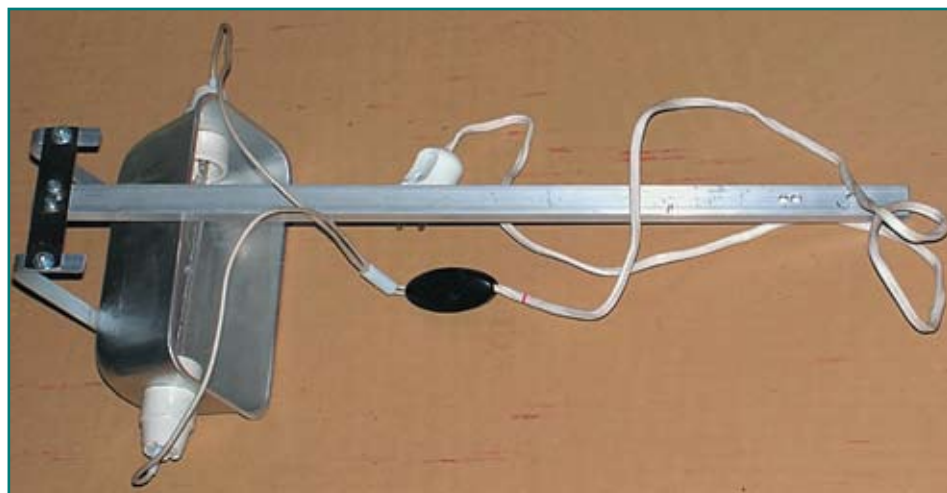


Рис. 21. Готовый осветитель

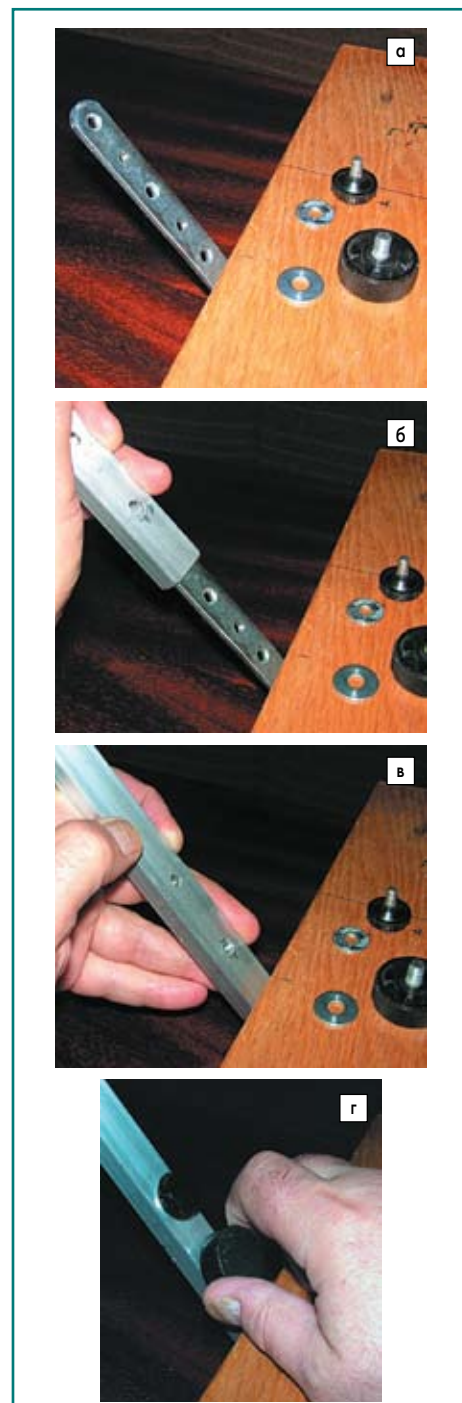


Рис. 22. Установка осветителя на столик увеличителя



Рис. 23. Фоторепродукционная установка (стрелками показаны расстояние между осветителями и их высота над столиком)



Рис. 25. Освещение оригинала лампами КГ220-1000

лампа надежно фиксировалась в овальных отверстиях лепестков-контактов, а отсутствие упомянутой металлической вставки препятствует непосредственному контакту лампы КГ220-1000 с корпусом патрона (рис. 20б).

Перед тем как вставить лампу в форму, ее (форму) нужно укрепить алюминиевыми полосками на штанге — трубе прямоугольного сечения 20×10 мм из алюминия (рис. 21).

Для крепления осветителей к столику увеличителя можно использовать два стальных уголка, которые необходимо разогнуть под определенным углом (у меня этот угол $90^\circ + 45^\circ = 135^\circ$) и прикрутить шурупами к нижней части столика (рис. 22а). В уголках я нарезал резьбу (а в штанге просверлил соответствующие отверстия), для того чтобы осветители можно было быстро установить и снять с помощью двух винтов с ручками (рис. 22б-г).

Теперь мой увеличитель превратился в настоящую фоторепродукционную установку.

Фоторепродукционная установка

Очень важным моментом для равномерности освещения и отсутствия бликов на снимке является правильная установка осветителей, то есть расстояние между ними и высота над оригиналом. Обычно расстояние между лампами должно быть не менее тройного размера оригинала, то есть если, например, оригинал имеет размер по длине 30 см (формат А4), то расстояние между лампами должно быть не менее 90 см. Поскольку оригинал у меня имел максимальную длину 28 см, то расстояние между лампами я выбрал равным: $28 \times 3 = 84$ см. Для определения расстояния от лампы до плоскости, в которой расположен оригинал, или, другими словами, высоты лампы над оригиналом необходимо, чтобы лампа располагалась под углом не более $30\text{--}40^\circ$ к плоскости оригинала, причем этот угол должен отсчитываться не от центра оригинала, а от его края (рис. 23).

Также не менее важно отсутствие отражения света от поверхности отражателя (осветителя-формы). Другими словами, отражатель должен быть повернут таким образом, чтобы весь отраженный от него свет не попадал на оригинал. На оригинал должен попадать свет только

от самой лампы, в этом случае в плоскости, перпендикулярной плоскости оригинала и проведенной через его центр симметрии, лампа будет представлять собой как бы точечный источник света, тогда освещение оригинала будет равномерным.

Поначалу на моей установке листы бумаги с оригиналами я прижимал к столику увеличителя по бокам плоскими напильниками, но все равно в некоторых местах, а особенно в середине, бумага топорщилась, что сказывалось на фокусе изображения (рис. 24а). Кроме того, мне надоело без конца вставлять и вытаскивать из аппарата кальку, по которой я наводил фокус. Я заказал в ближайшей стекольной мастерской два стекла, которые обошлись мне всего по 25 рублей каждое. Одно — прозрачное размером 230×320 мм толщиной 2 мм — для прижима оригинала (рис. 24б, в), второе — матовое размером 93×67 мм толщиной 4 мм (я хотел потоньше, но матовые стекла были только толщиной 4 мм) — для наводки на фокус (рис. 24г). Чтобы не порезаться и не поцарапать аппарат, острые кромки этого стекла я отточил наждачным кругом (на большое стекло у меня не хватило терпения). При включении ламп КГ220-1000 лампу с прищепкой, служащую для освещения при наводке на фокус, необходимо немного отодвинуть (рис. 25), чтобы от нее не было тени и бликов.

Окончание следует

Литература

1. Кузьминов А. Ю. Универсальная система сбора и обработки данных АСИР-3 // Мир ПК. 1996. № 6.
2. Кузьминов А. Современные аппаратные средства связи микроконтроллера с компьютером по интерфейсу RS232 // Компоненты и технологии. 2006. № 3–5.
3. Кузьминов А. Современные программные средства связи микроконтроллера с компьютером по интерфейсу RS232 // Компоненты и технологии. 2006. № 6–11.
4. Кузьминов А. Ю. Интерфейс RS232. Связь между компьютером и микроконтроллером. От DOS к Windows 98 / XP. М.: ИД «ДМК-пресс», 2006.
5. www.microcompsys.narod.ru

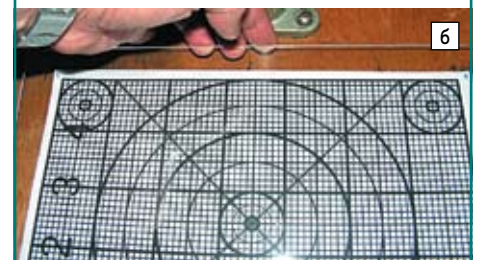


Рис. 24. Установка прозрачного стекла на столик и матового — на аппарат