

Оптический инструмент электронщика

Часть 1: оптика + освещение

Виктор Новоселов, к.т.н., группа компаний eurostar.ru

Тенденция повышения плотности компоновки электронных узлов обретает новый аспект: компоненты поверхностного монтажа становятся слишком миниатюрными для ручных операций без применения индивидуального оптического инструмента. В статье приведен вертикальный срез рынка оптических инструментов, рассмотрены критерии качества и их воплощение в конкретных оптических инструментах. Информация адресована радиомонтажникам, контролерам и ремонтникам Hi-Tech, а главное — их руководителям, принимающим решения по оборудованию рабочих мест.





ВЫБОР ИНСТРУМЕНТА КАК КОМПРОМИСС МЕЖДУ КОМФОРТОМ И БЮДЖЕТОМ

Начнем с истины, которая не тускнеет от повторения: повышенная утомляемость радиомонтажника (контролера) при использовании оптического инструмента низкого качества ведет к росту числа ошибок, цена ошибки оператора конвертируется в дензнаки упущенной выгоды, и да-

лее — в репутацию фирмы. Добавим, что зрение, как элемент здоровья, со временем тоже конвертируется в дензнаки, но чаще всего не для фирмы, а лично для оператора. Поэтому мотивация к использованию добротной оптики является обоюдной, и на уровне концепции едва ли удастся найти ее противников. Но в какой мере мы следуем благим концепциям на практике? Можно утешаться мыслью о том,

что самую дешевую китайскую оптику покупают только непритязательные радиолюбители, тогда как дальновидные профессионалы однозначно предпочитают лучшее. Однако посещение даже преуспевающих отечественных предприятий ставит под вопрос столь оптимистический тезис: на столах радиомонтажников нередко встречается китайская оптика неважного качества. В чем же дело? Увы, в том, что тост «за

Таблица 1. Оптические инструменты в сборочно-монтажном производстве

	Тип инструмента	Особенности	Применения
	Линза с подсветкой на пантографе	Большое рабочее расстояние для свободы движений монтажника, невысокая кратность увеличения (до 5), широчайшее поле зрения	Сборочно-монтажные работы и визуальный контроль печатных плат со стандартными компонентами, кроме малоразмерных и BGA
	Бинокулярный стереомикроскоп	Широкий диапазон кратностей увеличения (5...250), поле зрения и рабочее расстояние зависят от кратности увеличения и модели	Сборочно-монтажные работы, визуальный контроль печатных узлов и компонентов с малым шагом выводов, кроме BGA
	Микроскоп с компьютерной визуализацией	Тринокуляр объединяет в себе стереомикроскоп и оптический канал для передачи двумерного изображения в компьютер; кратность зависит от модели	Визуальный контроль печатных узлов и компонентов с измерением и компьютерным документированием, кроме BGA
	Измерительный микрорэндоскоп с базой данных	Микроминиатюрная оптика для бокового наблюдения BGA и прямого наблюдения объектов с кратностью до 350 (на мониторе); мощная программная поддержка	Визуальный контроль печатных узлов и компонентов с измерением и компьютерным документированием, включая все разновидности BGA

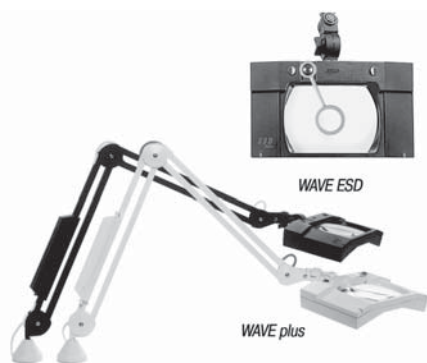


Рис. 1. Линза с подсветкой на пантографе, модель WAVE Plus

то, чтобы наши желания совпадали с нашими возможностями» не утратил актуальности с развитием электроники. Рамки «наших возможностей» являются выражением приоритетов руководства предприятия и корректируются инициативой снабженцев. Когда дело доходит до оснащения десятка-другого рабочих мест оптическими инструментами индивидуального применения, призывы к высшему качеству загадочным образом трансформируются в ценовую плоскость вопроса, и устоять перед соблазном сиюминутной экономии (очевидно, для более приоритетных целей) удается далеко не всем, в том числе прогрессивно мыслящим руководителям. Борьба между комфортом рабочего места (читай — производительностью труда, здоровьем) и бюджетом чаще всего заканчивается компромиссом, а то и капитуляцией в пользу бюджета. И все же, дорогу осилит идущий: наиболее дееспособные отечественные предприятия уже вышли или скоро выйдут на мировой уровень оснащения рабочих мест. Именно им адресована данная статья, в контексте которой представлен вертикальный срез рынка ручных оптических инструментов для электроники (см. табл. 1). В первой части статьи рассматриваются автономные оптические инструменты, во второй — оптика в сопряжении с компьютером.

ЛИНЗА С ПОДСВЕТКОЙ И ДРУГАЯ ЛИНЗА С ПОДСВЕТКОЙ

Обратимся к примерам из жизни. Европейские осветители с оптикой WAVE Plus (см. рис. 1) и LFM (см. рис. 2) в России стоят почти втрое дороже китайских аналогов. Отчего такая разница



Рис. 2. Линза с подсветкой на пантографе, модель LFM

в ценах, когда внешне (издалека) китайские копии выглядят не хуже оригиналов LUXO? Именно этот вопрос задает себе (и продавцу) покупатель, выбирая осветитель с оптикой для собственных нужд. Приходится констатировать, что объяснения продавцов чаще всего неадекватны: они опираются не на сравнение эксплуатационных характеристик, а на страну происхождения товара. Между тем, корректный ответ не так уж сложен. Отличительными свойствами лучших осветителей с оптикой являются:

- надежный механизм стабилизации пантографа со скрытыми тягами;
- большой диапазон линейных перемещений оптической головки на пантографе;
- большое число степеней свободы для позиционирования линзы по углу обзора;
- максимальная обзорность благодаря узкой оправе держателя линзы;
- линза из прозрачного (без зеленого оттенка) стекла с минимумом искажений;
- мощная подсветка благодаря современным лампам и форме отражателя;
- ассортимент дополнительных линз, быстросъемных или сдвигаемых по радиусу;
- эргономичный, стильный и безопасный дизайн.

Большинство отличий заметны сразу, особенно если продукцию различных производителей разместить рядом. Но есть и такие отличия, которые изматывают оператора в ходе эксплуатации: это разбалансировка пружин пантографа (нестабильность рабочего положения пантографа) и оптические искажения, которые приводят к повышенной утомляемости глаз.

Модель LFM — самая давняя в спектре поставок LUXO. Интересно отметить, что в то время как дешевые китайские копии небезуспешно «выдавливают» ее с розничного рынка электроники, она продолжает иметь устойчивый спрос на рынке косметологии: причина заключается в удобном беспружинном пантографе LUXO и высоком качестве линзы.

Комбинированный вариант подсветки (переключаемая боковая и двусторонняя) реализован в моделях WAVE Plus (см. рис. 1) и WAVE ESD (в антистатическом исполнении из проводящего пластика). По числу степеней свободы позиционирования линзы эти модели являются лидерами мирового рынка (кстати, WAVE Plus сертифицирована в Европе и для медицинских применений), однако по уровню освещенности на фокусном расстоянии они заметно уступают новым моделям LUXO Magnifique Pro и Circus, не имеющим (пока?) китайских аналогов. Первая модель имеет прямоугольную линзу и направленную подсветку, вторая — круглую линзу и бестеневую подсветку кольцевой лампой. Бестеневая подсветка объекта позволяет инспектировать зоны печатной платы даже вблизи граней компонентов, которые обычно отбрасывают тень. Направленная же подсветка дает адекватное ощущение высоты (объемности) объектов инспекции, чего невозможно достичь при бестеневой подсветке. В зависимости от решаемой задачи и субъективного ощущения комфорта пользователи предпочитают тот или иной вариант освещения.

Осветитель с линзой и направленной подсветкой Magnifique Pro (Манифик Про) представлен на рисунке 3. Двухплечевой пантограф размахом 1040 мм со скрытыми пружинными тягами надежно фиксирует линзу в удобном для оператора положении. Тонкий край оправы линзы способствует быстрой адаптации глаза при переводе взгляда в рабочую область и за ее пределы. Стекло безупречного качества и направленная подсветка сверху (пальчиковая люминесцентная лампа 11 Вт с рефлектором и электронным балластом) обеспечивают отличную видимость объекта: уровень освещенности под линзой на фокусном расстоянии 286 мм превышает 2460 лк. Съёмный футляр предохраняет линзу от пыли и фокусирования сол-



Рис. 3. Линза с подсветкой на пантографе, модель Magnifique Pro

нечных лучей в нерабочем состоянии, а прозрачный кожух на лампе снизу — от механических повреждений при монтажных работах. Особенностью модели Magnifique Pro является также возможность извлечения линзы из держателя одним движением.

Новейший осветитель с бестеневогой подсветкой Circus (Циркус) показан на рисунке 4 в различных ракурсах. Двухплечевой пантограф размахом 1000 мм со скрытыми пружинными тягами фиксирует линзу в удобном для оператора положении. Уникальная обзорность обеспечивается оригинальным решением — наличием промежутка между краем линзы и кожухом лампы. Этот промежуток вкуче с узким кожухом кольцевой лампы способствует скорейшей адаптации глаза при переводе взгляда в рабочую область и обратно. Большой диаметр линзы (165 мм против 120 мм у китайских аналогов), высокое качество стекла и мощная бестеневая подсветка с электронным балластом вносят решающий вклад в качество изображения и снижают утомляемость оператора до минимума. Уровень освещенности под линзой на фокусном расстоянии 286 мм достигает рекордной величины 3500 лк. Откидная крышка сверху предохраняет линзу от пыли и фокусирования солнечных лучей в нерабочем состоянии, а прозрачный кожух на лампе снизу — от механических повреждений при монтажных работах. Предусмотрена возможность установки быстросъемной линзы 4 дптр или 6 дптр в узкой оправе, не заслоняющей смежные фрагменты наблюдаемого объекта.

Характеристики комбинаций линз для осветителей LUXO приведены в



Рис. 4. Линза с подсветкой на пантографе, модель Circus

таблице 2. Как видно из таблицы, предельное увеличение оптической системы из двух линз не превышает четырех с половиной крат (11,5 дптр). При бесспорном удобстве выполнения сборочно-монтажных работ на большом расстоянии под линзой, растущая необходимость работы с компонентами ультрамалых размеров вынуждает все чаще обращаться к стереомикроскопу не только на этапе межоперационного контроля, но и в ходе сборочно-монтажных операций.

СТЕРЕОМИКРОСКОПЫ ДЛЯ КАЖДОГО РАБОЧЕГО МЕСТА

Пожалуй, каждому из нас встречались печатные материалы, телерепортажи, а кому-то посчастливилось видеть воочию типичную картину сборочного производства в Малайзии,



Рис. 5. Стереомикроскоп на штативе с блоком подсветки

Сингапуре или Тайване: бесконечные ряды миниатюрных брнеток, прильнувших к окулярам стереомикроскопов. Несколько лет назад, наблюдая такой сюжет в очередной раз, я задался вопросом: приборы чьего производства стоят у них на столах? Проведя экспресс-маркетинг с помощью знакомых мне европейских и азиатских дистрибьюторов, и посетив Сингапур, я уяснил, что в оазисах электронных производств Юго-Восточной Азии особым спросом пользуется японская марка Carton Optical Industries, в то время как на западном рынке сильнее звучат бренды Leica, Olympus, Vision Engineering. Сравнив цены на продукцию перечисленных производителей в России и умножив цену стереомикроскопа на энное число рабочих мест сборочного участка, я призадумался.

Таблица 2. Оптические характеристики комбинаций линз в осветителях LUXO

Модель	Штатная линза/ размер (диоптрий/мм)	Доп. линза/ диаметр (диоптрий/мм)	Итого, диоптрий	Кратность увеличения	Фокусное расстояние (мм)	Освещенность на фокусном расстоянии (лк)
WAVE ESD	3,5/175×108	–	3,5	1,85	286	1390
WAVE ESD	3,5/175×108	10/35	13,5	4,38	74	1390
WAVE Plus	3,5/175×108	–	3,5	1,85	286	1390
WAVE Plus	3,5/175×108	4/95	7,5	2,88	133	1390
WAVE Plus	3,5/175×108	8/74	11,5	3,9	85	1390
WAVE Plus	3,5/175×108	10/35	13,5	4,38	75	1390
Magnifique Pro	3,5/175×108	–	3,5	1,85	286	2460
LFM	3/125	–	3	1,75	330	1625
LFM	3/125	4/95	7	2,75	140	1625
LFM	3/125	8/74	11	3,75	91	1625
Circus	3,5/165	–	3,5	1,85	286	3500
Circus	3,5/165	4/49	7,5	2,88	133	3500
Circus	3,5/165	6/49	9,5	3,38	105	3500

Таблица 3. Варианты комплектации стереомикроскопа DUET1030 со ступенчатой кратностью увеличения

Окуляры	Штатные DSW-10			Сменные DSW-15			Сменные DSW-20		
Дополнительная (съёмная) линза на объективе	Нет	AL0.5	AL1.6	Нет	AL0.5	AL1.6	Нет	AL0.5	AL1.6
Кратность увеличения	10 или 30	5,9 или 17,7	15,7 или 47,1	15 или 45	8,85 или 26,55	23,55 или 70,65	20 или 60	11,8 или 35,4	31,4 или 94,2
Рабочее расстояние (мм)	82,5	127,7	42,3	82,5	127,7	42,3	82,5	127,7	42,3
Поле зрения (мм)	23 или 7,6	38,9 или 12,9	14,6 или 4,8	5	25,4 или 8,4	9,5 или 3,1	11,4 или 3,8	19,3 или 6,4	7,2 или 2,4

Вероятно, аналогичные ощущения испытывает руководитель производства, сравнивая сумму, которую ему предлагается выложить за осветители LUXO в сравнении с китайской альтернативой! Впрочем, есть и отличие: китайские микроскопы имеют в России весьма скромное хождение по сравнению с китайскими линзами на пантографе, ибо ценовой демпинг в сегменте стереомикроскопов более сложен. Да и в абсолютном значении цены стереомикроскопов измеряются сотнями, а не десятками долларов, поэтому решение о покупке принимается потребителем более взвешенно, с оглядкой на качество прибора. Сравнив технико-экономические характеристики стереомикроскопов различных производителей, я пришел к мысли о том, что имеются предпосылки для успеха Carton Optical не только в передовых азиатских сборочных центрах, но и в России. Так началась история, возымевшая продолжение в складском ассортименте наиболее ходовых бинокляров (см. рис. 5) и тринукляров (см. рис. 6) производства Carton Optical, ключевые параметры которых представлены в таблицах 3–6. Стереомикроскопы Carton Optical, предназначенные для монтажа и визуального контроля SMT/fine pitch отличаются широким полем зрения, большим рабочим расстоянием, добротной оптикой и широким диапазоном кратностей увеличения. Предельные значения параметров достигаются подбором

соответствующей конфигурации базовой оптики, дополнительными линзами и сменными окулярами. Все модели поставляются с блоком бестеневого подсветки, поскольку хорошее освещение объекта является важнейшим условием получения качественного изображения.

Модель **DUET1030** с переключаемой кратностью увеличения 10/30 обосновалась в рыночном сегменте недорогих профессиональных стереомикроскопов для сборочно-монтажных работ. Ее достаточность для большинства линейных операций вкупе с привлекательной ценой стали решающими факторами применения на массовых производствах сотовых телефонов, цифровых камер и компьютеров в Юго-Восточной Азии. Переключение кратности осуществляется одним движением руки. Нижнее значение кратности 10 (или 6 при использовании дополнительной линзы AL0.5 на объективе) более комфортно для сборочно-монтажных работ, когда широкое поле зрения и большая дистанция между объективом и печатной платой являются преимуществами. Верхнее значение кратности 30 (в случае необходимости наращиваемое до 94 сменными окулярами DSW-20 и линзой AL1.6) используется при визуальном контроле качества печатных узлов, включающих микросхемы QFP с малым шагом выводов и чип-компоненты. В комплект поставки входит монтируемая на объектив бестеневая

подсветка (кольцевая люминесцентная лампа) в кожухе, блок питания которой вынесен за пределы штатива для оптимизации пространства рабочего места. Перечень опций включает линзы для увеличения рабочего расстояния, поля зрения или кратности; сменные окуляры для повышения кратности; окуляры с градуированной шкалой или визирной сеткой; защитное стекло на объектив; кольцевую люминесцентную лампу. Микроскоп штатно комплектуется настольным штативом, вместо которого можно при необходимости использовать двухплечевую кронштейн, основание которого фиксируется струбциной к кромке стола.

Биноклярный стереомикроскоп **SOLO1044** имеет оптику с плавно изменяемой кратностью увеличения от 10 до 44 при постоянном рабочем расстоянии благодаря трансфокатору. Диапазон кратностей максимально приближен к нуждам электронных производств и ремонтных центров, где производится монтаж и визуальный контроль компонентов на печатных платах с плотной компоновкой. Модель позиционируется как относительно недорогая в классе профессиональных стереоскопов с трансфокатором. Нижнее значение кратности 10 (или 5, с дополнительной линзой AL0.5 на объективе) наиболее комфортно в сфере сборочно-монтажных работ, когда широкое поле зрения и большое расстояние между объек-

Таблица 4. Варианты комплектации модели SOLO1044 с трансфокатором

Окуляры	Штатные DSW-10			Сменные DSW-15			Сменные DSW-20		
Дополнительная линза на объективе	Нет	AL0.5	AL1.6	Нет	AL0.5	AL1.6	Нет	AL0.5	AL1.6
Кратность увеличения	10...44	5...22	16...70,4	15...66	7,5...33	24...105,6	20...88	10...44	32...140,8
Рабочее расстояние (мм)	90	150	45	90	150	45	90	150	45
Поле зрения (мм)	23... 5,2	46...10,4	14,3...3,2	15...3,4	30...6,8	9,3...2,1	11,4...2,5	22,8...5,1	7,1...1,6

Таблица 5. Варианты комплектации модели SOLO2070 с трансфокатором

Окуляры	Штатные DSW-10			Сменные DSW-15			Сменные DSW-20		
Дополнительная линза на объективе	Нет	AL0.5	AL1.6	Нет	AL0.5	AL1.6	Нет	AL0.5	AL1.6
Кратность увеличения	20...70	10...35	32...112	30...105	15...52,5	48...168	40...140	20...70	64...224
Рабочее расстояние (мм)	80	120	41	80	120	41	80	120	41
Поле зрения (мм)	10...2,8	20...5,7	6,2...1,7	7,5...2,1	15...4,2	4,6...1,3	5,7...1,6	11,4...3,2	3,5...1,0

тивом и печатной платой являются важными преимуществами. Верхнее значение кратности 44 (при необходимости до 140, со сменными окулярами DSW-20 и линзой AL1.6) используется при визуальном контроле качества печатных узлов, включающих чип-компоненты новейших типоразмеров, а также микросхемы QFP с ультрамалым шагом fine pitch. В комплект поставки входит монтируемая на объектив бестеневая подсветка (кольцевая люминесцентная лампа) в кожухе, блок питания которой вынесен за пределы штатива для оптимизации пространства рабочего места. Перечень опций такой же, как у модели DUET1030.

Модель SOLO2070 серии бинокулярных стереомикроскопов Carton Optical сочетает в себе мощную оптику и изменяемую кратность увеличения от 20 до 70. Трансфокатор обеспечивает постоянство рабочего расстояния

при изменении кратности увеличения. Модель ориентирована на визуальную инспекцию электронных компонентов и плат с целью выявления трудноразличимых дефектов и микротрещин в печатных узлах высшей степени интеграции. При необходимости нижнее значение кратности можно уменьшить до 10 при помощи дополнительной линзы AL0.5, выполняющей функцию расширения поля зрения и увеличения дистанции между объективом и рабочей плоскостью. Верхнее значение кратности можно поднять вплоть до 224 со сменными окулярами DSW-20 и линзой AL1.6, если это критически важно для визуальной инспекции микросборок, дефектов микросварки, микротрещин или иных трудноразличимых дефектов. Важную роль играет освещение объекта — как штатное бестеневое, так и, возможно, дополнительное направленное с отбрасыванием тени для

подчеркивания объемности исследуемого объекта. В базовую комплектацию прибора включена бестеневая подсветка, блок питания которой размещается вне штатива. Перечень опций такой же, как у рассмотренных выше моделей.

Завершающая часть статьи посвящена оптическим инструментам индивидуального применения с компьютерной визуализацией и программной поддержкой функций анализа и документирования изображений. В отличие от рассмотренных выше традиционных оптических приборов (линз с подсветкой и стереомикроскопов), используемых как ремонтниками, так и производственниками, оптические системы с компьютерной составляющей ориентированы преимущественно на производственный сектор, где их пользователями являются технологи и контролеры.

/ Окончание следует в №5 /