

СВЕТОВАЯ МИКРОСКОПИЯ ОАО “ЛОМО”

© 2011 г. В. И. Барченко-Емельянов; Е. В. Лобачева

ОАО “ЛОМО”, Санкт-Петербург

E-mail: 19elena53@Gmail.com

Рассмотрены вопросы развития приоритетных направлений световой микроскопии на ОАО “ЛОМО”.

Ключевые слова: световые микроскопы.

Коды OCIS: 180.1790

Поступила в редакцию 23.06.2010

Нет такой области науки и техники, где бы не использовались световые микроскопы. В номенклатуре микроскопов, выпускаемых ОАО “ЛОМО”, есть старые, зарекомендовавшие себя и пользующиеся постоянным спросом модернизированные модели микроскопов, а также новые модели для различных областей применения. Производство микроскопов носит крупносерийный характер и в год выпускается 8–10 тысяч микроскопов. Развитие микроскопии на ОАО “ЛОМО” примерно за 20-летний период отражено в [1, 2]. Сегодня модернизация микроскопов направлена как на использование современной элементной базы, например, переход на новые полупроводниковые источники света, так и на расширение их функциональных возможностей. В статье рассматриваются лишь приоритетные для предприятия направления развития современной микроскопии.

Одним из направлений модернизации систем освещения микроскопов ОАО “ЛОМО” является переход на светодиодное освещение. Эти работы были начаты в 2000 году [3] и с 2009 года активно внедряются в серийные модели микроскопов. Практически все микроскопы ЛОМО могут быть оснащены осветителями как с галогенными лампами, так и со светодиодами. Светодиоды хорошо зарекомендовали себя при исследовании окрашенных гистологических объектов, в металлографии, в измерительных микроскопах, в криминалистике, в поляризационных микроскопах, в микроскопах класса рабочих и лабораторных моделей. Установка светодиодного осветителя типа ОСД-5 вместо ламп накаливания в поляризационный микроскоп ПОЛАМ Р-312 позволила в работах ФГУП “ВСЕГЕИ” более четко обнаруживать цветные

оттенки рудных минералов и надежно выявлять слабую анизотропию, например у халькопирита, кубанита и других минералов.

Особого внимания заслуживают приоритетные направления развития в области биотехнологий и поэтому отечественные медицинские институты, клиники и больницы нуждаются в эффективной и доступной по цене технике. Одним из важнейших направлений развития микроскопии ЛОМО является разработка отечественного современного исследовательского микроскопа с “гибкой” конфигурацией, которая позволит обеспечить решение задач, связанных как с визуальной, так и телевизионной регистрацией изображения, ее компьютерным документированием, передачей и обработкой с помощью программного обеспечения при работе с изображением микрообъектов (рис. 1).



Рис. 1. Микроскоп биологический исследовательский БИЛАМ II1.

При освещении объектов проходящим светом исследования на микроскопе могут проводиться в светлом (прямое и косое освещение) и темном поле, методом фазового контраста, дифференциально-интерференционного контраста, в поляризованном свете (ортоскопия, коноскопия и круговая поляризация). При работе в падающем свете в светлом и темном поле, при смешанном освещении объекта, в поляризованном свете, методом дифференциально-интерференционного контраста, а также в свете люминесценции объектов, возбуждаемой в пределах длин волн 340–450 нм. Микроскоп нацелен на применение не только в медицине и биологии, но и в других областях науки и техники. Модульный принцип построения позволит выбрать потребителю такой вариант исполнения, который является для него наиболее целесообразным. Для работы в свете люминесценции, осветитель отраженного света микроскопа может быть укомплектован ртутной лампой, светодиодом или галогенной лампой, которые можно комбинировать со всеми модулями, входящими в осветитель проходящего света. Проверенная временем оптическая схема исследовательского микроскопа с растровым осветителем гарантирует высокий контраст без потери разрешения, исключает влияние паразитных засветок особенно при темнопольном освещении [4]. Высокие качества микроскопу обеспечивают комплекты объективов типа планохроматов и планапохроматов с оптической длиной тубуса “бесконечность” и с независимой аберрационной коррекцией. Объективы и окуляры рассчитаны на поле зрения 20 мм и 25 мм для работы как с покровными, так и с безпокровными препаратами.

Изучение свойств материалов, их изменений, происходящих в процессе технологической обработки и эксплуатации машин и инструментов посредством испытаний на микротвердость, решаются сегодня с помощью отечественного прибора ПМТ-3М. Определение микротвердости с помощью этого прибора имеет ряд неудобств: большое количество операций, необходимых для настройки прибора и измерения диагоналей отпечатка, неэргономичность оптической части для визуального наблюдения, создание нагрузки с помощью гирь и т. д. В зарубежных моделях, в отличие от ПМТ-3М, нагружение осуществляется полуавтоматически или полностью автоматически, имеется возможность выбора скорости сближения индентора с испытуемым материалом, регулируется время

выдержки под нагрузкой. Тем не менее, сравнительный анализ показал, что по метрологическим характеристикам ПМТ-3М является более высокоточным прибором, соответствующим требованиям отечественных стандартов в части измерения микротвердости методом вдавливания алмазных наконечников в испытуемый материал с последующим измерением параметров отпечатка. В связи с этим и, учитывая, что на микротвердомеры возлагается и решение задач металлографического микроскопа, на ОАО “ЛОМО” ведутся работы по созданию новой модели микротвердомера, основанного на принципиально новой оптической схеме с автоматическим узлом нагружения и моторизацией ряда других функций. Новая модель будет обладать следующими преимуществами по сравнению с ПМТ-3М: используется светодиодный осветитель, обеспечивающий качественное освещение объекта на весь ресурс работы прибора; существенно упрощена оптическая схема; введено автоматическое нагружение с заданием необходимых скорости нагружения и времени внедрения нагрузки в испытуемый материал; расширен диапазон нагрузок до 1 кг. Введение телевизионного канала обеспечит возможность компьютеризации процесса измерений и исследований в области материаловедения. Управление работой микротвердомера будет осуществляться как от внутренней системы через сенсорный экран, так и от внешнего компьютера.

Развитие средств современной цифровой и вычислительной техники, увеличившаяся нагрузка на криминалистические лаборатории МВД РФ способствовали проведению на “ЛОМО” работ по модернизации микроскопа сравнения криминалистического МСК-3 в части оснащения его широким набором методов освещения, автоматизацией управления, расширением диапазона увеличений, созданием возможности подключения цифровых фото и видеокамер для обработки, хранения и документирования информации. Новый микроскоп сравнения криминалистический МСК-3-1 (рис. 2) разработан на основе результатов эксплуатации микроскопа МСК-3 и предложений экспертов-криминалистов. Он предназначен для наблюдения и регистрации с последующей компьютерной обработкой изображения двух сравниваемых объектов, которые одновременно или раздельно видны в поле зрения окуляров или на экране монитора. Микроскоп предназначен для проведения идентификационных экспертиз как баллистических (гильзы, пули),

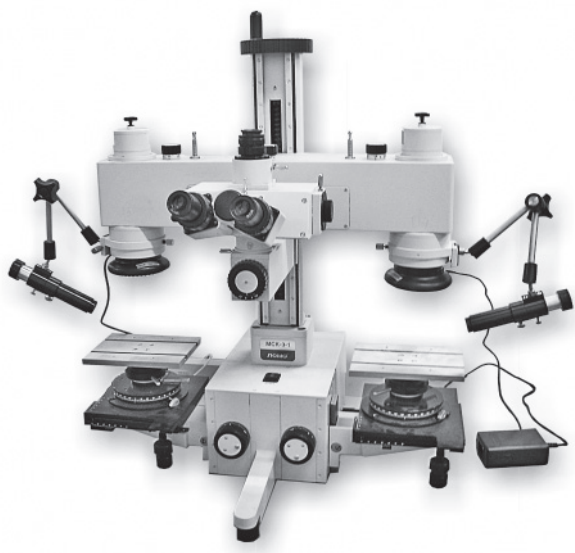


Рис. 2. Микроскоп сравнения криминалистический МСК-3-1.

так и разнообразных других объектов (ключи, печати, замки, изделия из пластмасс, ценные бумаги, деньги и т. д.).

Модель МСК-3-1 по сравнению с выпускавшейся ранее моделью МСК-3 имеет увеличение при визуальном наблюдении $140\times$ вместо $74\times$, моторизованное перемещение головки микроскопа по высоте. Прибор позволяет регистрировать изображение объекта с помощью цифровой фотокамеры и видеокамер $1/2''$, $1/3''$, $2/3''$. В состав микроскопа, кроме галогенных осветителей, входят светодиодные осветители кольцевого типа видимого, ИК и УФ спектральных диапазонов и светодиодные косопедающие осветители “белого” свечения. По желанию потребителя микроскоп может быть укомплектован волоконными световодами и мощными (150 Вт) источниками света.

Заслуживают внимания последние разработки ЛОМО микроскопов, используемых в подвижных и стационарных лабораториях санитарно-эпидемиологических служб и клинико-диагностических учреждений. К ним относятся люминесцентный микроскоп МЛП-01 (рис. 3а) и инвертированный микроскоп МИП-01 (рис. 3б). Микроскопы рассчитаны на эксплуатацию во всех климатических районах России, каждый упакован в герметичный ударопрочный кейс, который для удобства перемещения снабжен ручками и колесами. Микроскопы при транспортировке и хранении обладают повышенной прочностью к воздействию влажности

до 100%, пониженному атмосферному давлению до 450 мм рт. ст., широкому диапазону температур от плюс 50 до минус 50 °С. Среднее время приведения микроскопа в рабочее состояние не превышает 15 мин, включая распаковку, установку узлов, включение источников света и выход на рабочий режим. Питание микроскопов осуществляется от сети переменного тока и сети постоянного тока через прикуриватель автомобиля или напрямую от аккумулятора.

Инвертированный микроскоп МИП-01 предназначен для контроля культур клеток и оценки морфологии микроорганизмов, в том числе при проведении индикации возбудителей особо опасных инфекций. Оптическая схема микроскопа рассчитана для работы с объективами, имеющими независимую аберрационную коррекцию с оптической длиной тубуса “бесконечность”. Окулярное поле зрения микроскопа 20 мм, увеличение от 30 до 1000 крат. Увеличение объективов 5, 10, 20, 40, 63 крат, окуляров

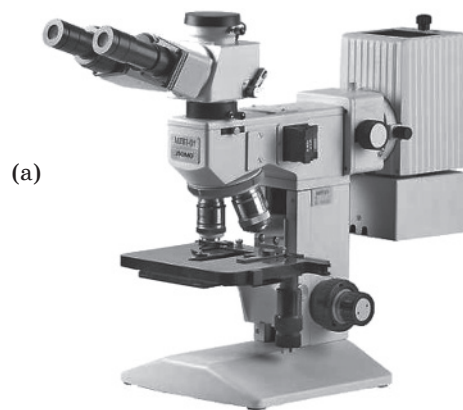


Рис. 3. Микроскоп люминесцентный МЛП-01 – а, микроскоп инвертированный МИП-01 – б.

6,3; 10; 15 крат. Исследования на микроскопе производятся в проходящем свете методами светлого и темного поля, косо́го освещения, фазового и дифференциально-интерференционного контраста. Регистрация изображения производится с помощью цифровой фотокамеры или видеокамеры.

Осветительная система микроскопа обеспечивает освещение по методу Келера конденсором с числовой апертурой 0,5 для объектов в лабораторной посуде высотой до 40 мм и упрощенное освещение конденсором с числовой апертурой 0,12 для объектов в лабораторной посуде высотой до 120 мм. Фокусировка на объект производится перемещением узла объективов вместо перемещения предметного столика, что удобно при работе с громоздкими флаконами, располагаемыми “на боку” и практически незакрепленными на предметном столике (ручная фиксация).

Люминесцентный микроскоп МЛП-01 предназначен для регистрации результатов иммунофлюоресцентного анализа при проведении специфической индикации возбудителей инфекций. Спектральный диапазон возбуждения люминесценции 440–480 нм, исследуемой люминесценции – 520–700 нм. Увеличение микроскопа от 126 до 1500 крат. Объективы-микрофлюары, обеспечивающие плоское изображение по всему полю зрения, рассчитаны на оптическую длину тубуса “бесконечность” и имеют увеличение 20/0,75; 40/0,85; 63/1,0 ВИ; 100/1,25 МИ. Источник света – ртутная лампа типа НВО-100. Микроскоп снабжен тринкулярной насадкой для визуального наблюдения, фотографической регистрации цифровой

камерой и видеокамерой для архивирования и наблюдения изображений на экране монитора. Микроскоп обладает всеми достоинствами переносного прибора: имеет компактные габариты и малый вес, позволяет приступать к работе в передвижных медицинских комплексах через 10–15 мин после установки.

В последнее время поляризационные микроскопы, выпускаемые ОАО “ЛОМО”, были существенно усовершенствованы, появились приборы нового поколения. Широко известные микроскопы ПОЛАМ Л-213М (рис. 4а) и ПОЛАМ Р-312 в настоящее время оснащены светодиодными осветителями, могут быть укомплектованы адаптерами для регистрации изображения телекамерой с последующим компьютерным анализом.

Поляризационные микроскопы ПОЛАМ ЛПО и ПОЛАМ ЛП (рис. 4б) разработаны недавно. Они предназначены для исследований прозрачных и непрозрачных объектов в проходящем и отраженном свете, в обыкновенном и поляризованном свете, а также при смешанном освещении. Микроскопы обеспечивают проекцию изображения объекта на матрицу цифровой фотокамеры или телекамеры. Методы исследования в проходящем свете: ортоскопическое/коноскопическое наблюдение; круговая поляризация; методы фокального экранирования; фазовый контраст и темное поле; кристаллографические исследования с компенсационными устройствами λ , $\lambda/3$, $\lambda/4$, $\lambda/6$; дифференциально-интерференционный контраст. Методы исследования в отраженном свете: ортоскопическое наблюдение; косо́е освещение; кристаллографические исследования



Рис. 4. Микроскоп поляризационный ПОЛАМ Л-213М – а, микроскоп поляризационный ПОЛАМ ЛПО – б.

с компенсационной пластинкой λ ; дифференциально-интерференционный контраст.

Отличительные особенности микроскопов серии ПОЛАМ: новый комплект поляризационных объективов; новый комплект центрированных широкопольных окуляров с диоптрийной подвижкой; увеличенное исследуемое поле на объекте и в плоскости изображения; револьвер с пятью центрируемыми гнездами (наклон к штативу микроскопа); вращающийся прецизионный предметный столик увеличенного диаметра с механизмом фиксации углов поворота и точностью отсчета углов в $0,1^\circ$; широкие возможности исследований минералов в поляризованном свете (круговая поляризация, измерение разности хода по методу Сенармона, выявление малых разностей хода с пластинкой λ в субпараллельном положении; кварцевый клин $1/6\lambda$, расширяющий диапазон измерения разности хода для сильнопоглощающих минералов; дифференциально-интерференционный контраст).

Отметим, что на рынке микроскопов РФ в последнее время появились поляризационные микроскопы китайских производителей. Эти микроскопы по сравнению с поляризационными микроскопами ОАО «ЛОМО» в большинстве случаев изготавливаются на базе биологических микроскопов. К ним не предъявляются требования на отсутствие натяжений в оптических элементах, расположенных между поляризатором и поляризатором-анализатором, в том числе и в объективах. Это приводит к тому, что микроскоп не обеспечивает возможность исследования тонких анизотропных свойств минералов и других объектов. В тринокулярных насадках микроскопов ОАО «ЛОМО» имеется кристаллическая пластинка «высших порядков», которая служит для исключения «скачка фазы» на границе двух призм при наблюдении с одним поляризатором. Отсутствие ее в китайских микроскопах приводит к возникновению ложного плеохроизма. Кроме этого, использование маломощных ламп с низкой цветовой температурой затрудняет выявление цветовых оттенков исследуемых объектов, не обеспечивает равномерного освещения поля зрения, нарушает правильную цветопередачу и делает невозможным наблюдение слабо анизотропных явлений.

Ассортимент продукции ОАО «ЛОМО» включает широкий выбор микроскопов – от простых моделей до компьютеризированных микроскопов-комплексов, предназначенных для лабораторных исследований в медицине, биологии, ми-

нералогии, материаловедении, криминалистике и т. д. К последним относится микроспектрофотометр МСФУ-К, выпускаемый ЛОМО более 10 лет. Он предназначен для фотометрических исследований в проходящем, отраженном свете и в свете люминесценции, для исследований в поляризованном свете микрообъектов и микроучастков макрообъектов. Микроспектрофотометр построен на базе серийного люминесцентного микроскопа «ЛЮМАМ РПО-11», снабжен спектрофотометрической насадкой, монохроматор которой имеет три дифракционные решетки – 300, 600 и 1200 лин/мм и фотоприемник типа ФЭУ. Кроме штатных осветителей от «ЛЮМАМ РПО-11» имеется навесной осветитель с галогенной лампой для исследования свойств объектов в диффузной составляющей отраженного света. Микроскоп-спектрофотометр МСФУ-К комплектуется специализированным микропроцессором, обеспечивающим первичную обработку фотометрической информации и работу с внешним персональным компьютером для обработки информации по прилагаемой программе. Он широко используется в производстве ОАО «ЛОМО» как прибор для контроля просветляющих и отражающих покрытий оптических деталей и шероховатости полированных поверхностей.

За последние годы ОАО «ЛОМО» дважды проводило по индивидуальным заказам модернизацию микроспектрофотометра МСФУ-К. Усовершенствованный прибор (рис. 5) превосходит последний по функциональным возможностям – введен канал глубокого ультрафиолета (250 нм) и канал инфракрасного возбуждения (960 нм) для работы в режиме антистоксовской люминесценции (700–800 нм). Введение канала глубокого ультрафиолета привело к необходимости разработки нового оригинального комплекта микрообъективов на основе кварц-флюоритовой оптики, работающих в области спектра от 250 до 1100 нм [5]. В качестве источников света применяется ксеноновая лампа, а в ИК-канале используется лазерный диод. Это привело к введению в схему освещения анаморфотной оптики.

В отличие от механической калибровки шкалы длин волн по спектру ртутной лампы в МСФУ-К, в модернизированном приборе применена компьютеризированная калибровка по спектру пропускания цветного стекла ПС-7. В качестве эталона для калибровки спектров люминесценции вместо спектра излучения галогенной лампы КГМ 9-70 используется спектр

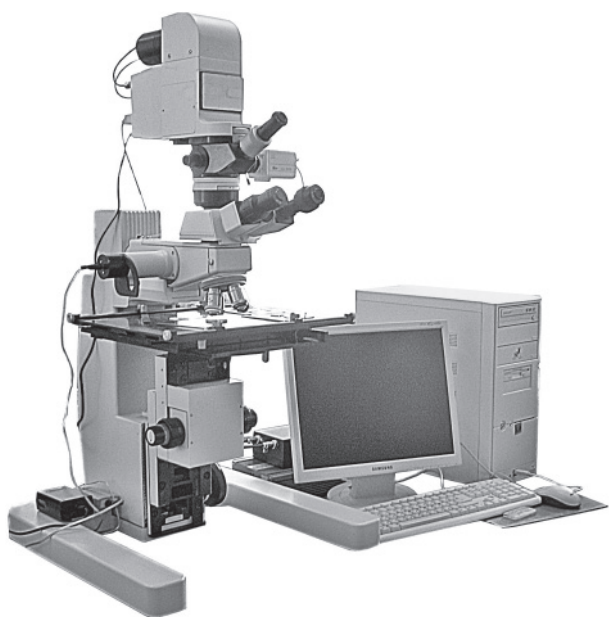


Рис. 5. Микроспектрофотометр МСФУ-К.

светодиода белого свечения, входящего в комплект эталонов прибора, что обеспечивает неизменность цветовой температуры источника при регулировке интенсивности его излучения. Модернизированный прибор оснащен предметным столом с увеличенными размерами. Это позволило проводить исследования объектов толщиной до 150 мм и размером от 20×20 мм до 250×350 мм. Управление работой микроспектрофотометра осуществляется от персонального компьютера. Регистрация изображения осуществляется телекамерой с ПЗС-матрицей (5 Мп).

Исторически ОАО «ЛОМО» давно выпускает металлографические микроскопы. Выпускаемые сегодня инвертированные металлографические микроскопы для рутинных работ серии МЕТАМ РВ и для исследовательских работ серии МЕТАМ ЛВ обеспечивают получение высококачественного изображения сложноструктурированных объектов в отраженном свете как при прямом, так и косом освещении, в светлом и темном поле, в поляризованном свете. Реализован метод исследования дифференциально-интерференционного контраста.

Различные варианты комплектации обеспечивают потребителю возможность выбора микроскопа в зависимости от специфики работы. Источник света – светодиод белого свечения. На штативе МЕТАМ РВ создан и микровизор отраженного света μ Vizo-MET. Особенностью

микроскопов МЕТАМ ЛВ является применение безрефлексных планахроматических эпиективов широкого поля без хроматической окраски по контуру и широкоугольных окуляров. Это позволило добиться высокой контрастности изображений исследуемых объектов. За счет применения растровой осветительной системы [3, 4] и использования светодиодного осветителя повышены яркость и равномерность освещения объектов. Источник света – галогенная лампа мощностью 100 Вт или светодиод белого свечения мощностью до 20 Вт. Все модели металлографических микроскопов могут быть укомплектованы цифровыми видео- или фотокамерами для наблюдения изображения объектов на экране монитора, архивирования, компьютерной обработки, классификации и т. д. с помощью специализированного программного обеспечения.

Дополняют линейку микроскопов технического назначения известные бесконтактные приборы для измерения параметров шероховатости поверхности – микроинтерферометр МИИ-4М (рис. 6а) для диапазона от 0,1 до 0,8 мкм и прибор светового сечения ПСС-3 (рис. 6б) (0,5–400 мкм), построенные по схемам В.П. Линника. Они оснащены светодиодными осветителями, что позволило повысить контрастность и равномерность освещения объектов. Эти микроскопы могут быть оснащены адаптерами для регистрации и вывода изображения на экран монитора и его дальнейшей обработки с помощью компьютера.

ОАО «ЛОМО» сегодня является ведущим лицензированным производителем медицинских микроскопов для рутинных и лабораторных работ в Российской Федерации. Микроскопы Микмед-5, Микмед-6 и Микмед-7 предназначены для общеклинических исследований, доступны отечественному пользователю и позволяют оснастить недорогим качественным диагностическим оборудованием лаборатории поликлиник, больниц и учебных заведений. Предприятие при выпуске этих микроскопов уделяет особое внимание их качеству, к чему обязывает действующая на ЛОМО система качества ИСО 9001–2000. Важными характеристиками этих моделей являются надежность, доступная цена и высокое качество изображения. Эти параметры достигаются за счет успешной кооперации с КНР. С 2010 г. микроскопы базируются на едином эргономичном штативе, литая конструкция которого обеспечивает устойчивость, минимизацию воздействия внешних вибраций

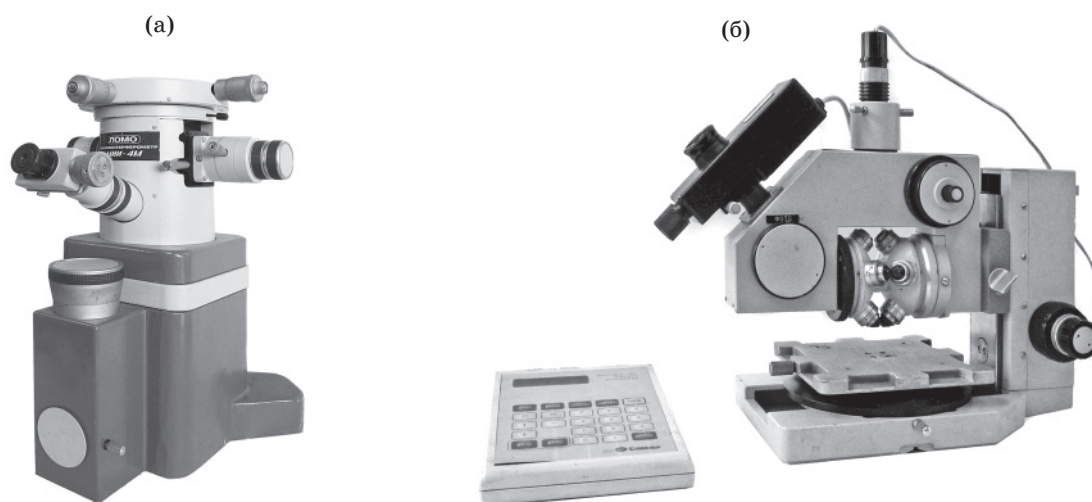


Рис. 6. Микроинтерферометр МИИ-4М – а, прибор светового сечения ПСС-3 – б.

и постоянство оптических параметров в течение всего срока службы прибора.

Анализ состояния отечественного рынка показывает, что конкурентная борьба среди поставщиков микроскопов ведется не в области качества, надежности и электробезопасности, а прежде всего в политике цен. Налаженное массовое производство микроскопов в КНР с низкой ценой привело к тому, что на рынке лабораторных микроскопов появились модели, которые имеют сходство по заявленным техническим характеристикам с микроскопами Микмед-5 и Микмед-6, обладая при этом более низким качеством и низкой ценой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбачева Г.П., Гунченкова Н.М., Жидкова Н.А., Задорин Е.Ю., Мамаев А.И., Маслова Г.И., Немцова О.Н., Рагузин Р.М., Фролов Д.Н., Фрэнз А.И., Федоров О.В., Шибалова И.Д. Опыт разработки микроскопов единой системы (“рабочих” и “студенческих”) // Оптический журнал. 1992. Т. 59. № 10. С. 42–47.
2. Алтухов В.С., Демченко Н.П., Клейнбок В.Е., Лобачева Е.В., Мамаев А.И., Маслова Г.И., Негода Т.В., Немцова О.Н., Рагузин Р.М., Селезнева Т.Ф., Скобелева Н.Б., Соболев Ю.В., Федотова М.И., Фролов Д.Н., Фрэнз А.И., Шибалова И.Д. Новые микроскопы ЛОМО // Оптический журнал. 2002. Т. 69. № 9. С. 63–70.
3. Волкова М.А., Златина С.В., Коган Л.М., Натаровский С.Н., Немцова О.Н., Папченко Б.П., Селезнева Т.Ф., Скобелева Н.Б., Фролов Д.Н. Перспективы использования светодиодов в осветительных устройствах микроскопов // Оптический журнал. 2005. Т. 72. № 2. С. 29–34.
4. Калинина О.Д., Натаровский С.Н. Микроскопы с растровым осветительным устройством // Оптический журнал. 2008. Т. 75. № 2. С. 50–54.
5. Скобелева Н.Б., Сокольский М.Н., Левандовская Л.Е. Новый комплект линзовых объективов, работающих в диапазоне 250–1000 нм, для люминесцентных микроскопов // Оптический журнал. 2011. № 1. С. 45–50.