РЕФЕРАТ

Технология изготовления оптических поверхностей

2009

## 1. Изготовление оптических поверхностей

Оптические поверхности необходимы дли того, чтобы на границе между двумя различными средами световые лучи оказались отраженными или преломленными. Для этого, как правило, применяются плоские или сферические поверхности, которые относительно просто можно изготовлять; только в особых случаях применяются несферические поверхности, например при изготовлении параболических зеркал, коррекционных пластинок Шмидта и цилиндрических линз. Стекла подбираются по их качествам и свойствам в зависимости от предъявляемых требований. Для зеркал и осветительных линз в большинстве случаев в качестве исходного материала подходит зеркальное стекло или дешевый крон, в то время как для мощных оптических систем, применяемых в сложных линзах или призмах, необходимо применять специально подобранные оптические стекла. Для устранения остаточных внутренних напряжений их еще раз отжигают и осторожно охлаждают. Это относится и к плавленому кварцу, который также применяется для оптических целей. Возможно также применение естественных кристаллов. Необходимость этого возникает в тех случаях, когда желательно повысить прозрачность оптики в ультрафиолетовой или в инфракрасной областях спектра, а также воспользоваться двойным преломлением или оптической активностью, свойственными многим веществам. Весьма различная твердость таких материалов, а также иногда их растворимость в воде позволяют применять методы, существенно отличные во многих отношениях от методов обработки стекла. Если оказывается необходимым получить оптическую поверхность у металлов и некоторых искусственных материалов, то можно применять обычную шлифовку и полировку; для той же цели можно применять и другие методы, о которых будет сказано ниже.

А) Шлифовка и полировка

В процессах шлифовки и полировки различают грубую и тонкую шлифовку, а затем собственно полировку. Грубая шлифовка должна по возможности быстро придать обрабатываемой поверхности желаемую плоскую или сферическую форму. В качестве абразивного материала применяют, как правило, карборунд, наждак или другие подобные твердые материалы в измельченном виде с различным зерном. К обрабатываемой поверхности стекла прижимают так называемую шлифовальную форму, которую делают или также из стекла, или из серого чугуна, или из латуни. Абразивный материал, смешанный с водой до кашицеобразной консистенции в пропорции V2 чайной ложки на 1 дм2 поверхности, подается между обрабатываемой поверхностью и шлифовальной формой. Весь шлифовальный процесс можно выполнять как вручную, так и механически. Важно лишь, чтобы, например, при шлифовке плоских поверхностей обрабатываемая поверхность была горизонтальной. Находится ли шлифующий слой сверху или снизу поверхности, это имеет второстепенное значение. При обработке больших поверхностей, как правило, оказывается более удобным подвижную форму помещать над обрабатываемой поверхностью, в то время как для очень малых объектов удобнее, если обрабатываемая поверхность находится над формой. При собственно шлифовальном процессе необходимо, например, чтобы шлифовальная форма двигалась возвратно-поступательно относительно обрабатываемого предмета, оставляя короткие или длинные "полосы". Направление движения должно каждый - раз несколько изменяться, чтобы при процессе шлифовки не наблюдалось какого-либо преимущественного направления. Только таким путем можно получить обрабатываемую поверхность с постоянным радиусом кривизны. При шлифовке необходимо время от времени смачивать шлифовальную форму несколькими каплями воды, чтобы обработка не шла всухую. Кроме того, периодически следует добавлять абразивный материал, чтобы восполнять его расход. Силу, с которой следует надавливать на форму при шлифовании, можно установить только практически, она зависит, естественно, от размеров шлифовальной формы и обрабатываемой поверхности. Время от времени поверхность следует промывать и просушивать. После этой стадии обработки поверхность кажется шероховатой. Она должна уже почти соответствовать желаемой форме, так что остается устранить лишь незначительные неровности. Если сферическую поверхность изготовляют из плоской пластины, так что вышлифовывается большая шлось, то грубую шлифовку следует повторять много раз до тех пор, пока pie будет получена желаемая сферическая форма.

Если поверхности придана желаемая форма грубой шлифовкой, то можно начать тонкую шлифовку, в результате которой должна быть устранена шероховатость, которую сообщили стеклянной поверхности крупные зерна при грубой шлифовке. Таким путем надо снять часть поверхности приблизительно до основания самых больших впадин. Этот процесс следует повторять многократно каждый раз с новой порцией мелкого наждака. Если для грубой шлифовки применяют, например, карборунд с зерном № 80, то тонкую шлифовку можно начинать еще довольно грубым карборундом с зерном № 120, а затем переходить последовательно к №№ 280, 400, 600 и 800. Наконец, закончить тонкую шлифовку можно мелким наждаком зернистостью № 303 /4. Однако при этом необходимо обращать внимание на то, чтобы применение материала тонкой зернистости, включая также зернистость № 800, было предварительно проверено надежным опытом. Отдельные зерна абразивного материала при тонкой зернистости уже настолько малы, что шлифовальная форма и обрабатываемые поверхности очень плотно прилегают друг к другу. Подача к абразивному материалу слишком большого количества воды вызывает быстрое вытекание шлифующего слоя но сторонам. Кроме того, возникает опасность непосредственного соприкосновения обеих поверхностей, в результате чего тонкий шлиф на поверхности стекла может оказаться поврежденным. То же самое может произойти, если работать со слишком сухим абразивным материалом. Таким образом, необходимо своевременно добавлять по нескольку капель воды для того, чтобы поддержать благоприятные условия работы. Кроме того, во избежание повреждения поверхности необходимо на протяжении всего процесса шлифовки очень строго следить за тем, чтобы отдельные зерна предыдущего абразивного материала не переменились с зернами следующего, более тонкого абразивного порошка. Следовательно, в рабочем помещении должно быть очень чисто. После окончания шлифовки абразивом с одним размером зерна шлифовальную форму и обрабатываемый предмет надо тщательно вымыть и очистить, прежде чем продолжать шлифовку следующим абразивным материалом. В связи с этим рекомендуется также, если это возможно, производить полировку в отдельном помещении, специально очищенном от пыли. Это требование будет тем важнее, чем больше размер обрабатываемой поверхности и чем выше требования к ее качеству. После окончания тонкой шлифовки поверхность должна стать уже слабо зеркальной. При рассмотрении ее в лупу на матовой отшлифованной поверхности не должно быть больших впадин. Если же таковые имеются, то это значит, что время, затраченное на шлифовку отдельными абразивными материалами, было недостаточно, так как крупные впадины остались от предшествовавшей шлифовки грубым абразивом, и естественно, что шлифовкой более мелким абразивом их удалить не удалось. В этих случаях для достижения лучшего выравнивания поверхности необходимо весь процесс шлифовки или часть его повторить. Оценка шлифовки с помощью лупы - дело не совсем легкое и требует определенного опыта. Рекомендуется предварительно отшлифовать несколько образцов зеркального стекла различными абразивными материалами до получения матовой поверхности и посмотреть, как все полученные поверхности выглядят под лупой. На этом основании можно быстро составить представление о качестве той или иной отшлифованной поверхности. Относительно продолжительности шлифовки едва ли можно дать точные рекомендации, так как она зависит, с одной стороны, от давления при шлифовке, а с другой стороны, от величины обрабатываемой поверхности. В рекомендованной выше литературе содержится основательное описание рабочего процесса, придерживаясь которого начинающий шлифовщик может избежать больших огорчений.

Б) Полировка

Процесс полировки дает возможность тонко отшлифованную поверхность стекла еще более сгладить и таким путем в конце концов получить поверхность, пригодную для оптических целей. При шлифовке для повышения гладкости поверхности приходится снимать с нее материал, в процессе полировки, напротив, материал с поверхности почти совершенно не снимается. Вместо этого происходит местное течение стекла вдоль его поверхности под давлением отдельных зерен полировального материала, в результате чего углубления заполняются, а выпуклости сглаживаются. Поверхность становится гладкой, и появившиеся в результате шлифовки микроскопические трещины исчезают. При этом очень важно, чтобы весь процесс производился не слишком быстро. Все исследования процесса полирования показывают, что при различных быстрых способах полировки получаются поверхности, которые при тщательной проверке обнаруживают отклонения от желаемой формы; получаются иногда поверхности, напоминающие по структуре апельсиновую корку. Поэтому необходимо следить за тем, чтобы в процессе полировки прежде всего была сглажена грубая шероховатость; затем должно постепенно улучшаться качество полировки, пока не будет получена возможно более совершенная поверхность. Опыт показал, что так называемая полировка на смоле в этом отношении, по-видимому, превосходит другие методы более быстрой полировки; но с другой стороны, полировка на смоле требует большей тщательности и опыта. Правильный выбор твердости применяемой смолы имеет особенно важное значение. Смола должна соответствовать температуре помещения, в котором производится полировка. Этого можно достичь сплавлением твердой и мягкой смолы в различных соотношениях. Часто рекомендуется добавлять небольшое количество пчелиного воска. Если же в распоряжении имеется только твердая смола, то, добавляя несколько капель скипидара, ее можно сделать мягче. Во время процесса полировки температура обязательно должна поддерживаться постоянной, так как в противном случае едва ли удастся избежать ошибок и неудач.

В США для изготовления оптических поверхностей наивысшей прецизионности очень широко применяется смесь канифоли с 7-9% касторового масла. Эта смесь, по-видимому, применима в более широком интервале температур, чем обычно используемая смола. Важно, чтобы применяемая канифоль была совершенно очищена от загрязнений, могущих создавать царапины. Для полировки можно пользоваться прежней шлифовальной формой, покрыв ее слоем смолы, однако по возможности смоляная форма должна иметь диаметр на Ve больший, чем шлифовальная. Для того чтобы полировочная жидкость равномерно поступала ко всем частям полируемой поверхности, на поверхности смоляного слоя надо нанести сетку из канавок. Применяются различные способы приготовления сеток и формы их. Для малых поверхностей бывает достаточно впрессовать в смоляной слой кусок смоченного мыльным раствором гардинного материала, чтобы таким образом получить одинаковую по глубине сетку. При больших полировочных формах необходима сетка более глубоких бороздок, ее изготовляют, нарезая или накатывая бороздки. При формах с большой кривизной часто значительно легче приготовить из смолы отдельные граненые квадраты и приклеить их к нагретой форме, получая таким образом необходимую сетку. Подробно этот метод описан в литературе, указанной выше.

Для полировки стекла, как правило, применяется крокус или окись церия различного качества, т.е. различных размеров зерен. Для получения зерен различных размеров крокус взмучивается с водой, затем ему предоставляется возможность свободно отстаиваться в высоких стеклянных цилиндрах. Приступая к полировке, следует в совершенно чистом стеклянном сосуде смешивать несколько ложек крокуса с водой, получая таким образом жидкую кашицеобразную массу, которую удобно наносить на полировочную форму или на полируемую стеклянную поверхность кисточкой для акварельной краски. Излишки крокуса стекают в канавки, а зернам крокуса дают некоторое время, чтобы укрепиться в смоле полировочной формы. Через Vz-1 минуту можно уверенно начинать полировку. Давление должно быть, как правило, значительно ниже, чем при шлифовке. Процесс полировки следует выполнять короткими круговыми движениями. Через несколько минут можно почувствовать, что смоляной слой начинает работать. Теперь следует продолжать полировку медленнее под более высоким давлением, делая прямые движения. Практически все движения могут быть такими же, как и при выполнении тонкой шлифовки. Для контроля зеркало можно периодически вытирать. Мыть его нет необходимости. Затем необходимо убедиться в том, что глянец появился и равномерно распределен по всей поверхности. Если на ней замечаются неравномерности, то, внося изменения в сетку канавок, можно усиливать или ослаблять действие отдельных мест полировальной формы. Сила давления, как правило, пропорциональна величине поверхности. Для контроля самой поверхности можно применить метод исследования при помощи лезвия Ножа. Если работу необходимо прервать, то обрабатываемую поверхность можно покрыть тонким слоем глицерина и затем наложить шлифовальную чашку. В результате этого поверхность сохраняется влажной, что исключает возможность прилипания к ней чашки и позволяет в любой момент возобновить полировку. Если на поверхности появляются царапины, то необходимо еще раз возвратиться к тонкой шлифовке и затем снова начать процесс полировки. Собственные опыты па небольших поверхностях позволяют очень быстро установить причины ошибок, которые могут иметь место при полировке. Методы полировки, которые позволяют получить желаемую плоскую или сферическую поверхность, подробно и наглядно описаны в литературе.

Если желательно сократить время полировки, то шлифовальную чашку можно тщательно покрыть хорошей чертежной бумагой, которая должна быть совершенно свободна от песка. Эта бумага с помощью пемзы делается шероховатой, тщательно очищается, и затем в нее всухую втирается крокус или трепел. После этого можно начать сухую полировку и получить значительно быстрее, чем другими методами, все же достаточно хорошую для многих целей поверхность. Можно также быстро и надежно произвести влажную полировку, наклеив на шлифовальный диск искусственные соты со смолой. Кроме этого, при изготовлении дешевой оптики охотно применяется так называемая полировка на фетре, при которой подложкой для полировального крокуса служит фетр.

Кроме крокуса в качестве полировального материала находят применение также другие материалы, например трепел, окись церия, окись алюминия, окись хрома, окись цинка и др.

Укажем здесь также на метод электролитической полировки, который в некоторых случаях может с успехом применяться вместо обычных процессов шлифовки и полировки.

При обработке растворимых в воде кристаллов, например каменной соли, необходимо вместо чистой воды применять другие жидкости, например насыщенный раствор поваренной соли или спирт. Так как другие щелочные галоиды тоже частично растворяются в спирте, то в таких случаях необходимо воспользоваться или насыщенным раствором, или подходящим углеводородом, в котором этот материал практически не растворяется. Кристаллы галоидных соединений щелочных металлов можно быстро и хорошо полировать только на шелку со спиртом без применения полирующих средств. Для этого натягивают шелк на матовую плоскую пластинку и полируют непрерывно, добавляя спирт так, чтобы кристалл все время' был достаточно влажным. По-видимому, при этом растворяются острия неровностей, имеющихся на шлифуемой поверхности, возможно также, что вещество из раствора, который благодаря испарению всегда является концентрированным, осаждается на поверхности, заполняя углубления. В настоящее время показано, что этим методом также можно отполировать плавиковый шпат, если в качестве полирующей жидкости применять насыщенный водный раствор двузамещенной натриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты, которая, по-видимому, в состоянии освобождать ионы кальция.

Для начального обучения шлифовке и полировке стекла рекомендуется воспользоваться тремя круглыми дисками зеркального стекла диаметром 40 *мм* и толщиной 10 *мм*. В качестве опыта можно изготовить на одной их стороне плоскую поверхность, пробуя вначале получить грубо и тонко шлифованную плоскую поверхность по схеме: 1 на 2, 2 на 1, 1 на 3, 3 на 1, 2 на 3, 3 на 2,1 на 3, 3 на I1 1 на 2, 2 на I1 3 на 2, 2 на 3.

Если изготовляемые диски должны быть плоскими до самого своего края и потом будут применяться каждый в отдельности, то в вышеописанном методе рекомендуется при шлифовании и полировании дисков окружать их такими же вспомогательными кольцами, по возможности той же жесткости или из того же материала. Эти кольца служат направляющими и будут точно так же при этом отшлифованы и отполированы, однако оптически они неприменимы из-за образующихся на их внешних краях закруглений.

Затем каждый диск полируется отдельно на особой смоляной форме и отполированные диски испытывают на плоскость ньютоновским интерференционным методом. Смоляной слой можно наложить на стеклянный диск диаметром 5 *см*. Всем начинающим знакомиться с этой техникой обычно рекомендуется, если это возможно, установить связь с очень хорошим техником по точной оптике.

Во многих случаях изготовления оптических поверхностей можно частично или полностью отказаться от относительно сложных операций шлифовки или полировки. Некоторые из методов, позволяющих это сделать, будут здесь описаны, однако без претензий на полноту.

В) Иммерсионные методы Если кусок стекла или кристалл имеет неправильную поверхность, и необходимо исследовать, нет ли внутри него дефектов, таких, как помутнения, шлиры, изменение цвета, то это нетрудно сделать иммерсионным методом; достаточно погрузить этот кусок в жидкость с таким же, как и у него, коэффициентом преломления, которую предварительно наливают в сосуд прямоугольной формы с плоскими прозрачными стенками.

Стеклянные поверхности с тонкой шлифовкой можно сделать на время оптически прозрачными, протерев их водой, лучше маслом, ксилолом или глицерином; это дает возможность очень точно оптически исследовать их радиус кривизны, а также их отклонения от сферической формы, В кинопромышленности принято исцарапанные поверхности старых пленок оптически улучшать, покрывая их лаками. Стеклянные цилиндрические линзы можно очень быстро и просто изготовлять из стеклянных стержней, хороших по качеству; для этого на куске стеклянного стержня сошлифовывают плоскость, параллельную его оси, и, отказавшись от полировки, наклеивают вместо этого на нее пластинку из зеркального стекла канадским бальзамом или кедаксом. Практически клей имеет такой же показатель преломления, как и поделочное стекло. Поэтому неравномерности матовой плоскости на стеклянном стержне будут практически совершенно незаметными. Цилиндрические линзы такого типа выгодно применять в регистрирующих приспособлениях и в спектрографах для уменьшения экспозиции.

Кроме кедакса, который поставляется различного качества, в последние годы стало известно большое число искусственных смол, которые могут применяться вместо канадского бальзама. Обычно не бывает особых оснований для применения этих новых замазок. Однако в некоторых специальных случаях рекомендуется применение материалов с другими свойствами. Иногда может оказаться желательным применить материалы с большим или с малым коэффициентами преломления; иногда можно применять отвердевающие искусственные смолы, если место соединения не должно расплавляться даже при повышенных температурах. Наконец, при изготовлении сложных систем призм или линз иногда желательно облегчить юстировку при последовательном соединении деталей. В этом случае применение замазок с различными точками плавления или затвердевающих замазок служит большим облегчением.

Г) Термореактивные и термоплавкие искусственные материалы

Они могут застывать на плоских и сферических полированных поверхностях, стеклянных или металлических; поверхность получаемых отпечатков является весьма качественной.

Для предотвращения слипания искусственной смолы с матрицей последнюю покрывают в высоком вакууме слоем серебра. Это позволяет получать литые детали также и из отвердевающих смол типа аральдита. Слой серебра обеспечивает легкое разделение, остатки серебра легко смываются разбавленной азотной кислотой. На слой серебра можно нанести испарением в вакууме еще зеркальный слой алюминия, очень прочно соединяющийся со смолами типа аральдита.

Желатиновые пленки и клинья можно приготовлять, позволяя желатиновым растворам затвердевать в соответствующих формах, стеклянных или металлических. Для того чтобы обеспечить отделение желатина от стекла, последнее можно обработать разбавленным раствором бычьей желчи, сабунита или разбавленными растворами коллодия. Тщательно приготовленная желатиновая пленка является оптически настолько безупречной, что ее можно безоговорочно устанавливать на пути лучей мощного репродукционного объектива.

## 2. Способы изготовления плоских и параболических поверхностей

Поверхность всякой неподвижной жидкости представляет собой весьма точное приближение к хорошей плоской поверхности; эта поверхность только по краям изменяет свою форму вследствие сил поверхностного натяжения. Если такую жидкость вращать с постоянной угловой, скоростью, то образуется параболическая поверхность, которая, как впервые показал Р.В. Вуд, может достигать качества астрономического параболического зеркала. Досадные помехи при работе создаются только крайней чувствительностью такой поверхности к сотрясениям и воздушным токам. Однако несомненно, что, применяя жидкости с высокой вязкостью, в некоторых случаях этот недостаток можно в значительной степени устранить.

Другой способ применяет Бюннагел. Он пользуется ртутью в тонком слое, порядка десятой миллиметра, на плоской подложке из посеребренной меди. Благодаря этому достигается хорошее смачивание ртутью. Внутреннее трение в таких тонких слоях жидкости, вместе с высоким поверхностным натяжением ртути, способствуют тому, что вся поверхность зеркала в целом приобретает очень хорошую стабильность, которая даже при сотрясениях нарушается только на короткое время и затем снова восстанавливается. При этом, как правило, нет необходимости применять обычные демпфирующие установки, свободные от сотрясений. Для того чтобы ртуть не расползалась через края, внешнюю поверхность чашки и часть внутренней покрывают твердым лаком или слоем никеля. Так как при медленном изменении положения ртуть движется, И ее поверхность становится неровной, то вся аппаратура должна быть установлена на твердом основании, самое лучшее на фундаменте, отделенном от здания.

Медь перед амальгамированием обезжиривают, обрабатывая ее недолго в азотной кислоте плотностью 1,1 г/*см3*, затем ее промывают несколько раз в тщательно очищенной ртути до тех пор, пока стекающая ртуть более не обнаруживает загрязнений.

## 3. Изготовление черных поверхностей

A) Для большинства целей достаточно покрыть поверхность сажей, которая выделяется при горении маленького кусочка камфары. Отражение такого слоя сажи составляет для коротких длин волн только 0,8%, оно возрастает с увеличением длины волны. При 51 *мк* отражается 1,6%.

К. Гоффманн рекомендует смешивать сажу, продающуюся в виде "минеральной черни", с жидким стеклом стекла). Отражение такого слоя в очень широкой области длин волн равно 4-5%. Картрайт считает добавление жидкого стекла нецелесообразным.

Б) Платиновые и серебряные поверхности можно электролитически покрыть глубоким черным слоем платиновой черни. Люммер и Курлбаум применяли для этого раствор 2 г хлористой платины в 50 *см3*дистиллированной воды, к которому добавляли 8 *см3* раствора уксуснокислого свинца в 200 *см3* дистиллированной воды. Затем этот раствор подвергали электролизу при комнатной температуре в течение нескольких минут током плотностью около 30 ма/см2. Платиновая чернь выделяется на катоде. Анод не поддается действию кислоты, и поэтому раствор постепенно расходуется. Очистить поверхность перед электролизом очень легко: достаточно вначале дать току на короткое время обратное направление. Черный осадок содержит по данным Хевеши и Сомия 1,5% свинца. Отражение составляет: при длине волны 0,8 мк 0,1%, а при 51 мк 1,1%.

B) Черные слои можно получить путем испарения металл ов при пониженном давлении. Из металлов, пригодных для этого, в последнее время предпочитают пользоваться золотом, позволяющим получить слои с сильной поглощающей способностью при малой теплоемкости. Различают два вида "черных" золотых слоев:

а) Поглощающие слои, которые получаются испарением при давлении 1-3 ЛЯЛЯ рт. ст. в атмосфере, совершенно не содержащей кислорода, имеют в интервале волн 0,3-3,9 мк приближенно, постоянный коэффициент отражения "2%).

б) Фильтрующие слои, при получении которых золото испаряют в атмосфере, содержащей около 1% O2, пользуясь вольфрамовым нагревателем. Предполагают, что под влиянием образующейся окиси вольфрама WO3 получаются слои, прозрачность которых в спектре 1-39 мк постоянна.

в) Слои висмута. Испарение при 0,25. мм рт. ст. в атмосфере водорода. Этот вид черных слоев можно безопасно получать даже на тонких пленках. Целлулоидные пленки можно получать на поверхности ртути. Вследствие мелкозернистости частички висмута при наклонном освещении придают поверхности блеск. Если желательно иметь при всех углах отражения сильное поглощение, то поверхность чернят камфарной копотью до тех пор, пока она не станет серой, а затем уже отлагают на ней испарением слой висмута 1J.

Г) Для изготовления экранов, поглощающих свет, или для чернения деталей тех приборов, работа которых нарушается отражением, в настоящее время применяются матовые лаки, которые обеспечивают очень хорошее поглощение и матовость. Они изготовляются почти всеми лаковыми фабриками и после нагревания до температуры около 150° С становятся очень прочными.

Д) Для имитации бархата можно на поверхность, покрытую бесцветным или черным лаком, нанести черные волокна, пользуясь соответствующими методами.

## 4. Изготовление белых поверхностей

Если в пары сгорающего магния поместить белую пластинку, то можно получить матовую белую поверхность окиси магния. Покрываемая пластинка не должна помещаться слишком близко к пламени, так как в противном случае матовость ее поверхности может быть нарушена. Толщина поверхностного слоя должна быть около 1 мм. Надо заметить, что при такой толщине слой сравнительно легко отделяется.

## 5. Изготовление копий дифракционных решеток

Копии дифракционных решеток, правда, значительно уступают оригиналу в четкости, светосиле, но вместе с тем дают спектры, совершенно достаточные для качественных исследований. Их изготовляют по рецепту Уэллэса следующим образом. В 64 см3 амилацетата, покачивая сосуд, в котором он находится, растворяют постепенно 2,5 г бездымного пороха. Раствору дают отстояться в течение 24 часов и затем его наливают тонкой струей в большой наполненный водой сосуд. При непрерывном взбалтывании воды выпадает коллодий. После вторичного отстаивания в течение 24 часов плавающий на поверхности воды в виде мелких чешуек коллодий собирают на фильтр и сушат. Затем из полученного коллодия еще раз приготовляют такой же раствор, т.е.2,5 г высушенного коллодия растворяют в 64 см3 амилацетата. После итого раствор фильтруется, и его можно считать готовым к употреблению.

Дифракционную решетку, с которой снимают копию, тщательно очищают от пыли и наливают на нее небольшое количество указанной жидкости, давая ей возможность равномерно растечься по всей поверхности решетки. Количество жидкости определяют, исходя из расчета одной капли на квадратный сантиметр. Если сделать слой более толстым, то после высыхания получится шероховатая поверхность, а при малом количестве жидкости пленка будет слишком хрупкой; между этими крайностями лежит широкая область правильных решений. Установив решетку в горизонтальном положении, ее оставляют на один день для сушки в помещении, свободном от пыли. Стеклянную пластинку, на которой предполагается закрепить копию, тщательно очищают и покрывают с одной стороны очень тонким слоем желатина; эту пластинку высушивают также в горизонтальном положении.

После просушки решетку и стеклянную пластинку кладут в чашку с дистиллированной водой. Через несколько минут по краям решетки начинает отделяться пленочка. Решетку вынимают из воды и, несколько помогая ногтем, осторожно сдвигают слой параллельно штрихам решетки. Вынув из воды стеклянную пластинку, тотчас же накладывают на ее желатиновый слой снятую с решетки копию, при этом необходимо тщательно избегать воздушных пузырьков. Лишней воде дают стечь, плотно прижимают края копни к стеклу и сушат. В заключение края высушенной копии можно еще раз покрыть клеем, чтобы надежнее закрепить ее на стекле.

При высыхании копия решетки несколько сжимается, поэтому ее постоянная меньше постоянной оригинала. Если наложить готовую копию на оригинал так, чтобы направления их штрихов совпадали, то будут видны теневые полосы, которые при удачной копии должны быть прямолинейны и отстоять на равных расстояниях.

Если применяемый амилацетат совершенно не содержит кислоты, то изготовление копий не наносит никакого ущерба оригиналу решетки, даже, напротив, оно является лучшим средством для очистки решетки от загрязнений.

Вебер нашел, что копии с большей светосилой можно получить, применяя 2% раствор целлулоида в амилацетате. Слой должен в течение 48 часов сушиться под стеклянным колпаком, затем его можно снять. В продаже имеются копии дифракционных решеток, не уступающие оригиналу.

## 6. Очистка дифракционных решеток из зеркального металла

Имеющийся в продаже раствор аммиака разбавляют водой, сливают жидкость на решетку и стирают се очень мягкой льняной тряпкой в направлении штрихов решетки. Поражает количество грязи, которое удаляется таким путем с решетки, если она долгое время не употреблялась; одновременно после чистки наблюдается сильное увеличение яркости спектров.