

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРЕЦИЗИОННЫХ ОПТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ЛАЗЕРНЫХ ЗЕРКАЛ

Е. Э. Мамцев

ОАО НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха, Москва

E-mail: Mamtsev87@gmail.com

В настоящей работе проведен анализ состояния существующего уровня обработки прецизионных оптических поверхностей ситалловых подложек (по параметру шероховатости RMS) и зависящего от него качества нанесенных на них многослойных диэлектрических зеркальных покрытий с использованием метрологических методов оптической и механической профилометрии. Статистический анализ проведен в рамках серийного производства лазерных гироскопов, чтобы наглядно увидеть и сравнить разные технологии обработки поверхностей.

В работе проанализированы зависимости статистического распределения качества поверхностей подложек от технологических процессов их обработки.

Представлены зависимости топографии поверхностей зеркал от шероховатости поверхностей подложек. Метрологический контроль подложек и зеркал проводился на двух приборах: Модернизированный механический профилометр «Talystep» фирмы «Taylor-Hobson» и интерферометр белого света «New View - 6200» фирмы «ZYGO». Показано, что при измерениях поверхности многослойных интерференционных диэлектрических покрытий лазерных зеркал повторяют поверхности подложек.

Исследованы статистические зависимости величины полного интегрального рассеяния (TIS - total integral scattering) на большом массиве зеркал от параметра шероховатость поверхности подложки. Показано, что при шероховатости менее $RMS < 2 \text{ \AA}$ величина рассеяния с достаточной степенью достоверности описывается зависимостью близкой к теоретическому пределу рассеяния, определяемому шероховатостью подложки. Теоретический предел рассеяния $S_{\text{теор}}$ был рассчитан по формуле:

$$S_{\text{теор}} = \left(\frac{4\pi}{\lambda} \cdot \delta \right)^2 \quad (1)$$

где δ – среднеквадратичная шероховатость RMS, λ – длина волны (0,63 мкм).

При величине шероховатости подложек более $RMS > 2 \text{ \AA}$, разброс в величине интегрального рассеяния увеличивается с увеличением

шероховатости подложки. Причин некачественного напыления может быть несколько: различные технологии обработки поверхностей, приводящие к разным величинам шероховатости и оптической чистоте поверхностей, чистота материалов мишеней при напылении, очистка поверхности перед напылением, а также разные способы напыления. Чем хуже поверхность подложки, тем коэффициент межслойной корреляции будет меньше и каждый слой будет являться дополнительным рассеивающим фактором. При этом величина рассеяния будет зависеть также и от числа напыляемых слоев. Но, если поверхность подложки высококачественная и адгезия с напыляемыми слоями достаточно хорошая, то каждый слой будет коррелировать с последующим, и в этом случае рассеяние можно описываться шероховатостью поверхности. Эта зависимость хорошо подтверждается статистическими исследованиями.

Таким образом, проведенная исследовательская работа и статистический анализ, полученных за последний год, зеркал, подтверждает необходимость изготовления подложек зеркал с минимально возможной шероховатостью. Рассеяние лазерного излучения на шероховатой поверхности зеркал в направлении встречного лазерного пучка приводит к связи встречных волн, к погрешностям в измерении угловой скорости и уменьшению порога чувствительности лазерного гироскопа. Уменьшение рассеяния на зеркалах приведет к увеличению точности изготовления лазерных гироскопов.

1. Азарова В. В., Голяев Ю. Д., Дмитриев В. Г. // Квантовая электроника. 2000. № 2. С. 30.
2. Голяев Ю. Д., Голяева А. Ю., Назаренко М. М., Тихменев Н. В. // Труды 50-й Научной конференции МФТИ. Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук. Москва Долгопрудный – Жуковский, 2007. С. 96.
3. Binnig G., Quate C. F., Gerber Ch. // Phys. Rev. Lett. 1986. 56. 930–933.
4. Отчет по проекту РФФИ №07-02-13662, Суперпрецизионные оптические поверхности и тонкопленочные интерференционные зеркала для электронного приборостроения, 2008.
5. Азарова В. В., Соловьева Н. М., Мамцев Е. Э. // Труды Российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи им. А. С. Попова, 65 научная сессия, посвященная Дню Радио, 2010. С. 79–81.
6. Мамцев Е. Э., Соловьева Н. М. // Труды 11 межвузовской научной школы молодых специалистов «Концентрированные потоки энергии в космической технике, электронике, экологии и медицине», МГУ, НИИЯФ. 2010. С. 150–154.