

Анализ влияния ограничительных факторов в методе дифференциального рассеяния при контроле поверхностных неоднородностей субнанометрового уровня профилей оптических деталей

Д. Г. Денисов

Для достижения высоких технологических показателей качества различных оптических деталей нового поколения, необходим не только современный подход к методам и средствам обработки деталей, но и реализация перспективных высокоточных бесконтактных методов диагностики. Особое внимание в единой технологической цепочке занимают стадии глубокой полировки, когда высотные статистические параметры профилей достигают нано- и субнанометровых уровней. Для диагностики высотных статистических параметров субнанометрового уровня на сегодняшний день применяются различные классы оптико-электронных приборов и систем. Наибольший интерес в задачах высокоточного аттестационного контроля представляют такие перспективные приборы и системы, как: динамические интерферометры, а также приборы, позволяющие оценивать среднеквадратическое значение поверхностных неоднородностей субнанометрового уровня по данным анализа индикатрисы рассеянного лазерного излучения. В мировой практике методы, основанные на анализе индикатрис рассеянного лазерного излучения, классифицируются на [1–7]: методы полного интегрального рассеяния (TIS – Total Integrated Scattering), методы определения функции распределения коэффициента отражения по двум угловым координатам (метод определения характеристики BRDF – Bidirectional Reflectance Distribution Function), методы дифференциального рассеяния (ARS – Angle-Resolved Scattering). Анализ влияния ограничительных факторов в методе дифференциального рассеяния позволяет определить его систематическую погрешность и повысить точность измерения.

Ключевые слова: оптический контроль, метод дифференциального рассеяния, индикатриса рассеяния, коэффициент отражения по двум угловым координатам, поверхностные неоднородности.

DOI: 10.51368/1996-0948-2022-1-89-96

Денисов Дмитрий Геннадьевич, доцент, к.т.н.
E-mail: denisov_dg@mail.ru
Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана.
Россия, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5.

Статья поступила в редакцию 11 февраля 2022 г.

© Денисов Д. Г., 2022

ЛИТЕРАТУРА

1. Азарова В. В., Дмитриев В. Г., Лохов Ю. Н., Малицкий К. Н. // Оптический журнал. 2002. Т. 69. № 2. С. 71.
2. Азарова В. В., Дмитриев В. Г., Лохов Ю. Н., Малицкий К. Н. // Квантовая электроника. 2000. Т. 30. № 4. С. 360.
3. Лысенко С. И., Снопко Б. А., Стерлигов В. А., Ширинов Ю. М. // Оптика и спектроскопия. 2001. Т. 91. № 5. С. 852.
4. Рытов С. М., Кравцов Ю. А., Татарский В. И. Введение в статистическую радиофизику. Часть 2. Случайные поля: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1978.
5. Топорев А. С. Оптика шероховатой поверхности. – Л.: Машиностроение, 1988.
6. Elson J. M. // Phys. Rev. B. 1984. Vol. 30. № 10. P. 5460.
7. Электронный ресурс: <https://www.iof.fraunhofer.de/en/competences/coating-and-surface-functionalization.html> (дата обращения: 11.02.2022).

The analysis of the influence of limiting factors in the method of differential scattering in the control of surface inhomogeneities of the subnanometer level of the profiles of optical parts

D. G. Denisov

Bauman Moscow Technical University
5 2-nd Baumanskaya st., Moscow, 105005, Russia
E-mail: denisov_dg@mail.ru

Received February 11, 2022

To achieve high technological quality indicators of various optical parts of a new generation, not only a modern approach to the methods and means of processing parts is necessary, but also the implementation of promising high-precision non-contact diagnostic methods. Particular attention in a single technological chain is occupied by the stages of deep polishing, when the height statistical parameters of the profiles reach nano- and sub-nanometer levels. To diagnose high-altitude statistical parameters of the subnanometer level, various classes of optoelectronic devices and systems are currently used. Of greatest interest in the problems of high-precision certification control are such promising devices and systems as: dynamic interferometers, as well as devices that allow estimating the root-mean-square value of surface inhomogeneities of the subnanometer level according to the analysis of the scattered laser radiation indicatrix. In world practice, methods based on the analysis of the indicatrices of scattered laser radiation are classified into [1–7]: methods of total integral scattering (TIS–Total Integrated Scattering), methods for determining the distribution function of the reflection coefficient in two angular coordinates (method for determining the characteristic BRDF – Bidirectional Reflectance Distribution Function), differential scattering methods (ARS–Angle-Resolved Scattering). Analysis of the influence of limiting factors in the differential scattering method makes it possible to determine its systematic error by increasing the measurement accuracy.

Keywords: optical control, differential scattering method, scattering indicatrix, scattering coefficient in two angular coordinates, surface irregularities.

DOI: 10.51368/1996-0948-2022-1-89-96

REFERENCES

1. V. V. Azarova, V. G. Dmitriev, Yu. N. Lokhov, and K. N. Malitsky, *Optical journal* **69** (2), 71 (2002).
2. V. V. Azarova, V. G. Dmitriev, Yu. N. Lokhov, and K. N. Malitsky, *Quantum Electronics* **30** (4), 360 (2000).
3. S. I. Lysenko, B. A. Snopok, V. A. Sterligov, and Yu. M. Shirshov, *Optics and Spectroscopy* **91** (5), 852 (2001).
4. S. M. Rytov, Yu. A. Kravtsov, and V. I. Tatarsky, *Introduction to statistical radiophysics*. Part 2. Random fields: textbook. 2nd ed., revised. and additional (Nauka, Moscow, 1978).
5. A. S. Toporets, *Optics of a rough surface*. (Mechanical engineering, Leningrad, 1988).
6. J. M. Elson, *Phys. Rev. B* **30** (10), 5460 (1984).
7. Electronic resource: <https://www.iof.fraunhofer.de/en/competences/coating-and-surface-functionalization.html> (accessed 11.02.2022)