

СОЗДАНИЕ НЕГАУССОВСКИХ МИКРОРЕЛЬЕФОВ С ЗАДАННЫМИ СТАТИСТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

© М.Я.Литвак, В.И.Малюгин, О.А.Меркулова

Эксплуатационные свойства изделий существенно зависят от топографических свойств поверхности. Рельефы поверхностей, полученных в различных технологических процессах или в ходе эксплуатации, во многих случаях описываются негауссовской статистикой. В связи с этим представляется актуальным создание негауссовских рельефов с заданными статистическими свойствами, которые могут быть использованы для исследования разного рода контактных взаимодействий, для исследования модификации поверхности и для разработки методов оптической диагностики шероховатой поверхности.

Один из наиболее простых и практически легко реализуемых методов создания поверхностного рельефа основан на использовании светочувствительных свойств материалов, которые могут преобразовывать интенсивность светового поля как в оптическую плотность, так и в поверхностный рельеф. Выбор материала с целью создания поверхностного микрорельефа определяется характеристиками микрорельефа, которые требуется получить, толщиной фоточувствительного слоя и фоточувствительностью материала.

Использованный в работе метод основан на преобразовании распределения интенсивности спекл-поля, возникающего в результате прохождения когерентного света через диффузный рассеиватель, в высоту шероховатости фоточувствительного слоя. Характеристическую кривую фотоматериала аппроксимировали следующим выражением:

$$h(I) = 1 / \left(\exp(-\gamma(\ln I - \ln I_0)) + 1 \right), \quad (1)$$

где γ — коэффициент наклона характеристической кривой, I_0 — интенсивность на полувьоте характеристической кривой, I — интенсивность спекл-поля, являющаяся гауссовской случайной переменной с отрицательным экспоненциальным распределением. Плотность распределения вероятности высот микрорельефа $P(h)$ и корреляционная функция

поверхности $R(x)$ рассчитывались по формулам:

$$P(h) = \frac{I_0}{\langle I \rangle (1-h)^2} \exp \left[-\frac{Ih}{\langle I \rangle (1-h)} \right], \quad (2)$$

$$R(x) = 1/\sigma^2 \int_0^\infty \int_0^\infty p(I_1)P(I_2)P(I_1, I_2, x)dI_1dI_2, \quad (3)$$

где $\langle I \rangle$ — усредненная интенсивность светового поля; σ — среднеквадратичная высота микрорельефа; $P(I_1)$, $P(I_1, I_2, x)$ — одномерная и соответственно двумерная плотности распределения вероятностей интенсивности спекл-поля. Были рассчитаны зависимости плотности распреде-

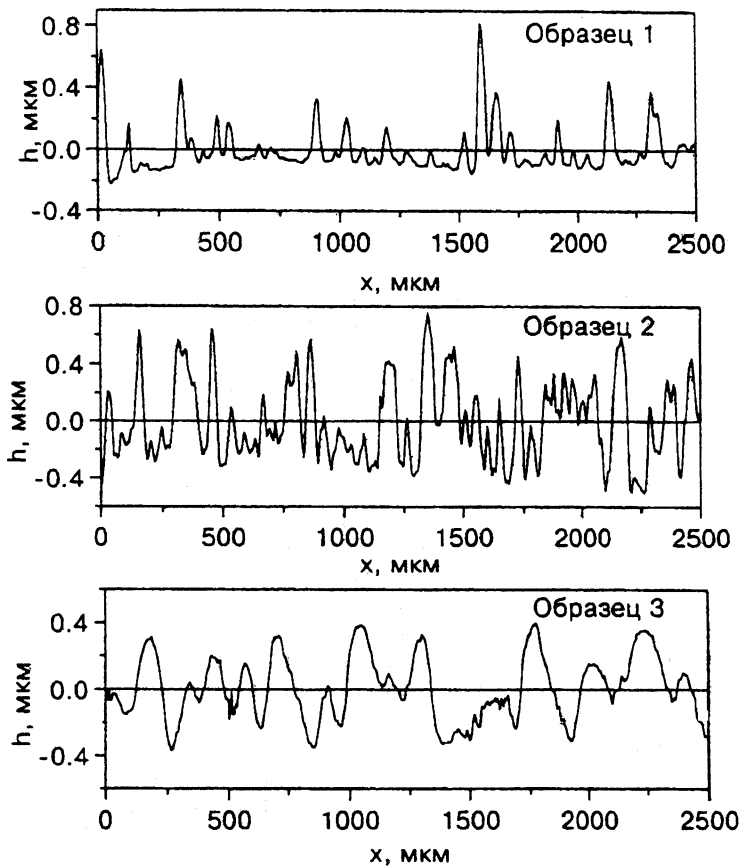


Рис. 1. Профили поверхностей, созданных при одинаковой экспозиции, но при различных размерах освещающего спекла.

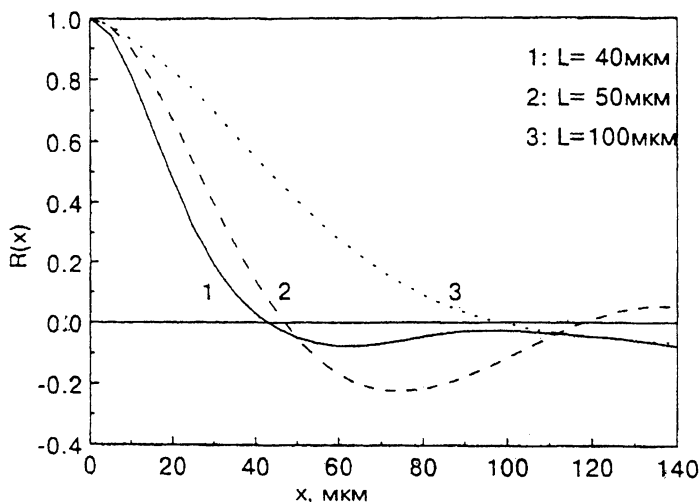


Рис. 2. Корреляционные функции поверхностей, профили которых изображены на рис. 1.

ления вероятностей высот шероховатостей $P(h)$, корреляционной функции поверхности $R(x)$, среднеквадратичной высоты σ асимметрии Sk и эксцесса Ku от экспозиции. Показано, что вид плотности распределения вероятностей высот существенно зависит от экспозиции, а на вид корреляционной функции изменение экспозиции практически не сказывается. Корреляционная длина поверхности L определяется характерным размером спекла. Таким образом, варьируя экспозицию, можно управлять параметрами создаваемого микрорельефа.

В работе были получены микрорельефы на желатиновом слое голографических фотопластинок после их проявления в стандартном проявителе Д-19 и последующего поверхностно-рельефного отбеливания [1]. Для получения механически устойчивых рельефов изготавливались реплики на основе техновита. Полученные образцы были исследованы на профилографе-профилометре. Примеры профилограмм приведены на рис. 1. По измеренным профилям вычислялись гистограммы распределения высот и корреляционные функции (рис. 2). Регистрация спекла производилась при экспозициях, соответствующих как линейному, так и нелинейному участкам характеристической кривой, что позволяло получать как гауссовские, так и негауссовские микрорельефы с параметрами, изменяющимися в интервалах: $\sigma = 0.05-3$ мкм, $Sk = -2-3$, $Ku = -1-1.5$, $L = 30-200$ мкм. В известных ранее работах способом фотографирования спекла создавались лишь гауссовские микрорельефы на фоторезистах, причем у фоторезиста использовался линейный

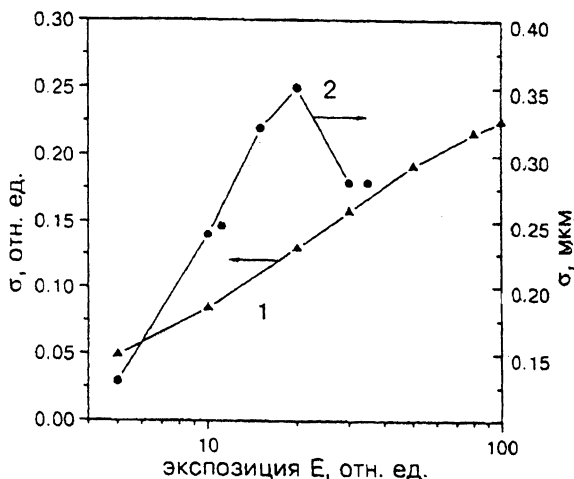


Рис. 3. Рассчитанная (кривая 1) и экспериментальная (кривая 2) зависимости среднеквадратичной высоты от экспозиции.

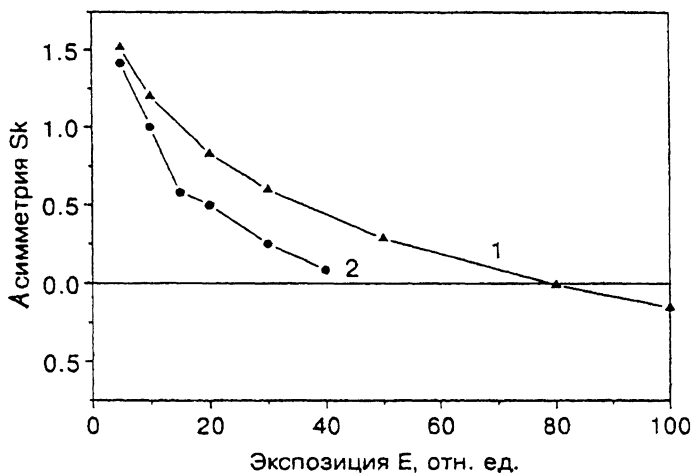


Рис. 4. Рассчитанная (кривая 1) и экспериментальная (кривая 2) зависимости асимметрии от экспозиции.

участок характеристической кривой [2]. К достоинствам получения микрорельефов на желатиновых пластинках следует отнести простоту способа и хорошую воспроизводимость результатов. На рис. 3, 4 показаны рассчитанные и экспериментальные зависимости среднеквадратичной высоты и асимметрии от экспозиции. Наблюдается хорошее соответствие вида этих характеристик.

Как показали проведенные исследования, использование нелинейного участка передаточной характеристики свето-

чувствительной среды, позволяет, изменяя распределение интенсивности поля, получать негауссовскую топографию микрорельефа с заданными статистическими свойствами.

Список литературы

- [1] *Lamberts R.J., Kurtz C.N.* // *Appl. Opt.* 1971. V. 10. N 6. P. 1342.
- [2] *Berry E.* // *Opt. Acta.* 1985. V. 32. N 2. P. 147-153.

Санкт-Петербургский
государственный
технический университет

Поступило в Редакцию
9 апреля 1996 г.
