

б) для случая, когда анализ проводится по проекциям трехмерного объекта

$$n_v \leq 4 \cdot 10^{-2} / l^2 L, \quad (2)$$

где n_s и n_v — поверхностная и объемная концентрации частиц; l — среднее расстояние между частицами двухэкспозиционных пар; L — размер объекта в направлении, перпендикулярном плоскости проекции.

В экспериментах с цветными точечными моделями, кроме иллюзии беспорядка, наблюдалась иллюзия преобладания числа точек одного цвета при равном числе точек этих цветов на изображении. Так, например, отмечена иллюзия преобладания красных точек над черными, синих и зеленых над красными и т. д. Для точечных изображений отмечена иллюзия уменьшения числа точек при уменьшении расстояния между точками, входящими в группу. При обращении контраста, т. е. при переходе от черных точек на белом фоне к белым точкам на черном фоне, обнаружение групп с большими расстояниями l (изображения № 3—5) ухудшается. Двухэкспозиционные пары легче обнаруживаются при горизонтальной ориентации (0°), чем при вертикальной (90°).

ЛИТЕРАТУРА

1. Рубахин В. Ф. Психологические основы обработки первичной информации.— Л.: Наука, 1974.
2. Бакрунов А. О., Щукин И. В. Определение скорости потока частиц методами пространственного спектрального анализа.— Автометрия, 1982, № 2, с. 78—83.
3. Мологова А. Ю., Щукин И. В. Особенности учета психофизических параметров человека-оператора при анализе структуры изображения.— В кн.: Оптическое изображение и регистрирующие среды.— Л.: ГОИ, 1982, с. 128.

Поступило в редакцию
10 июля 1984 г.

УДК 535.41

В. И. АНИКИН, Л. М. ПАНАСЮК, В. К. РОТАРЬ
(Кишинев)

ДВУХЭКСПОЗИЦИОННАЯ СПЕКЛ-ФОТОГРАФИЯ НА ФОТОТЕРМОПЛАСТИЧЕСКИХ РЕГИСТРИРУЮЩИХ СРЕДАХ

В публикациях [1, 2] продемонстрирована возможность записи двухэкспозиционных голографических интерферограмм на фототермопластических регистрирующих средах одновременным и последовательным способами при использовании эффекта памяти термопластика. Оптимизируя температуру и условия записи, удалось получить высококонтрастные двухэкспозиционные интерферограммы без охлаждения термопластика с дифракционной эффективностью до 15%. Нам неизвестны оригинальные работы, сообщающие о спекл-фотографических применениях фототермопластических носителей.

Целью работы, описываемой в настоящем сообщении, являлось экспериментальное исследование специфических особенностей двухэкспозиционного спекл-фотографирования на фототермопластических регистрирующих средах. В результате показана возможность эффективного управления структурой геометрического рельефа на деформированной поверхности термопластика соответствующим выбором апертуры проекционного объектива или его диафрагмированием в плоскости входного зрачка. Достижимое при этом упорядочение геометрического рельефа позволяет снизить уровень собственных шумов носителя и тем самым повысить качество записываемых спекл-фотографий. Еще одна важная особенность спекл-фотографирования на фототермопластических носителях в сравнении с галогенидосеребряными фотографическими материалами — немонотонность диффузного гало спекл-интерферограммы, обуславливаемая нежесткостью деформированной среды.

Двухэкспозиционные спекл-фотографии записывались на фототермопластических носителях с неорганическим фоточувствительным слоем на основе халькогенидов мышьяка. В качестве термопластика использовался сополимер бутилметакрилата со стиролом. Толщина термопластического слоя составляла 0,7 мкм.

Изучались плоское перемещение диффузного объекта и его наклон по аналогии с фундаментальными опытами Берча — Токарского и др. [3, 4].

Двухэкспозиционные спекл-фотографии записывались следующим образом. Фототермопластический носитель помещался в плоскости изображения или фокальной плоскости проекционного объектива «Юпитер-8», предварительно прогревался до температуры, близкой к температуре текучести термопластика, и затем заряжался коронным зарядом и одновременно экспонировался излучением гелий-неонового лазера ЛГ-38 [1]. Напряжение на коронирующем электроде составляло 6 кВ, длительности обеих экспозиций 2,1 с, длительность паузы между экспозициями 8,8 с.

Было установлено, что двухэкспозиционные спекл-фотографии наилучшего качества (рис. 1) получаются в том случае, если поперечный размер типичного спекла сравним с пространственным квазипериодом спонтанного микрорельефа на термопластике, однозначно связанным с его резонансной частотой [5]. В этих условиях пространственное распределение деформации в пределах каждого спекла носит регулярный характер и коррелирует с интенсивностью спекла.

Если размер типичного спекла существенно превышает пространственный квазипериод деформации, что наблюдается при фотографировании через малое отверстие, то микрорельеф в пределах каждого спекла нерегулярен. Это приводит к снижению контраста записываемых спекл-интерферограмм. Кроме того, в плоскости наблюдения спекл-интерферограмм присутствует диффузный круг рассеяния вследствие дифракции света на статистическом наборе микронеровностей [6].

Для упорядочения микрорельефа в пределах крупного спекла объект исследования можно фотографировать через два и более малых отверстий. Так, например,

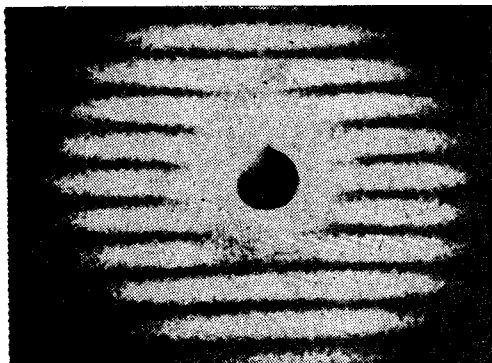


Рис. 1. Типичная двухэкспозиционная спекл-интерферограмма, получаемая при наклоне объекта как целого.

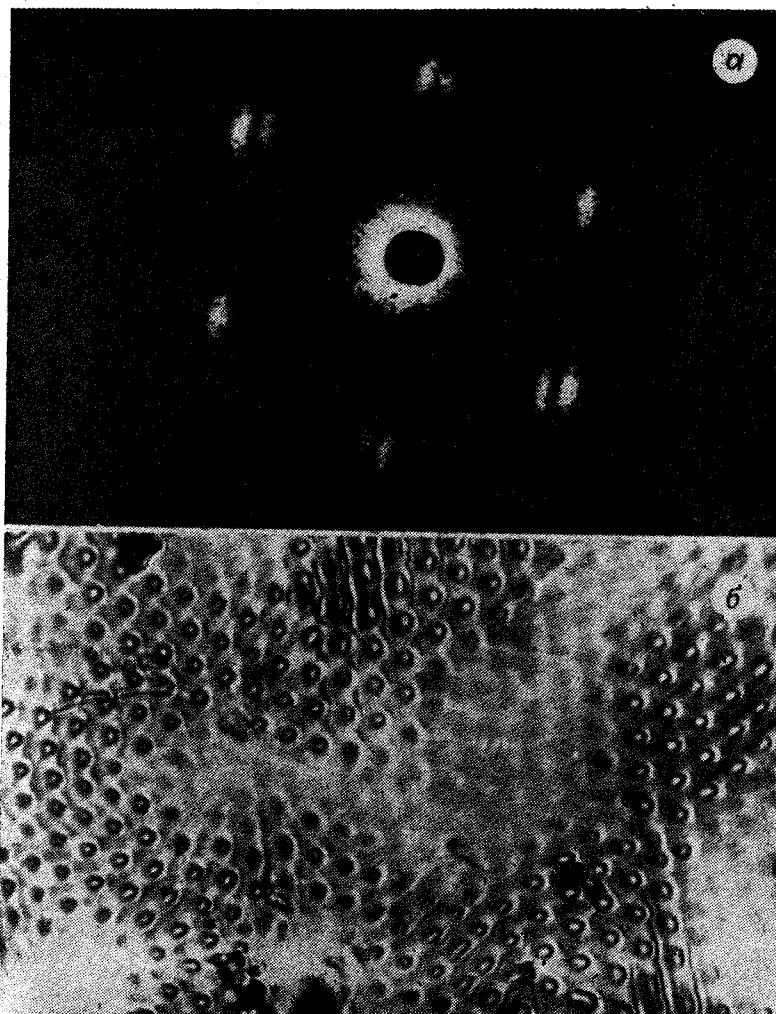


Рис. 2. Спекл-интерферограмма (а) и микрорельеф деформированной поверхности (б) при фотографировании через 3 отверстия.

при склонности термопластика к деформации луночного типа энергетически наиболее выгодной является гексагональная микроструктура рельефа, которую легко получить, фотографируя объект через три отверстия (рис. 2). Высококачественные спекл-интерферограммы в этом случае наблюдаются в любом из первых порядков дифракции.

Резонансный характер частотно-контрастной характеристики термопластика приводит к немонотонности диффузного гало спекл-интерферограмм. Нетрудно заметить, что это следствие непосредственным образом связано с несжимаемостью деформируемой среды. Действительно, интенсивность диффузного гало в первом приближении пропорциональна среднему квадрату амплитудного спектра деформации, $H(R)$:

$$S = \langle \left| \int H(R) e^{ikR} d^2R \right|^2 \rangle,$$

где k — волновой вектор.

При $|k| \rightarrow 0$ последний интеграл есть вариация объема термопластика при его деформировании, равная, очевидно, нулю.

Качество спекл-интерферограмм слабо зависит от освещенности объекта; достаточно высококачественные спекл-интерферограммы удается наблюдать при изменении освещенности объекта более чем в 30 раз.

Еще одним преимуществом рельефно-фазовых регистрирующих сред является возможность считывания спекл-интерферограмм в отраженном свете. При этом ввиду большей чувствительности метода яркость наблюдаемой интерференционной картины на мелкорельефных спекл-фотографиях обычно выше, чем в проходящем свете. На спекл-фотографии с глубоким рельефом существенно влияет нелинейность процесса считывания. Так, в некоторых случаях интерференционные полосы в отраженном свете вообще не наблюдаются, тогда как в проходящем свете они четко различимы. Интересно, что при считывании как на просвет, так и на отражение не требуется принятия специальных мер по выравниванию термопластической пленки.

Таким образом, полученные результаты наглядно демонстрируют перспективность использования двухслойных фототермопластических носителей с неорганическим фоточувствительным слоем в двухэкспозиционной спекл-фотографии и ее приложениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аникин В. И. и др. Применение ФТПН с неорганическим фоточувствительным слоем для записи голографических интерферограмм. — В кн.: Труды IV Всесоюз. конф. по голографии. Ереван, 1982, т. 1.
2. Жовтанецкий О. И. и др. Использование паразитной памяти фототермопластиков в голографической интерферометрии. — Автометрия, 1983, № 1.
3. Goodman J. W. Some fundamental properties of speckle. — JOSA, 1976, v. 66, p. 1145.
4. Tiziani H. J. A study of the use of laser speckle to measure small tilts of optically rough surfaces accurately. — Opt. Comm., 1972, v. 5, p. 271.
5. Находкин Н. Г., Кувшинский Н. Г., Почерняев И. М. Управляемые фазовые термопластические среды для регистрации и обработки информации. — В кн.: Способы записи информации на бессеребряных носителях. Киев: Вища школа, 1974, вып. 5.
6. Аникин В. И., Мешкой В. Л. Статистические характеристики характеристики перастриваемой фототермопластической записи. — В кн.: Новые регистрирующие среды для голографии. Л.: Наука, 1983.

Поступило в редакцию
19 октября 1983 г.

УДК 535.51

С. А. АЛЕКСЕЕВ, В. С. РОНДАРЕВ

(Ленинград)

СЛУЧАЙНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ В ЭЛЛИПСОМЕТРАХ С ВРАЩАЮЩИМСЯ АНАЛИЗАТОРОМ

Среди различных эллипсометрических приборов большое распространение получили эллипсометры с вращающимся анализатором (ЭВА). Это обусловлено отсутствием необходимости в компенсаторе и удобством данных приборов для автоматизации измерений, особенно в плане расширения спектрального диапазона эллипсометров и создания приборов спектральной эллипсометрии. Достоинствами ЭВА объясняются достаточно тщательные исследования методических вопросов их применения, которые обстоятельно проанализированы в [1]. В меньшей степени приводимые в [1] работы касаются вопроса о случайных погрешностях ЭВА, вызываемых ограничен-