

О РАВНОЗНАЧНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АБЕРРАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЕФОРМАЦИЙ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ЯВЛЯЮЩИХСЯ ИЗОБРАЖЕНИЯМИ ДРУГ ДРУГА

М. М. РУСИНОВ, А. Х. ХУРШУДЯН

Рассмотрена возможность переноса деформаций с отражающих элементов оптической системы на преломляющие элементы небольшого диаметра, точность исполнения которых в несколько раз меньше, чем у отражающих.

В практике создания оптических систем встречается необходимость изготовления несферических поверхностей. При этом деформирование зеркальных сферических поверхностей требует в 4—4,5 раза более высоких точностей исполнения, нежели деформирование преломляющих поверхностей. Кроме того, деформация сферического зеркала большого диаметра требует много времени. Вследствие этого возникает вопрос, во-первых, о возможности замены деформаций на больших зеркалах эквивалентными им по своему действию деформациями на преломляющих сферических поверхностях небольшого диаметра; во-вторых, о выборе места расположения этих преломляющих поверхностей.

Рассмотрение поставленных вопросов проводится в области аберраций третьего порядка оптической системы.

Аберрации третьего порядка для несферических поверхностей — сферическую, кому, астигматизм, кривизну изображения, дисторсию — можно определить соответственно по заданным коэффициентам (суммам) Зейделя¹:

$$\begin{aligned}
 S_I &= \sum \left(\frac{h_k}{h_1} \right)^4 \left[Q_{sk}^2 \Delta_k \frac{1}{ns} + K_k \right], \\
 S_{II} &= \sum \left(\frac{h_k}{h_1} \right)^3 \frac{y_k}{y_1} \left[Q_{xk} Q_{sk} \Delta_k \frac{1}{ns} + K_k \right], \\
 S_{III} &= \sum \left(\frac{h_k}{h_1} \right)^2 \left(\frac{y_k}{y_1} \right)^2 \left[Q_{xk}^2 \Delta_k \frac{1}{ns} + K_k \right], \\
 S_{IV} &= - \sum \left(\frac{h_k}{h_1} \right)^2 \left(\frac{y_k}{y_1} \right)^2 (Q_{xk} - Q_{sk})^2 \frac{1}{r_k} \Delta_k \frac{1}{n}, \\
 S_V &= \sum \frac{h_k}{h_1} \left(\frac{y_k}{y_1} \right)^3 \left[Q_{xk}^2 \Delta_k \frac{1}{ns} + Q_{xk} (Q_{xk} - Q_{sk}) \Delta_k \frac{1}{nx} + K_k \right],
 \end{aligned}$$

¹ Г. Г. Слюсарев „Методы расчета оптических систем“.

где n — показатель преломления среды;
 r — радиус в вершине преломляющей поверхности;
 h — высота первого (апертурного) параксиального луча;
 y — высота второго (полевого) параксиального луча;
 s — отрезок от вершины поверхности до точки пересечения с осью падающего апертурного луча;
 x — отрезок от вершины поверхности до точки пересечения с осью падающего полевого луча;
 Q_s и Q_x — инварианты Аббе для первого и второго параксиальных лучей.

Величина K_k выражается через коэффициент деформации b_k сферической поверхности следующим образом:

$$K_k = \frac{b_k}{r_k} (n'_k - n_k).$$

В четвертую сумму Зейделя S_{IV} эта величина не входит, поэтому ее мы рассматривать не будем.

В случае, когда в системе деформирована l -ая поверхность, суммы Зейделя приобретают следующий вид:

$$S_I = \sum \left(\frac{h_k}{h_1} \right)^4 Q_{sk}^2 \Delta_k \frac{1}{ns} + \left(\frac{h_l}{h_1} \right)^4 K_l,$$

$$S_{II} = \sum \left(\frac{h_k}{h_1} \right)^3 \frac{y_k}{y_1} Q_{xk} Q_{sk} \Delta_k \frac{1}{ns} + \left(\frac{h_l}{h_1} \right)^3 \frac{y_l}{y_1} K_l,$$

$$S_{III} = \sum \left(\frac{h_k}{h_1} \right)^2 \left(\frac{y_k}{y_1} \right)^2 Q_{xk}^2 \Delta_k \frac{1}{ns} + \left(\frac{h_l}{h_1} \right)^2 \left(\frac{y_l}{y_1} \right)^2 K_l,$$

$$S_V = \sum \frac{h_k}{h_1} \left(\frac{y_k}{y_1} \right)^3 \left[Q_{xk}^2 \Delta_k \frac{1}{ns} + Q_{xk} (Q_{xk} - Q_{sk}) \Delta_k \frac{1}{nx} \right] + \frac{h_l}{h_1} \left(\frac{y_l}{y_1} \right)^3 K_l.$$

Первые члены во всех суммах выражают аберрации сферических поверхностей, а вторые — аберрации, вызванные деформацией l -ой поверхности.

Если же в системе будет деформирована m -ая поверхность, то первые члены в этих суммах сохраняют свой вид, в то время как для вторых членов индекс l сменится на индекс m .

По условию аберрации, вызванные деформацией m -го элемента системы, должны быть равны аберрациям, вызванным деформацией l -го элемента, т. е.

$$\left(\frac{h_m}{h_1} \right)^4 K_m = \left(\frac{h_l}{h_1} \right)^4 K_l,$$

$$\left(\frac{h_m}{h_1} \right)^3 \frac{y_m}{y_1} K_m = \left(\frac{h_l}{h_1} \right)^3 \frac{y_l}{y_1} K_l,$$

$$\left(\frac{h_m}{h_1} \right)^2 \left(\frac{y_m}{y_1} \right)^2 K_m = \left(\frac{h_l}{h_1} \right)^2 \left(\frac{y_l}{y_1} \right)^2 K_l,$$

$$\frac{h_m}{h_1} \left(\frac{y_m}{y_1} \right)^3 K_m = \frac{h_l}{h_1} \left(\frac{y_l}{y_1} \right)^3 K_l.$$

Разделив почленно первое уравнение на второе, получим

$$\frac{h_m}{h_l} = \frac{y_m}{y_l}.$$

Эти отношения представляют собой поперечное увеличение V_{ml} при условии, что m -ая поверхность является изображением l -ой. (К аналогичному результату приведет почленное деление любой пары уравнений).

Следовательно, для того, чтобы можно было перенести деформацию с l -го элемента системы на m -ый, необходимо, чтобы m -ый элемент находился в месте изображения l -го. При этом,

$$\frac{K_l}{K_m} = \left(\frac{h_m}{h_l} \right)^4 = V_{ml}^4, \text{ т. е.}$$

$$K_m = \frac{K_l}{V_{ml}^4}.$$

Если в системе нет преломляющей поверхности, туда можно внести плоскопараллельную пластинку, на которую и будет переноситься деформация.

Ленинградский институт точной
механики и оптики,
Бюраканская оптикомеханическая
лаборатория АН АрмССР

Поступила 17.IV.1970

ՄԻՄՅԱՆՑ ՊԱՏԿԵՐ ՀԱՆԴԻՍԱՑՈՂ ՍՅԵՐԻԿ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐԻ
ԴԵՖՈՐՄԱՑԻԱՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐԺԵՔ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ
ՍԻՍՏԵՄՆԵՐԻ ԱՐԵՐԱՑԻԱՆԵՐԻ ՎՐԱ

Մ. Մ. ՌՈՒՍԻՆՈՎ, Լ. Խ. ԽՈՒՐՇՈՒԴՅԱՆ

Դիտվում է օպտիկական սիստեմում անդրադարձող էլեմենտներից դեֆորմացիայի տեղափոխման հնարավորությունը ոչ մեծ տրամագիծ ունեցող բեկող էլեմենտներին, որոնց պատրաստման ճշտությունը մի քանի անգամ փոքր է անդրադարձողներից:

ON THE EQUIVALENCE OF THE INFLUENCE OF DEFORMATIONS OF THE SPHERIC SURFACES, WHICH ARE RECIPROCAL PORTRAYALS, ON THE ABERRATIONS OF OPTIC SYSTEMS

M. M. ROUSINOV, L. KH. KHOURSHOUDIAN

There is considered the possibility of deformation transfers from the optic systems reflecting elements to small diameter refracting elements, whose fulfilment accuracy is a few times smaller than of reflecting elements.