

# КОНФИГУРИРУЕМЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СУПЕРРЕШЁТКИ

Дармаев Э.Ч.<sup>1,2</sup>, Иконников Д.А.<sup>2</sup>, Мысливец С.А.<sup>1,2</sup>, Архипкин В.Г.<sup>1,2</sup>,  
Вьюнышев А.М.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт физики им. Л.В. Киренского, ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

<sup>2</sup>Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Исследована дифракция света в ближней зоне амплитудных решёток, полученных методом суперпозиции модуляций. В области непосредственно за решёткой наблюдалось двумерное пространственно-периодическое распределение интенсивности света, которое объяснено эффектом Тальбота для суперпозиционных структур.

Ключевые слова: эффект Тальбота, структурированный свет, оптические решётки.

Управление пространственными характеристиками света является одной из фундаментальных задач фотоники. Многочисленные исследования в этой области привели к формированию нового раздела в фотонике – «структурированному свету». Структурированные световые поля представляют интерес для различных приложений, в том числе микроскопии [1], визуализации [2], фотолитографии [3], оптических манипуляций [4] и других направлений. Используемые на практике периодические структуры, как правило, имеют ограниченный потенциал из-за конечного набора основных параметров. В случаях, когда требуется получение более сложных пространственных распределений светового поля, возникает необходимость поиска альтернативных способов получения световых полей с заданными характеристиками. Поэтому для формирования желаемых распределений светового поля необходимо исследование структур с более широким диапазоном варьируемых параметров.

Требуемыми свойствами обладают так называемые суперпозиционные структуры с трансляционной симметрией. Функция пропускания суперпозиционных структур формируется путем комбинирования нескольких пространственных гармоник, что может быть математически выражено следующим образом

$$T(x) = \text{sgn}(\sum_i A_i \cos(G_i x + \varphi_i)), \quad (1)$$

где  $\text{sgn}$  – функция знака,  $A_i$  – амплитуда гармоники,  $G_i = 2\pi/\Lambda_i$  – вектор обратной решётки,  $\Lambda_i$  – период гармонической функции,  $\varphi_i$  – начальная фаза,  $i=1,2,\dots$

В работе рассматривается использование суперпозиционных решёток для создания сложных пространственных распределений световых полей в ближней зоне дифракции. Рассматриваемые решётки уникальны тем, что формируются с помощью набора пространственных гармоник, каждая из которых характеризуется вектором обратной решётки, амплитудой и фазой. Суперпозиционные решётки сохраняют периодичность при наблюдении кратности составных периодов. Для описания рассматриваемой концепции введен термин «суперпериод», который определяется как период соответствующей оптической решётки, полученной методом суперпозиции модуляций. Если периоды составляющих суперпозиционную решётку гармоник имеют рациональное соотношение, то целые числа составных периодов будут укладываться в суперпериод [5], в противном случае такая структура будет квазипериодической.

Экспериментально показано, что при наличии периодичности, для суперпозиционных структур наблюдается эффект Тальбота, заключающийся в формировании пространственно-периодических распределений интенсивности (ковров Тальбота), которые, по сути, представляют собой текстурированные оптические решётки. Конфигурации оптических решёток можно варьировать путем изменения параметров отдельных пространственных гармоник в выражении (1). Результаты расчётов находятся в хорошем соответствии с экспериментальными распределениями, что говорит о применимости расчётной модели. Конфигурируемые оптические суперрешётки могут найти применение в оптических манипуляциях, связанных с биомедицинскими приложениями.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 19-12-00203, <https://rscf.ru/project/19-12-00203/>

[1] Feng S., Wang M., Wu J., *Opt. Letters*, **41**, 3157-3160, (2016).

[2] Sun W., Shatalov M., Deng J., Hu X., Yang J., Lunev A., Gaska R., *Appl. Phys. Lett.*, **96**, 061102, (2010).

[3] Stuerzebecher L., Harzendorf T., Vogler U., Zeitner U.D., Voelkel R., *Opt. Express*, **18**, 19485-19494, (2010).

[4] Ikonnikov D.A., Myslivets S.A., Volochaev M.N., Arkhipkin V.G., Vyunishev A.M., *Sci. Rep.*, **10**, 20315, (2020).

[5] Novikov A. A., Chirkin A. S., *JETP*, **106**, 415-425, (2008).