

31. Решеточные поляризаторы для видимой и ультрафиолетовой областей спектра: технологии, возможности и перспективы

А. Н. Мельников

АО «НПО «Государственный институт прикладной оптики», Казань, Россия

В докладе рассмотрены основные области применения и оптические параметры решеточных поляризаторов, базовые технологии их получения, их возможности, преимущества и недостатки. Предложено использовать делительную технику маятникового типа в качестве перспективного оборудования в технологии изготовления решеточных поляризаторов на основе нарезных решеток.

Ключевые слова: Решеточный поляризатор, Видимая и ультрафиолетовая области спектра, Нарезная технология, Голографическая (интерферометрическая) технология, Специальный лезвийный алмазный инструмент, Делительная машина маятникового типа, Решетка-матрица.

Цитирование: Мельников, А. Н. Решеточные поляризаторы для видимой и ультрафиолетовой областей спектра: технологии, возможности и перспективы / А. Н. Мельников // HOLOEXPO 2020 : XVII международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020. — С. 190–192.

Как известно, в настоящее время сфера применения решеточных поляризаторов обширна: проекционные дисплеи, спектроскопия, микроскопия, биологические и медицинские приборы, машинное зрение, системы безопасности, криминалистика, автомобилестроение, системы электро-оптической модуляции, сенсоры и детекторы, поляризационные интерферометры, изображающая оптика, обеспечение юстировочных процессов, ультрафиолетовое экспонирование, исследование тонких пленок, свойств полупроводников и ориентации молекул кристаллических и полимерных пленок и др. [1–8].

К основным оптическим параметрам решеточных поляризаторов относятся [1–6, 8]:

- рабочий спектральный поддиапазон (в зависимости от пространственной частоты штрихов и спектрального пропускания материала подложки и просветляющего покрытия); например, от 240 до 400 нм, от 420 до 700 нм, от 450 до 1100 нм, от 1000 до 2600 нм, от 1,0 до 9,0 мкм, от 1,5 до 7,0 мкм, от 1,5 до 12,0 мкм (или 14,0 мкм), от 8,0 до 14 мкм, свыше 15 мкм до 1500 мкм;
- пространственная частота штрихов:
 - для инфракрасного поддиапазона (1,0–15,0 мкм и более) — от 1200 до 3600 мм⁻¹;
 - для видимого поддиапазона (400–700 нм) — от 4000 до 9000 мм⁻¹;
 - для ультрафиолетового поддиапазона (200–400 нм) — от 9000 до 12000 мм⁻¹ и более;
- световая апертура; как правило, поставляемые решеточные поляризаторы имеют световой диаметр не более 50 мм или световые размеры не более 50 × 50 мм;

– эффективный коэффициент пропускания K_1 ; значение K_1 может быть в диапазоне от 50 до 90%;

– коэффициент пропускания нежелательной поляризации K_2 ; величина K_2 может лежать в пределах от 0,1 до 2% в заданном спектральном поддиапазоне;

– степень поляризации $P_1 = (K_1 - K_2)/(K_1 + K_2)$; величина P_1 должна быть более 90% и стремиться к 100%;

– коэффициент экстинкции $E = K_1/(2 \times K_2)$; значение E может быть в диапазоне от 10 до 10000 в заданном спектральном поддиапазоне.

Для получения такой широкой номенклатуры решеточных поляризаторов используют две базовые технологии дифракционных решеток — нарезную (на основе применения специального лезвийного алмазного инструмента и делительной техники) и голографическую (интерферометрическую) с элементами травления, а для тиражирования — технологию копирования [7, 9–11]. Но, как отмечено в работе [6], хотя голограммные дифракционные решетки и используются для получения решеточных поляризаторов в силу относительной простоты технологии их формообразования, к преимуществам нарезных дифракционных решеток в данном случае относится то, что параметры профиля их штрихов можно легко варьировать в широких пределах, причем грани этих штрихов имеют ровную и гладкую поверхность, с высокой чистотой, что весьма существенно для формования на штрихах исходной нарезной дифракционной решетки металлических линейных проводников.

Технологические проблемы особенно отчетливо начинают проявляться при изготовлении решеточных поляризаторов для видимой, и еще в большей мере для ультрафиолетовой области спектра, что связано с ростом пространственной частоты штрихов. При этом усложняется процесс получения копий с высокочастотных решеток-матриц. Поэтому в ряде случаев необходимо поставлять решетки-оригиналы. Следовательно, возникает актуальная задача — увеличение производительности выпуска высокочастотных нарезных дифракционных решеток-оригиналов.

Возможным решением поставленной задачи в технологии изготовления решеточных поляризаторов является применение делительной машины маятникового типа [12–15].

К преимуществам делительной техники маятникового типа по сравнению с классическими делительными машинами можно отнести:

– повышенную точность за счет применения безлюфтовых опор с трением упругости в качестве опор маятниковой резцовой каретки;

– многократно увеличенную производительность за счет использования динамических свойств маятниковой резцовой каретки, что позволяет сократить цикл формирования штрихов до одной секунды, что в 5–10 раз короче, чем у классических делительных машин;

– пониженное энергопотребление, поскольку привод резцовой каретки работает в автоколебательном режиме и представляет собой импульсно-периодическое устройство, настроенное автоматически на собственную частоту механической системы «маятниковая резцовая каретка-опоры с трением упругости».

Делительная техника маятникового типа открывает возможности изготовления решеточных поляризаторов на плоских подложках с высотой штрихов до 50 мкм, ширина нарезки принципиально не имеет ограничений, с предельной пространственной частотой до 10000 мм⁻¹. Для практической реализации данного технического предложения требуется постановка соответствующей НИОКР.

Список источников

- [1] Холдинг АО «Швабе» / АО «НПО ГИПО» / Каталог оптической компонентной базы / URL: shvabe.com/about/company/gosudarstvennyy-institut-prikladnoy-optiki/produktsiya-gipo/opticheskie-materialy.
- [2] Компания «Тидекс» / Каталог продукции / URL: www.tydexoptics.com/ru/products/spectroscopy/ir_polarizers/.
- [3] Компания «Мохтек» / Каталог продукции / URL: www.moxtek.com.
- [4] Компания «Optometrics» / Каталог продукции / URL: www.optometrics.dynasil.com.
- [5] Компания «Meadowlark Optics» / Каталог продукции / URL: www.meadowlark.com.
- [6] **Лукашевич, Я. К.** Технология изготовления поляризаторов электромагнитного излучения из линейных проводников на основе нарезных дифракционных решеток : Автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.12.07 / Казан. гос. техн. ун-т им. А. Н. Туполева. — Казань, 2002. — 17 с.
- [7] **Soskind, Ya. G.** Field Guide to Diffractive Optics (SPIE Field Guides Vol. FG21) / Ya. G. Soskind. — Bellingham, Washington : SPIE Press, 2011. — 120 p.
- [8] **Sun, H.** Basic Optical Engineering for Engineers and Scientists / H. Sun. — Bellingham, Washington: SPIE Press, 2019. — 402 p.
- [9] **Герасимов, Ф. М.** Дифракционные решетки: Современные тенденции в технике спектроскопии / Ф. М. Герасимов, Э. А. Яковлев. — Новосибирск: Наука, 1982. — С. 24–94.
- [10] **Hutley, M. C.** Diffraction Gratings / M. C. Hutley. — London–New York : Academic Press, 1982. — 320 p.
- [11] **Palmer, C.** Diffraction Grating Handbook / C. Palmer, E. Loewen. — Rochester : Newport Corporation, 2005. — 271 p.
- [12] **Патент 2130374 РФ.** Делительная машина для изготовления периодических штриховых структур, преимущественно дифракционных решеток (варианты) / А. В. Лукин, А. Н. Мельников. — Опубл. 20.05.1999.
- [13] **Мельников, А. Н.** Экспериментальное исследование действующего макета делительной машины маятникового типа / А. Н. Мельников / Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Авиакосмические технологии и оборудование». Казань, 10–13 августа 2004 г. — Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2004. — С. 273–285.
- [14] **Мельников, А. Н.** Делительная машина маятникового типа для механического формообразования периодических штриховых структур : Автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.03.01 / Казан. гос. техн. ун-т им. А. Н. Туполева. — Казань, 2005. — 15 с.
- [15] **Беляков, Ю. М.** Устойчивость функционирования делительной машины маятникового типа к воздействию внешних факторов / Ю. М. Беляков, А. В. Лукин, А. Н. Мельников // Оптический журнал. — 2007. — Том 74. — № 3. — С. 23–28.