



ПОЛЯРИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ ПРОВОЛОЧНОЙ СЕТКИ ДЛЯ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

М. Георг, mgeorge@moxtek.com;
В. Магидов, vmahidov@moxtek.com

Широкодиапазонные поляризаторы (WGP) на основе проволочной сетки находят применение в исследованиях методами ИК-спектроскопии (среднего и дальнего ИК-диапазонов), которые требуют получения изображения высокого контраста. Конструкция устройства поляризатора выполнена на тонкой кремниевой подложке, имеющей антирефлекторное (AR) покрытие, по запатентованному компанией Moxtek методу изготовления структурированных комплектов из алюминиевых плоских сеток. Moxtek WGP-поляризаторы работают в коротковолновой и длинноволновой области ИК-диапазона и демонстрируют улучшенные характеристики по сравнению с аналогичными продуктами конкурентов. Особенно это касается контраста, обеспечиваемого за счет высокого отношения состояния поляризации между прошедшим и поглощенным излучением.

ВВЕДЕНИЕ

Широкодиапазонные поляризаторы WGP используются в ИК-спектроскопии для исследования характеристик диэлектрических и металлических покрытий, анализа двулучепреломляющих материалов и для определения колебательных мод в кристаллах и структурированных пленках. Реальные поляризаторы имеют определенный конечный контраст, поэтому свет с нежелательным состоянием поляризации все-таки пройдет сквозь поляризатор, приводя к снижению точности измерений.

Поляризаторы WGP часто оказываются более предпочтительными для ИК-приложений. Их конструкция представляет собой массив металлических нитей, нанесенных на прозрачную подложку с субволновым шагом.

Преимущество подобных WGP-поляризаторов перед иными конкурирующими поляризационными устройствами заключается в компактной форме, улучшенном пропускании состояния поляризации прошедшего света, минимальном изменении коэффициента пропускания при варьировании

WIRE GRID POLARIZERS FOR IR SPECTROSCOPY

M.George, mgeorge@moxtek.com;
V.Mahidov, vmahidov@moxtek.com

Broadband wire grid polarizer (WGP) products suitable for MWIR and LWIR (mid- and long-wavelength infrared) spectroscopic applications requiring high contrast were developed on thin, Anti-Reflective- (AR) coated silicon substrates using Moxtek wafer-scale aluminum Nanowire® patterning capabilities. The Moxtek WGP performance was characterized from the SWIR to LWIR and shows marked improvement over competing WGP products, especially in terms of the contrast ratio between passing and blocking state polarizer transmittance.

INTRODUCTION

Polarizers are used in IR spectroscopy for characterization of dielectric and metallic coatings, analysis of birefringent materials, and for indexing the vibrational modes in crystals and textured films. A real polarizer has a finite contrast ratio, thus some light with the unwanted polarization state is transmitted, which can impact measurement accuracy. The wire grid polarizer (WGP) is often preferred for IR applications, and consists of an array of metallic lines with sub-wavelength pitch, often supported by a transparent substrate. Benefits of the WGP over competing designs include a compact form factor with improved passing state transmittance, minimal performance variation with angle of incidence or wavelength, and improved stability in high temperature and high brightness environments. Unfortunately, WGP products designed for MWIR and LWIR applications have historically suffered from low contrast between transmission of linearly polarized light oriented in the passing and blocking states, which is mostly due to their relatively large wire grid pitch (typically ≥ 370 nm). By dramatically reducing the pitch from that found in typical IR WGP products to 144 nm, Moxtek has developed MWIR and LWIR polarizers with greatly improved contrast.



угла падения и длины волны излучения, улучшенной стабильности характеристик при использовании устройства в условиях высокой температуры и в средах с высокой яркостью.

К сожалению, так уж исторически сложилось, что WGP-продукция, предназначенная для работы в ближней и дальней ИК-области, страдала из-за низкого контраста при пропускании линейно поляризованного света, чему виной был относительно большой шаг сетки (обычно он составлял более 370 нм). Значительно уменьшив шаг WGP-поляризаторов для ИК-диапазона – до 144 нм, компания Moxtek добилась ощутимого улучшения контрастности.

УСЛОВИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Экспериментальное измерение коэффициентов пропускания проводилось с использованием спектрометров двух марок – Nexus 870 и CARY 670 FTIR. Суть метода состояла в том, что два одинаковых Moxtek WGP-поляризатора устанавливали рядом с зазором между ними 100 мкм. Один образец оставался неподвижным, другой вращался. Вращение образца относительно положения с зафиксированным состоянием поляризации позволило проанализировать соотношение состояний поляризации в пропускаемом и поглощаемом излучении. Исследованию подвергали поляризаторы как для среднего, так и для дальнего ИК-диапазона. Измерительные устройства были предварительно откалиброваны с помощью кремниевого стандартного образца, шумовой фон определялся при блокировке излучения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Типичное пропускание, которое продемонстрировали Moxtek WGP-поляризаторы для среднего ИК-диапазона (MWIR), было высоким, на уровне 95% от интенсивности падающего излучения для

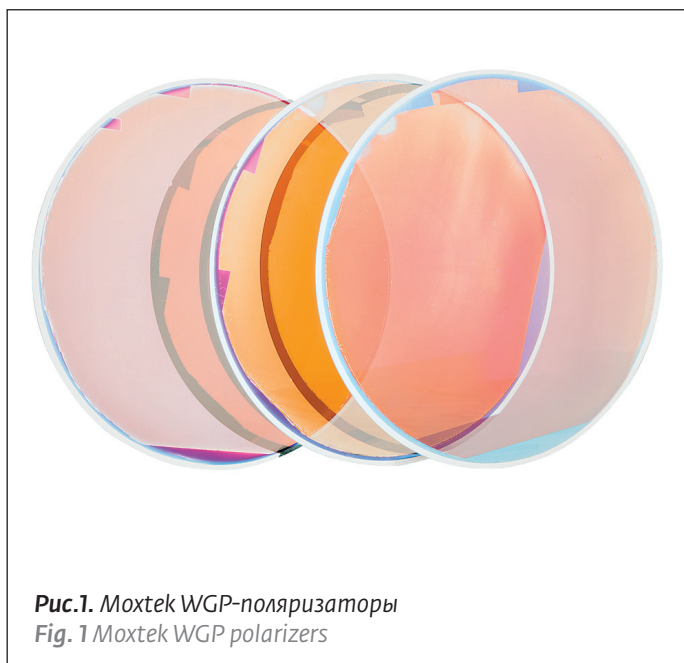


Рис.1. Moxtek WGP-поляризаторы
Fig. 1 Moxtek WGP polarizers

EXPERIMENTAL CONDITIONS

Transmission experiments were performed using both Nexus 870 and CARY 670 FTIR spectrometers. Rotation of the WGP sample with respect to a fixed pre-analyzer allowed for transmittance measurements in the passing and blocking states. The pre-analyzers consisted of two aligned Moxtek WGP's (both either MWIR or LWIR) separated by a gap of more than 100 microns. Open and blocked beam configurations and a silicon reference standard were used to validate instrument accuracy for transmission measurements.

RESULTS

Moxtek's MWIR polarizer typically transmits better than 95% of the passing state between 3.5 and 5.5 microns while maintaining a contrast

Характеристики поляризаторов на металлических сетках для ИК-диапазона компании Moxtek, выполненных на кремниевой подложке с AP-покрытием, и конкурирующего продукта на таллий- Bromoiodide подложке (KRS-5) Performance comparison between Moxtek Infrared wire grid polarizers on AR-coated Silicon and a competing product on Thallium Bromoiodide (KRS-5) substrate

Длина волны, мкм Wavelength [μm]	Коэффициент пропускания [%] Passing State Transmittance [%]			Контраст Contrast Ratio		
	Moxtek MWIR WGP	Moxtek LWIR WGP	WGP on KRS-5	Moxtek MWIR WGP	Moxtek LWIR WGP	WGP on KRS-5
2,5	67	Н/П	71	2860	Н/П	47,3
5,0	97	Н/П	84	12,100	Н/П	168
10,0	Н/П	89	75	Н/П	11,300	326

Примечание: Н/П – не применяется / Н/П - Not Applicable



длин волн от 3,5 до 5,5 мкм. При этом соотношение сигнал-шум составило 35 дБ в области длин волн 3,0-5,5 мкм. Для дальнего ИК-диапазона (7-15 мкм) Moxtek LWIR- поляризаторы показали пропускание выше 68% и отношение сигнал-шум – выше 38,5 дБ. В таблице для сравнения приведены характеристики продукции компании Moxtek, выполненные с шагом 144 и 250 нм. Данные ясно демонстрируют заметное улучшение соотношения сигнал-шум.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поляризаторы, выполненные на основе проволочной сетки, обладают многими преимуществами перед другими конструктивными решениями в случаях, когда их используют в инфракрасной спектроскопии. Однако, первые WGP-устройства страдали низким контрастом. Для того чтобы преодолеть эти ограничения, компания Moxtek использовала AR-покрытие для прозрачных кремниевых подложек конструкции сборки Nanowire из алюминиевых проволочных сеток. Этот новый продукт для среднего и дальнего ИК-диапазона продемонстрировал экстраординарные улучшения контраста, показав при этом отличную эффективность сохранения состояния поляризации прошедшего света. ■

ratio of better than 35dB from 3.0-5.5 microns. The Moxtek LWIR polarizer typically transmits better than 68% of the passing polarization state between 7 and 15 microns and has a contrast ratio exceeding 38.5dB. Table 1 compares the performance of the 144 nm pitch Moxtek products to a 250 nm pitch WGP from another supplier and clearly demonstrates the dramatic improvement in contrast ratio.

CONCLUSIONS

Wire grid polarizers have many advantages over other designs when used as analyzers in infrared spectroscopic applications, but have historically suffered from poor contrast between transmittance in the passing and blocking states. To address these limitations Moxtek has extended its aluminum Nanowire® patterning capabilities to AR-coated silicon substrates designed for the mid- and long-wavelength infrared. These new product offerings offer extraordinary improvements in contrast while maintaining excellent efficiency in passing state transmittance. ■