

Двухпроходная схема акустооптической фильтрации для задач спектральной визуализации объектов

В.И. Батшев^{1,2}, А.С. Мачихин¹, С.В. Боритко^{1,3}, Г.Н. Мартынов¹, А.В. Горевой¹,
Н.А. Моисеева⁴

¹Научно-технологический центр уникального приборостроения РАН, Бутлерова 15, Москва, Россия, 117342

²Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2-я Бауманская 5, Москва, Россия, 105005

³Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), Институтский 9, Долгопрудный, Россия, 141701

⁴ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Ленинский 59, Москва, Россия, 119333

Аннотация

В работе показана возможность создания акустооптического спектрального фильтра изображения на основе АО ячейки, в которой фильтрация излучения происходит дважды. Это повышает спектральное разрешение при сохранении приемлемого качества изображения. Этот прием может быть использован для создания устройств спектральной визуализации, например, в дистанционном зондировании.

Ключевые слова

Спектральная визуализация, акустооптическая фильтрация, спектральное разрешение

1. Введение

Видеоспектрометры на основе акустооптических (АО) фильтров находят применение в различных областях науки и техники, в частности, в задачах спектральной визуализации (spectral imaging) [1,2]. Высокие светосила, спектральное и пространственное разрешения, а также произвольная спектральная адресация выгодно отличают АО фильтры от монохроматоров, построенных на других принципах. Возможность фильтрации излучения в широкой угловой апертуре позволяет создавать изображающие спектрометры без сканирования по пространству, работающие в различных спектральных диапазонах [3].

В некоторых задачах для повышения спектрального разрешения и компенсации пространственных искажений, вносимых АО фильтром [4], используют двойную АО фильтрацию. Двойной АО фильтр представляет собой два последовательно расположенных АО кристалла, до, после и между которыми установлены линейные поляризаторы.

2. Предлагаемый метод двойной АО фильтрации

В работе предложено упрощение конструкции двойного АО фильтра за счет того, что излучение проходит через одиночный АО кристалл дважды. На рис. 1а показана оптическая схема, а на рис. 1б – фотография экспериментальной установки. Тест-объект 1 проецируется микрообъективом 2 в диафрагму 3, расположенную в фокальной плоскости объектива 4. Светоделительной пластиной 5 излучение направляется в АО кристалл 6, после которого дифрагировавшее излучение попадает на ретрорефлектор 7 и вновь направляется в АО кристалл. Дважды дифрагировавшее излучение фокусируется объективом 8 на приемник излучения 9. Отличием предлагаемой схемы от других двухпроходных схем [5,6] является использование ретрорефлектора, что обуславливает компактность и возможность широкоугольной дифракции как в прямом, так и в обратном ходе излучения, что позволяет эффективно использовать эту схему в изображающем АО спектрометре. В качестве

ретрорефлектора в представленном макете использованы два плоских зеркала, однако могут применяться и другие варианты.

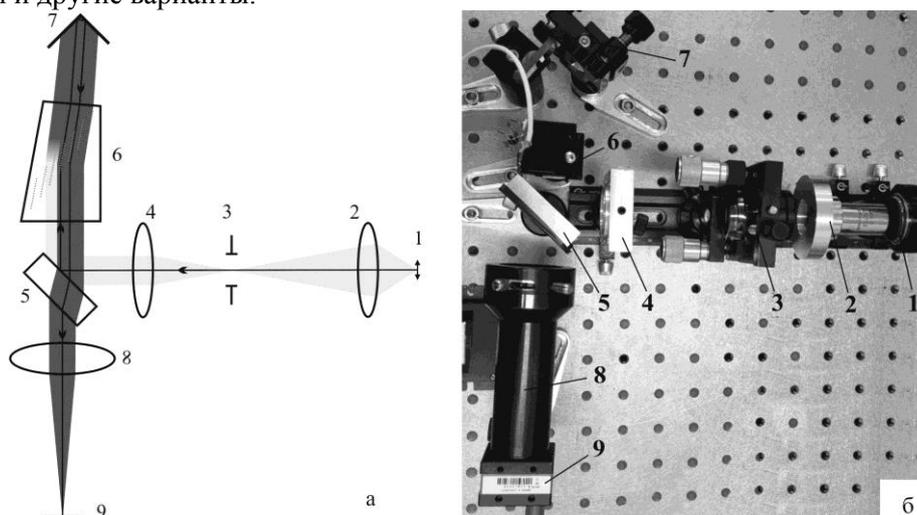


Рисунок 1: Схема (а) и общий вид макета (б) спектрометра с двухпроходным АО фильтром

3. Заключение

Выполненные исследования показали высокое качество изображения и примерно вдвое меньшую ширину спектральной функции пропускания прибора по сравнению с классическим спектрометром на основе одиночного АО фильтра при сохранении его компактности и стоимости. Предложенный подход может найти применение в различных областях, например, в дистанционном зондировании, в микроскопии, в цифровой голографии.

4. Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (18-29-20095).

5. Литература

- [1] Chao, T.H. Acousto-optic tunable filter imaging spectrometer for NASA applications: breadboard demonstration / T.H. Chao, J.W. Yu, L.-J. Cheng, J.L. Lambert // Proc. SPIE. – 1990. – Vol. 1347. – P. 9.
- [2] Gupta, N. Hyperspectral imager development at Army Research Laboratory / N. Gupta // Proc. SPIE. – 2008. – Vol. 6940. – P. 10.
- [3] Batshev, V. Polarizer-free AOTF-based SWIR hyperspectral imaging for biomedical applications / V. Batshev, A. Machikhin, G. Martynov, V. Pozhar, S. Boritko, M. Sharikova, V. Lomonov, A. Vinogradov // Sensors. – 2020. – Vol. 20(16). – P. 4439. DOI: 10.3390/s20164439.
- [4] Machikhin, A. Aberration analysis of AOTF-based spectral imaging systems / A. Machikhin, V. Batshev, V. Pozhar // J. Opt. Soc. Am. A. – 2017. – Vol. 34. – P. 1109-1113. DOI: 10.1364/JOSAA.34.001109
- [5] Zhang, X. High-resolution hyperspectral microscopic imaging with single acousto-optic tunable filter based on double filtering / X. Zhang, C. Zhang, Y. Wang, H. Wang, Z. Sheng, Z. Tan, W. Qiu, X. Huang, P. Wang, W. Liu, H. Tong, Y. Liu, X. Wang // IEEE Access. – 2020. – Vol. 8. – P. 11570-11576. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2963369.
- [6] Zhang, C. Narrowband double-filtering hyperspectral imaging based on a single AOTF / C. Zhang, H. Wang, Z. Zhang, J. Yuan, Z. Sheng, X. Zhang // Optics Letters. – 2018. – Vol. 43(9). – P. 2126-2129. DOI: 10.1364/OL.43.002126.