

УДК 681.785.574

Алгоритм обработки двумерных интерферограмм статического фурье-спектрометра

В.В. Кротов

Студент, кафедра «Физика» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

*Научный руководитель: Морозов А.Н., д.ф.-м.н., заведующий кафедрой «Физика»
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия*

МГТУ им. Н.Э. Баумана

baumwaum@gmail.com

Введение

На сегодняшний день существуют алгоритмы обработки интерференционных картин и спектральных данных, реализованные в виде программного комплекса и применяющиеся при обработке интерферограмм, полученных со статического фурье-спектрометра [1-4]. Однако, их быстродействие и точность могут быть улучшены, в связи с чем возникает актуальная задача оптимизации. Стоит также отметить, что общей теории улучшения интерференционных картин на данный момент не существует, а работоспособность существующих алгоритмов проверялась только на тестовых образцах. В данной работе рассматривается алгоритм, являющийся модификацией алгоритма, рассмотренного в статье [5-7], но имеющий ряд особенностей, позволяющих говорить о его новизне.

Описание алгоритма

Существенным отличием нового алгоритма от старого является распараллеливание процесса по ядрам компьютера. Это было вызвано необходимостью ускорить быстродействие, т.е. сократить время обработки интерференционных картин. Кроме того, алгоритм применяется для нового аппаратного обеспечения: аналоговая телекамера WAT 902 H2 Ultimate (Watec®), размером 720 на 576 пикселей (7.4 на 5.95 мм), была заменена цифровой телекамерой Prosilica GT1920, размером 1936 на 1456 пикселей. Это значительно увеличило количество и вес пикселей до $3 \cdot 10^6$ и 14 бит соответственно, а, следовательно, и время обработки.

Известно, что реальные двумерные интерференционные картины существенно отличаются от идеальных (математических) картин из-за высокого уровня шумов и наличия ряда дефектов: фона переменной яркости, изменений световой энергии, искажения оптической системы, пятен, царапин. Поэтому для устранения грубых дефектов предлагалось линейно усреднять выпадающие точки гистограммы яркости и применять низкочастотную Фурье-фильтрацию для устранения высоких частот. Однако, полиномиальная интерполяция Лагранжа n -ой степени позволяет добиться лучшего сглаживания, по сравнению с линейным усреднением, и избавляет от необходимости низкочастотной Фурье-фильтрации.

Искажения интерференционной картины приводят к наличию углов поворота от вертикали. Такое искажение предлагалось устранять путем обратного поворота на заданный угол. Однако, в связи с волнообразным характером самих интерференционных полос, было внесено предложение центрировать интерферограммы относительно координат максимумов. Обозначим разницу между номерами максимальных ординат центральной и текущей интерферограмм как Δ . Если $\Delta > 0$ и интерферограмма представляет собой массив данных, тогда массив смещается вправо и Δ -первых элементов массива обнуляются. В случае, если $\Delta < 0$, массив смещается влево и Δ -последних элементов массива обнуляются. Это позволяет сформировать усредненный профиль интерферограммы с учетом искажений. Спектр получают с помощью преобразования Фурье из усредненной интерферограммы [8,9] (рис.1.).

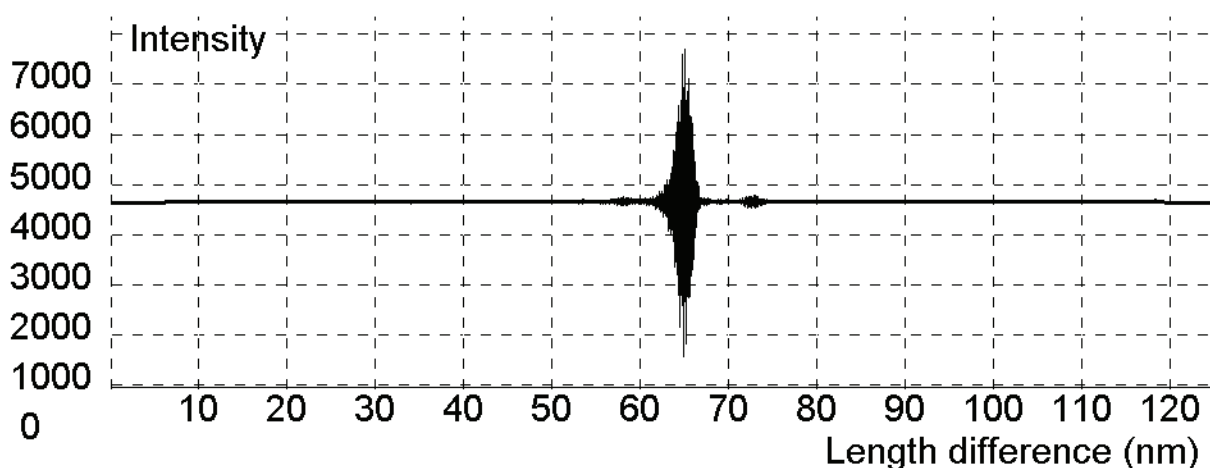


Рис. 1. а) Интерферограмма вторичного излучения триптофана при облучении светодиодом с длиной волны 310нм

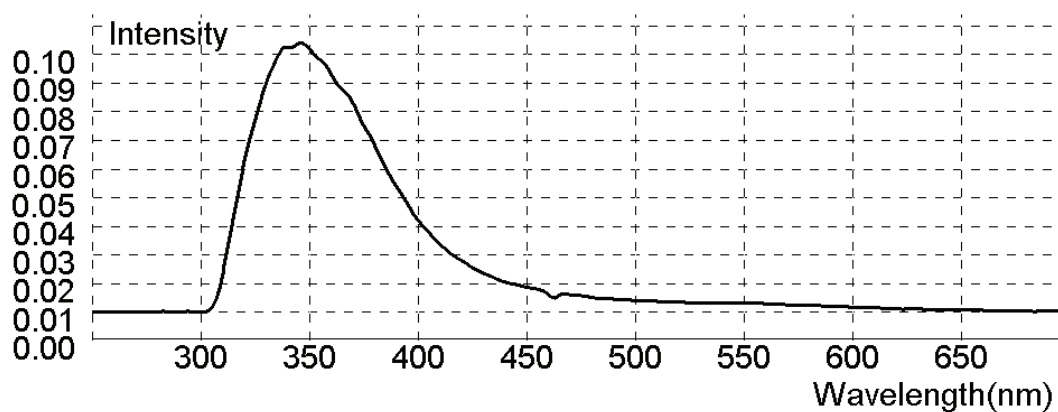


Рис. 1. б) Спектр вторичного излучения триптофана при облучении светодиодом с длиной волны 310нм

Сопоставление алгоритмов

Для сопоставления алгоритмов обработки интерферограмм был проведен ряд экспериментов по распознаванию веществ, что потребовало создания баз данных, содержащих порядка 15-20 веществ. Спектры веществ из базы данных были полученных при максимальном накоплении изображений. Эксперимент по распознаванию проводился для четырех веществ: триптофан, альбумин, триэтиламин, вазелин — на различных подложках: алюминии, целлюлозе, песке, асфальте, хлопчатобумажной ткани. Распознавание проводилось с одновременным использованием различных диапазонов, как это описывалось в статье [5]. Повторим факторы, позволяющие говорить о преимуществе такого распознавания: в различных спектральных диапазонах сходными спектрами обладают различные группы веществ, но интенсивность излучения в них различная. В таблице приводятся результаты — разность точности распознавания тестовых веществ при одинаковом накоплении кадров. В каждой ячейке приведена разность значений функции сходства в процентном соотношении, имеющей смысл близкий к коэффициенту корреляции, что делает таблицу наглядной и легкой для восприятия.

Вещ-во Подложка	Триптофан	Альбумин	Триэтиламин	Вазелин
алюминий	4.43%	3.01%	2.82%	5.27%
целлюлоза	2.29%	1.94%	1.57%	3.69%
песок	3.13%	2.76%	1.98%	4.24%
асфальт	5.18%	3.89%	4.07%	6.35%
х/б ткань	1.63%	1.16%	0.94%	2.42%

Исходя из полученных данных, приведенных в таблице, легко убедиться в увеличении точности распознавания до шести с половиной процентов по всем образцам на всех подложках, что говорит об эффективности оптимизации.

Заключение

На основе полученных данных можно сделать вывод, что оптимизация алгоритма обработки интерференционных картин позволила увеличить точность распознавания и уменьшить время обработки интерферограмм, что крайне важно для внелабораторного химического экспресс-анализа.

Как и алгоритм описанный в статье [5], предложенный алгоритм обработки интерференционных картин и спектральных данных реализован в виде программного комплекса и применяется при обработке интерферограмм, полученных со СФС.

Предложенный алгоритм распознавания реализован в программном обеспечении и показал работоспособность при распознавании набора тестовых веществ.

Список литературы

1. Posselt W., Holota K., Tittel H.-O., Harnisch B. Compact fourier transform imaging spectrometer for remote sensing Vol. 51 of OSA Trends in Optics and Photonics (Optical Society of America, 2001).
2. Sweedler J., Bonner Dentoton M. Spatially encoded Fourier transform spectroscopy in the ultraviolet to near-infrared
3. Appl. Spec. Vol 43. № 8. 1989. P. 1378-1384.
4. Padgett M.J., Harvey A.R., Duncan A.J., Sibbett W. Single-pulse, Fourier-transform spectrometer having no moving parts Appl. Opt. 1994. V. 33. № 25. P. 6035-6040.
5. Barducci A., Pippi I., Analysis and Rejection of Systematic Disturbances in Hyperspectral Remotely Sensed Images of the Earth Appl. Opt. 2001. Vol. 40. P1464-1477.
6. 5.Голяк И. С., Есаков А. А.К обработке интерферограмм со статического Фурье-спектрометра Наука и Образование 2012. №6. С. 135-146.
7. Бойко А.Ю., Голяк Иг.С., Голяк Ил.С., Дворук С.К, Доровских А.М., Есаков А.А., Корниенко В.Н., Косенко Д.В., Кочиков И.В., Морозов А.Н., Светличный С.И., Табалин С.Е.Статическийфурье-спектрометр видимого диапазона. Известия РАН. Энергетика. 2010. № 2. С. 12-21.
8. Глаголев К.В., ГолякИг.С., Голяк Ил. С., Есаков А.А., Корниенко В.Н., Кочиков И.В., Морозов А.Н., Светличный С.И., ТабалинС.Е.Методика получения и обработки спектральной информации с помощью статического фурье-спектрметра.
9. Опт.и спектр. 2011. Т. 110. № 3. С. 486-492.

10. Морозов А.Н., Светличный С.И. Основы Фурье-спектрометриии. Инт-т энергетических проблем хим. физики РАН. М.: Наука, 2006. 275 с.
11. Васильев В.Н., Гуров И.П. Компьютерная обработка сигналов в приложении к интерферометрическим системам // СПб.: БХВ, 1998. 240 с.
12. Методы компьютерной обработки изображения / Под ред. Сойфера В.А. 2-е изд., испр. М.: Физматлит, 2003. 784 с.
13. Harvey A.H., Fletcher-Holmes D.W. Birefringent Fourier-transform imaging spectrometer Optics Express. 2004. V. 12. № 22 P. 5368-5374.
14. Zhang C., Xiangli B., Zhao B. Permissible deviations of the polarization orientation in the polarization imaging spectrometer J. Opt. A: Pure Appl. Opt. 2004. V. 6. №8. P. 815-817.
15. Дричко Н.М., Егорова Л.В., Таганов О.К. Malogabaritnyistaticheskii fur'e-spektrometr poliarizatsionnogo tipa Opt. журнал. 2006. Т. 73. № 12. С. 51-56.
16. Ebizuka N., Wakaki M., Kobayashi Y., Sato S. Development of a multichannel Fourier transform spectrometer Appl. Opt. 1995. V. 34. № 34. P. 6035-6040.