

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В СПЕКТРОСКОПИИ

Л. А. Луизова, А. Д. Хахаев и В. П. Чугин

В сообщении демонстрируются возможности применения оптических методов обработки информации для решения спектроскопических задач: исключения аппаратных искажений спектра и распознавания характерной группы линий в сложном спектре.

Оптические методы обработки информации находят сейчас все более широкое применение в различных областях техники и физического эксперимента [1].

Цель настоящего сообщения проиллюстрировать некоторые возможности применения пространственной фильтрации к задачам спектроскопии.

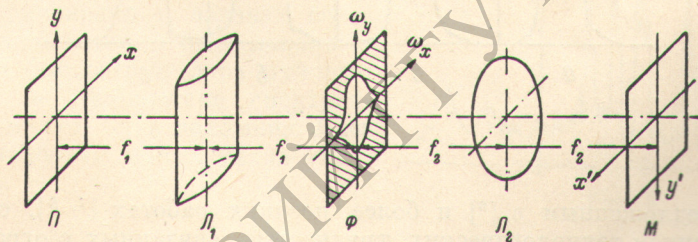


Рис. 1.

Схема использованной нами установки представлена на рис. 1. В плоскости  $\Pi$  устанавливается пленка с позитивным изображением участка спектра, она освещается «плоской» волной, т. е. расширенным лазерным лучом. В фурье-плоскости  $\Phi$  устанавливается бинарный фильтр с заданным распределением пропускания  $P$  вдоль координаты  $\omega_x$ . Поскольку распределение интенсивности в спектре можно считать зависящим лишь от одной координаты  $x$ , отсчитанной вдоль направления дисперсии прибора, то, взяв в качестве  $L_1$  цилиндрическую линзу ( $f_1$  — ее фокусное расстояние), мы получаем возможность очень просто кодировать амплитуду пропускания фильтра. Легко показать [2, 3], что амплитудный фильтр представляет собой отверстие в непрозрачном экране, ограниченное кривой:  $|\omega_x| = P(\omega_x)$  (практически это контрастная пленка, на которой воспроизводится соответствующая фигура). Если пропускание  $P$  должно быть комплексным, то фильтр представляет собой решетку, причем высота штриха пропорциональна амплитуде  $P$ , а положение его вдоль оси  $\omega_x$  кодирует фазу  $P$  [1].

Результат фильтрации при этом наблюдается в направлении первого дифракционного максимума этой решетки.

Линза  $L_2$  (фокусное расстояние  $f_2$ ) производит обратное фурье-преобразование и в плоскости  $M$  наблюдается «отфильтрованное» изображение (или просто изображение «входного» спектра, если в фурье-плоскости ничего не установлено). Выходной сигнал сканируется вдоль оси  $x'$  фотоэлектрически, таким образом, первоначальное распределение интенсивности и результат фильтрации регистрируются на ленте самописца. Приводим два примера использования описанной установки (о некоторых других результатах сообщалось ранее [3]).

### Исключение аппаратной функции спектрального прибора

Алгоритм исключения аппаратной функции спектрального прибора с использованием фурье-образов наблюдаемого и аппаратного распределительных машинах. На возможность реализации этого алгоритма в системе оптической пространственной фильтрации указано в работе [6]. Задача решается с помощью фильтра с пропусканием  $[A(\omega_x)]^{-1}$ , где  $A$  — фурье-образ аппаратной функции. Изготовление такого фильтра «естественным»

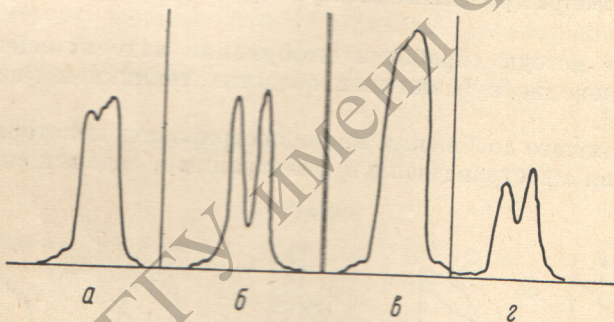


Рис. 2.

путем, предложенным в [6] и более поздних работах [7, 8], сопряжено с преодолением технологических трудностей, связанных с ограниченной областью линейности характеристических кривых современных фотоматериалов. Сочетая принцип кодирования фазы в искусственной фурье-голограмме [1] и кодирования амплитуды высотой штриха [2, 3], мы получили эффективные фильтры, которые просты в изготовлении и обладают «динамическим диапазоном» до трех порядков (этот диапазон определяется теперь не характеристической кривой, а максимальной высотой отверстия в маске и разрешающей способностью фотоэмульсии). На рис. 2, б показан результат исключения функции, «расфокусировки» (2, а тот же участок спектра без фильтра). Здесь использован амплитудный фильтр, так как  $A(\omega_x)$  было действительным и знакоположительным. На рис. 2, г — результат исключения аппаратной функции «щели» (2, в — тот же участок спектра без фильтра). Здесь использован фильтр с кодированием фазы.

### Распознавание характерной группы линий

В настоящее время широкое распространение получили методы согласованной фильтрации, которые позволяют быстро ответить на вопрос, имеется ли в некоторой сложной картине определенный искомый объект (буква, геометрическая фигура и т. п.). Обычно задача решается с помощью фильтра с пропусканием  $S^*(\omega)$ , где  $S$  — фурье-образ искомого объекта,

т. е. практически используется фурье-голограмма объекта [1, 9]. Очевидно, подобные задачи — быстрого установления наличия или отсутствия характерной группы линий в некотором спектре — часто возникают в спектроскопии. Учитывая «одномерный» характер спектра, мы использовали для этой цели фильтр с пропусканием  $[U(\omega_x)]^{-1}$ , где  $U$  — фурье-образ характерной группы линий. Фильтр приготовлен согласно описанным выше принципам кодирования амплитуды и фазы.

Рис. 3 иллюстрирует действие фильтра. На рисунке справа от разделительной черты — регистрограмма групп линий, устанавливаемых на входе системы. Слева — распределение интенсивности на выходе в районе первого максимума дифракции на «решетке» фильтра.

а — спектр содержит группу линий, для которой изготовлен фильтр; б — другая группа линий (расстояние между линиями 1—2 на 5% меньше, чем между линиями 1'—2', а между линиями 3—4 на 10% меньше, чем между линиями 3'—4').

Мы считаем, что подобная «согласованная» фильтрация может найти применение в задачах спектрального анализа и быть использована для быстрого выбора нужного спектра из библиотеки спектров, а также может быть помещена в основу разработки новых типов квантометров.

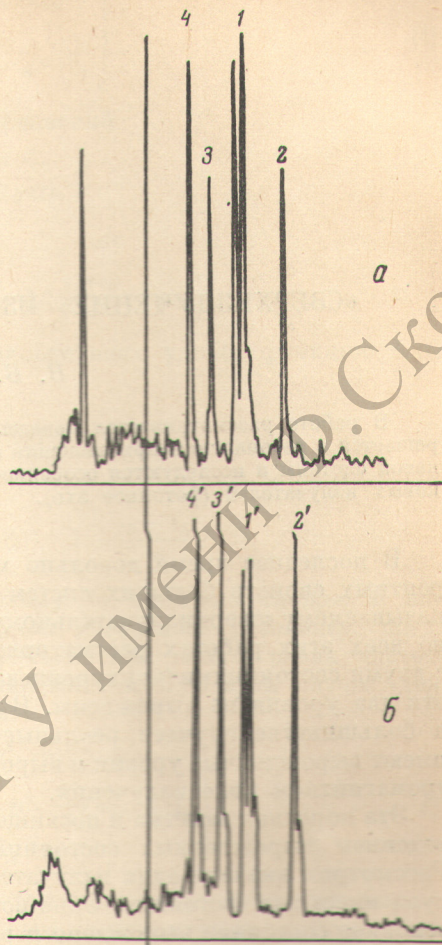


Рис. 3.

#### Литература

- [1] Л. М. Сороко. Основы голографии и когерентной оптики. Изд. «Наука», М., 1971.
- [2] Ю. В. Чугуй. Автометрия, № 5, 10, 1972.
- [3] Л. А. Луизова, В. Н. Кирпичников. Проблемы голографии (Межвузовский сборник). Изд. Московского инст. радиотехники, электроники и автоматики, IV, 30, М., 1974.
- [4] С. Г. Раутиан. Усп. физ. наук, 66, 475, 1958.
- [5] В. Ф. Турчин. Ж. выч. матем. и матем. физики, 7, 1170, 1967.
- [6] В. А. Зубов. Опт. и спектр., 25, 739, 1968.
- [7] G. Stroke. Optik, 35, 50, 1972.
- [8] G. Stroke. Phys. Lett. A39, 269, 1972.
- [9] С. Е. Здоров, В. Б. Широков. Оптический поиск и распознавание. М., 1973.

Поступило в Редакцию 16 апреля 1974 г.