

УДК 621.3.4:537.533.35

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКОГО МУАРА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И АНАЛИЗА ПОЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

© А.В. Закурко, С.А. Луканцов, В.П. Шелохвостов, В.П. Иванов

Россия, Тамбов, Государственный технический университет

Zakurko A.V., Lukantsov S.A., Shelokhvostov V.P., Ivanov V.P. The visibility method of power characteristics of field analogues preparations. In the article, the opportunity of application of special methods of electronic optics for detection, visualisation of fields of a various physical nature is investigated. The images of non-uniform electrostatic fields are received and their topology is investigated. The opportunity of identification of fields created by biological objects is shown.

Известно, что анализ сложных полей различного происхождения является актуальной задачей, однако при ее решении возникают трудности, обусловленные сложностью методики визуализации этих полей. Идентификация объектов, создающих исследуемые поля, а также их качественный и количественный анализ без визуализации неточен и весьма затруднителен. В связи с этим в данной работе рассматривается возможность применения метода электронно-оптического муара (ЭОМ) для визуализации и анализа полей различного происхождения. Особое внимание обращается на его применимость для изучения полей биологических объектов, особенно в связи с разработкой методики получения полевых аналогов (ПА) препаратов, описанной в [1], методика же визуализации и анализа магнитных и электростатических полей проработана и довольно полно рассматривается в [2] и [3].

Сущность метода поясняется на рис. 1 [2]. Электронный луч, выходящий из электронной пушки (1), фокусируется магнитной линзой (2), проходит через металлическую сетку  $100 \times 100$  мкм (3), и, в отсутствие внешнего возмущения, напрямую проецируется на фотопластину (5), образуя теневое изображение сетки. Если между сеткой и фотопластинкой электроны проходят через магнитное поле, то под влиянием силы Лоренца они изменяют первоначальное направление, и, следовательно, изображение искажается. При совмещении искаженного и неискаженного изображений сетки получается сложный муаровый узор, который может служить характеристикой поля.

На рис. 2 приведена муаровая картина магнитного поля рассеяния рамки с током. Полученные снимки позволяют судить о распределении поля благодаря эффекту муара без дополнительной обработки. Методика расчета магнитных полей малой протяженности приведена в [3].

На рис. 3 представлены муаровые картины однородного электростатического поля плоского конденсатора при различных напряжениях. При достаточно большом увеличении муаровый эффект на них становится хорошо различимым и анализируемым. Методика анализа и расчета таких полей приведена в [2].

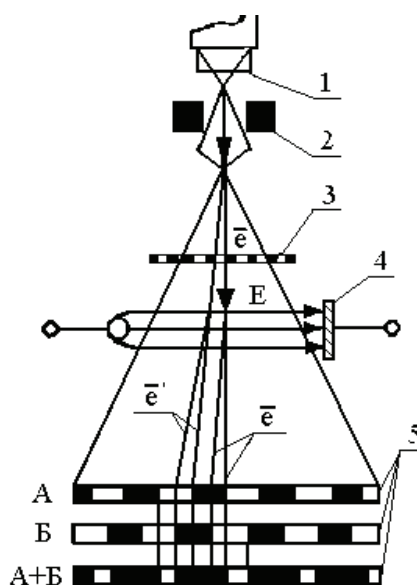


Рис. 1. Принципиальная схема теневого метода. А – проекционное изображение сетки; Б – проекционное изображение сетки при включенном источнике; А + Б – наблюдение муара в результате наложения двух изображений

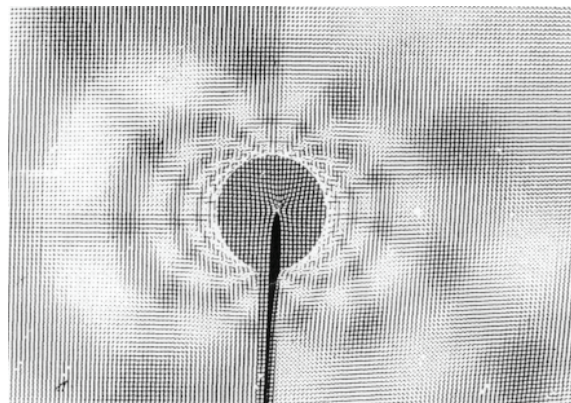


Рис. 2. Магнитное поле рамки с током

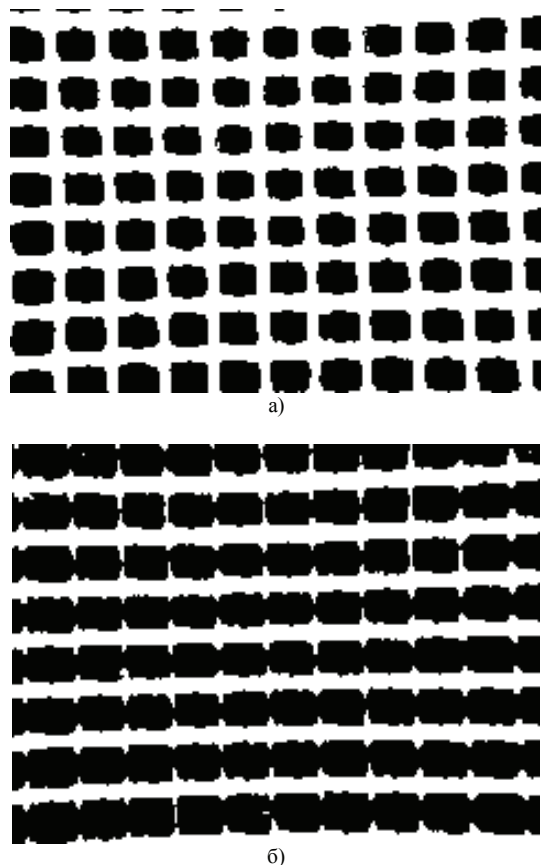


Рис. 3. Однородное поле плоского конденсатора: а)  $U = 3$  В; б)  $U = 5$  В

В данной работе сделана попытка применить метод ЭОМ для визуализации ПА биологических объектов.

Эксперименты проводились с ПА, полученных с помощью установки, описанной в работе [1], на электронографе ЭГ-100А при ускоряющем напряжении 50 кВ. Применялась прямоугольная сетка с ячейками  $100 \times 100$  мкм и система пластина – шарик (диаметр 0,5 мм), на которую подавался потенциал ПА вируса или бактерии. Муаровая картина получалась при двойном экспонировании фотопластины. Результаты съемок представлены на рис. 4.

Визуально обнаружить отличия между полученными снимками довольно сложно, поэтому была проведена математическая обработка полученных муаровых картин при помощи вейвлет-анализа.

Снимки сканировались, оцифровывались, затем при помощи специально подобранной функции (в виде «сомбреро») «капельным» методом с изменением масштаба и площади, по шагам, проводилась их математическая обработка. Результаты обработки муаровых картин с помощью вейвлет-анализа могут быть представлены в виде картин или в виде графиков (рис. 5, 6).

Полученные картины (рис. 5) представляют собой промежуточный вариант математической обработки. Степень черноты на них определяется величиной энергии поля в каждой его точке. Далее происходит пошаговая обработка полученных картин, результатом которой являются графики зависимости энергии или степени черноты от площади (рис. 6).

Результаты обработки показывают, что каждому полювому аналогу соответствует свой график, отлич-

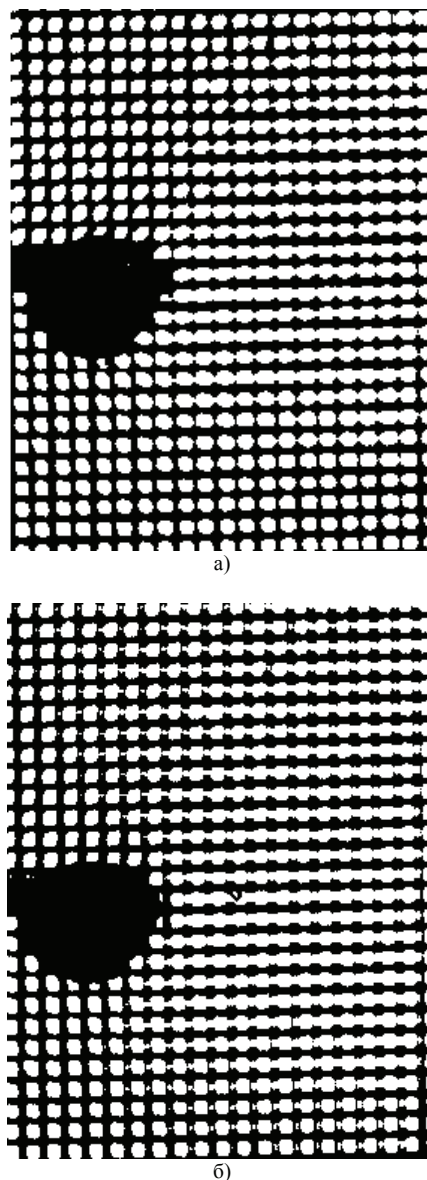
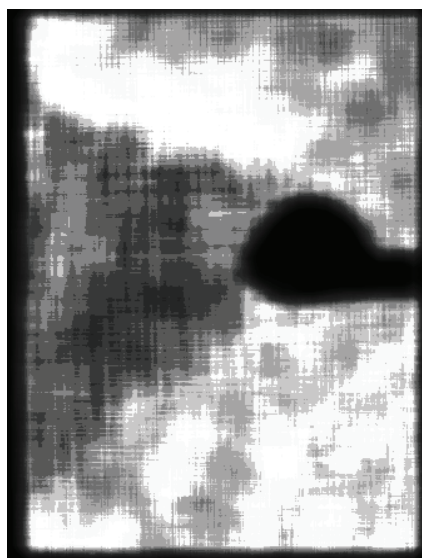


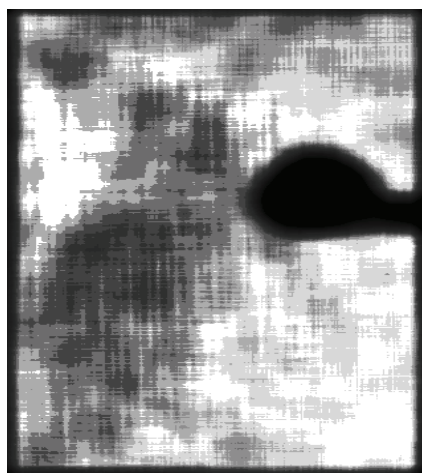
Рис. 4. Муаровые картины полей биологических объектов: а) холера; б) стафилококки

ный от других. Была проведена также проверка на воспроизводимость, показавшая, что результаты двух съемок одного и того же аналога дают после математической обработки идентичные графики. Установлено, что метод электронно-оптического муара позволяет регистрировать как электрические параметры поля в виде искажения изображения сетки, так и информационный пакет, содержащийся в нем, который записывается и сохраняется на фотопластинке при экспонировании.

Все вышеизложенное доказывает возможность применения данного метода для визуализации, идентификации и анализа энергoinформационных характеристик полевых аналогов препаратов. Следует отметить, однако, что предложенная методика не является единственно возможной. В дальнейшем планируется вести работу в направлении упрощения методики визуализации характеристик ПА и большей конкретизации окончательных результатов математической обработки.

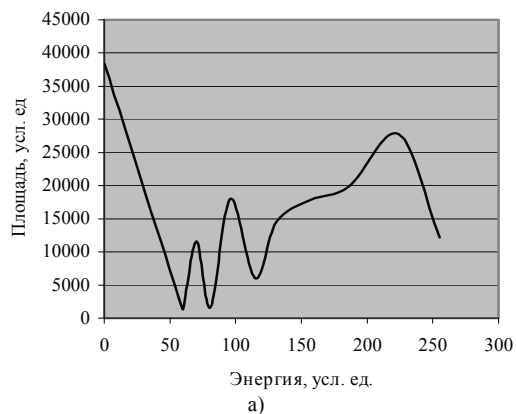


а)

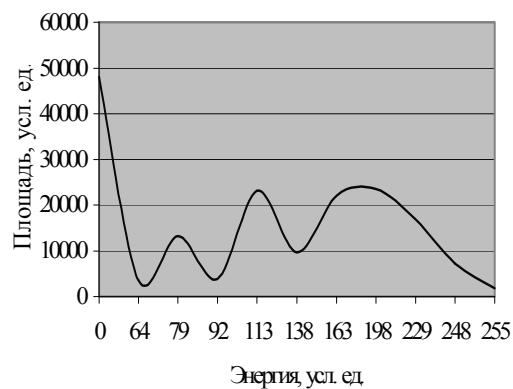


б)

**Рис. 5.** Результаты математической обработки муаровых картин для полей от биологических объектов: а) холера; б) стафилококки



а)



б)

**Рис. 6.** Результаты вейвлет-анализа муаровых картин полей от: а) холеры; б) стафилококков

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Чернышов В.Н., Шелохвостов В.П., Луканцов С.А., Юсупов Г.А. Информационно-измерительная система оперативной криминалистической экспертизы наркотических веществ // Вестн. ТГТУ. Тамбов, 1999. Т. 5. № 1. С. 86-92.
2. Печегин Е.А., Калинин В.Ф., Иванов В.М., Иванов В.П. Измерение магнитных полей рассеяния с помощью электронно-оптического муара // Тр. ТГТУ. Тамбов, 1998. Т. 2. С. 206-211.
3. Иванов В.П., Иванов В.М., Печегин Е.А., Серкутан Ю.В., Тимошин А.В. Измерение стационарного электрического поля методом электронно-оптического муара // Вестн. ТГТУ. Тамбов, 1999. Т. 5. № 2. С. 271-276.