

УДК 535.44.621

© Я. А. Фофанов, Б. В. Бардин

О ПРИНЦИПАХ И ПОДХОДАХ К АВТОМАТИЗАЦИИ ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЛАЗЕРНЫХ МЕТОДОВ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ОПТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Рассмотрена проблема автоматизации высокочувствительных лазерных методов количественного поляризационно-оптического анализа. Сформулированы основные принципы, определяющие подход авторов к разработке данной проблемы.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ОПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Аналитические методы, основанные на использовании поляризационных свойств света, обладают высокой чувствительностью и позволяют регистрировать малые изменения оптических свойств, происходящие в изучаемых объектах по разным причинам [1–4]. Класс исследуемых процессов и объектов весьма велик: различные вещества и материалы (стекла, кристаллы, полимеры и др.), обладающие собственной или наведенной оптической анизотропией, границы раздела и т.д. [3–10]. Измерение оптического двулучепреломления (ДЛП) является одним из способов технологического контроля при создании оптических, оптоэлектронных, голографических и др. материалов и элементов [3, 9]. В последние годы в связи с развитием оптического и лазерного приборостроения особенно актуальной проблемой являются измерения и исследования малого (единицы градусов и менее) ДЛП. Чувствительность обычно используемых для этих целей традиционных методик и серийно выпускаемых приборов оказывается в ряде случаев уже явно недостаточной, что определяет необходимость развития соответствующих методов измерений и создания аппаратно-инструментальных средств [11–14].

В ИАиП РАН разрабатывается поляризационно-оптический анализатор (ПОА), предназначенный для высокочувствительных исследований поляризационных характеристик прозрачных объектов. Принцип действия ПОА основан на глубокой модуляции поляризации зондирующего исследуемые объекты лазерного излучения с последующими выделением и регистрацией информативных Фурье-компонент в спектрах фототоков. Оригинальные измерительные конфигурации исключают влияние поверхностных поляризационных эффектов и позволяют количественно определять малое

внутреннее ДЛП. Предельная чувствительность измерений нестационарного ДЛП ограничена только фотонными шумами зондирующего излучения (дробовым шумом фотоприема) и составляет около $2 \cdot 10^{-4}$ угл. мин. [15].

Эффективность использования ПОА продемонстрирована на примерах исследований поляризационных характеристик прецизионных элементов поляризационной оптики и уникальных образцов совершенных оптических кристаллов [13, 16–20]. ПОА может найти широкое применение для лабораторных исследований и технологического контроля элементов и материалов высокого оптического качества, используемых в современном приборостроении, а также для исследований различных образцов, проб, лекарств, в материаловедении, биологии, медицине, экологии и т.д.

ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОА

Автоматизация исследований, проводимых с помощью ПОА, осуществляется системой автоматизации (СА), состоящей из аппаратных средств (АС) и программного обеспечения (ПО). Автоматизацию ПОА мы рассматриваем в контексте проблемы автоматизации поляризационно-оптических исследований и измерений в целом. Наш подход к вышеуказанной проблеме базируется на следующих основных принципах.

1. Оптимальное распределение функций между АС и ПО, а также оптимальное соотношение аналоговой и цифровой обработки информации

Процесс регистрации информации на ПОА требует измерения малых информативных сигналов на большом уровне неинформативных компонент (фоновая составляющая). Основными элементами канала регистрации являются синхронные детек-

торы и селективные усилители. С помощью этих устройств целесообразно одновременно производить фильтрацию сигнала и спектральный анализ. При этом существенно упрощается и удешевляется задача кодирования информации и ее ввода в компьютер.

2. Разработка и использование специализированного ПО

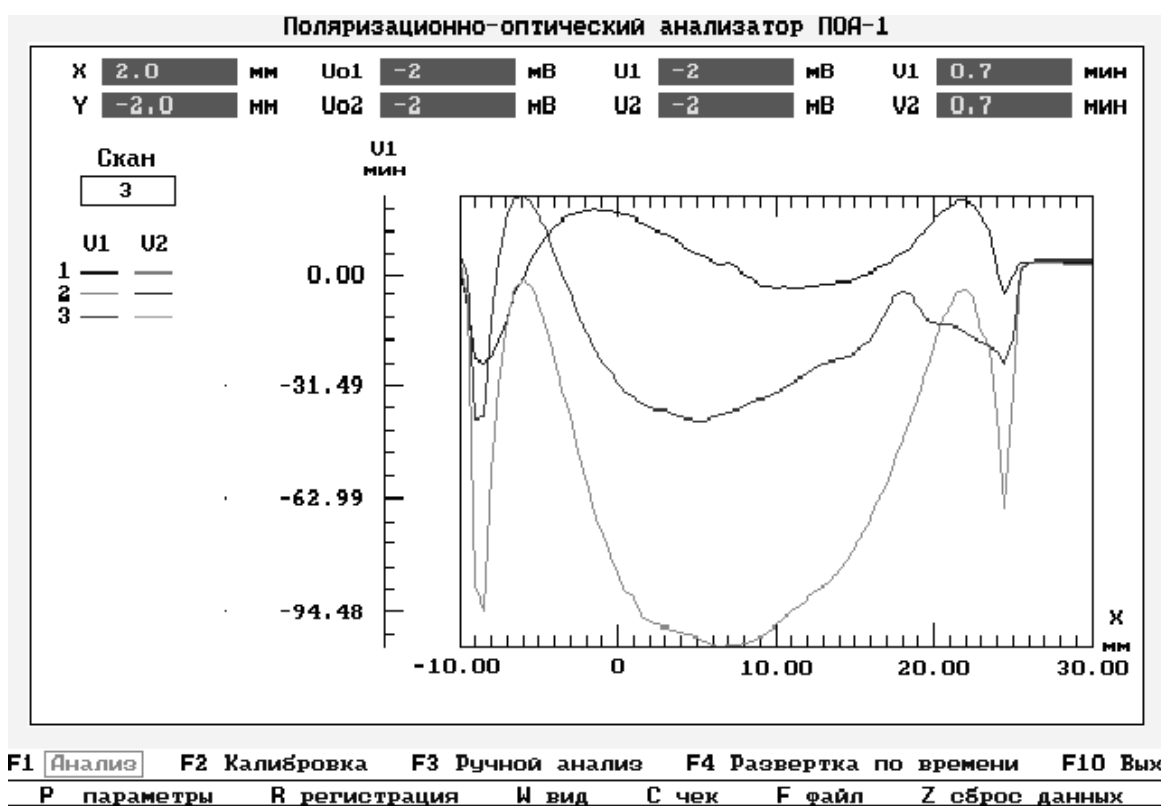
Целесообразность разработки специализированного ПО обусловлена тем, что хорошо известные пакеты, например LabView и др., хотя и обладают универсальностью, но конкретные задачи решают менее эффективно, чем специализированные программы. Помимо этого, для профессиональных программистов готовые универсальные пакеты не дают заметного выигрыша в трудоемкости при создании ПО по сравнению с использованием языка программирования высокого уровня. В разработанной специализированной программе легко варьируются исходные параметры эксперимента и достаточно просто осуществляется оперативный контроль его протекания.

3. Совместимость разрабатываемого ПО с другими стандартными программными системами

Поскольку при экспериментальных исследованиях, как правило, трудно предусмотреть заранее все возможные задачи по обработке и отображению полученной информации, то необходимо иметь возможность использования стандартных коммерческих программных пакетов, например Origin и др. С этой целью в разработанной системе предусмотрена запись получаемых данных как во внутреннем формате, так и в стандартных форматах представления данных в файлах.

4. Максимальное использование готового (коммерческого) интерфейсного оборудования

Принятая структура СА существенно упрощает задачу ввода информации в компьютер. Для ее решения может быть использована, например, весьма простая, встраиваемая в компьютер, плата фирмы "Алтей", основой которой является 12-разрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) с 8-канальным коммутатором сигнала на входе.



Окно программы ПОА-1, предназначенной для автоматизации количественного поляризационно-оптического анализа

**КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ
СВОЙСТВ ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ,
ОБРАБОТКИ И ОТОБРАЖЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ
ПОА-1 В ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ОПТИЧЕСКОМ
ЭКСПЕРИМЕНТЕ**

На рисунке представлено основное окно экранного пользовательского интерфейса разработанной программы ПОА-1. Состояние окна соответствует окончанию регистрации ПОА-спектра в основном режиме работы установки — "Анализ". В верхней части экрана располагаются несколько окон, в которые выводятся параметры, измеряемые в ходе проведения эксперимента или рассчитанные по результатам измерений. В нижней части экрана размещаются две строки меню.

Верхняя строка меню задает режим работы ПОА-1. Помимо основного режима "Анализ" ПОА-1 может работать в режиме "Калибровка", в котором производится определение калибровочных коэффициентов установки; в режиме "Развертка по времени" и в специальном режиме "Ручной анализ". Режим "Развертка по времени" предназначен для исследования развития во времени процессов в исследуемых объектах. Этот режим может быть использован также для исследования стабильности параметров ПОА.

Нижняя строка меню задает операции, выполняемые при работе на ПОА. Ввод и отображение данных, задаваемых или используемых в этих операциях, производится в дополнительных окнах, открывающихся при активизации операций. Так, в основном режиме "Анализ" опция меню "параметры" задает исходные параметры эксперимента, такие как минимальное и максимальное значения сканируемой координаты X , шаг по X между измеряемыми точками и др. Опция "регистрация" запускает процесс регистрации ПОА-спектров. Всего в ходе одного эксперимента может быть снято до 20 спектров (сканов) с числом точек в каждом до 200. Остальные опции задают цвета и стили линий графиков спектров разных сканов, отображают параметры документа, формируемого в процессе эксперимента и сохраняемого в файле, и т. д.

В центральной части основного окна для примера представлены поляризационные характеристики опытного образца оптического стекла, снятые с помощью ПОА. Представленные характеристики получены в режиме "Анализ" при сканирующем просвечивании исследуемого образца лазерным излучением [19, 20].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аззам З.М., Башара Т.М. Эллипсометрия и поляризованный свет. М.: Мир, 1981. 583 с.

2. Запасский В.С. // ЖПС. 1982. Т. 37, № 2. С. 181–196.
3. Aben H. Photoelasticity of Glass. Springer-Verlag, 1993. 255 p.
4. Krishnan S. // J. Opt. Soc. Am. A. 1992. V. 9. P. 1615–1622.
5. Acher O., Bigan E., Drevillon B. // Rev. Sci. Instrum. 1989. Vol. 60, N 1. P. 65–77.
6. Collins R.W. // Rev. Sci. Instrum. 1990. V. 61. P. 2029–2062.
7. Shindo Y., Mizuno K., Sudani M. et al. // Rev. Sci. Instr. 1989. V. 60, N 12. P. 32–38.
8. Грищенко А.Е., Черкасов А.Н. // УФН, 1997. Т. 167, № 3. С. 269–285.
9. Материалы международной конференции "Прикладная оптика-96", Санкт-Петербург. Оптический журнал. 1997. № 2, 3, 8.
10. Jaspersen S.N., Burge D.K., O'Handley R.C. // Surf. Sci. 1973. V 37. P. 548.
11. Индисов В.О., Курятов В.Н., Семенов Б.Н. и др. // Оптика и спектр. 1993. Т. 75, В. 2. С. 451–460.
12. Фофанов Я.А. // Квантовая электроника. 1989. Т. 16, № 12. С. 2593–2595.
13. Sokolov I.M., and Fofanov Ja.A. // J. Opt. Soc. Am. A. 1995. V. 12, N 7. P. 1579–1588.
14. Фофанов Я.А., Афанасьев И.И., Бороздин С.Н. // Оптический журнал. 1998. Т. 60, № 9. С. 22–25.
15. Fofanov Ya.A. // The Report of Tenth Union Symposium and Seminar on High-Resolution Molecular Spectroscopy. Prog. SPIE, 1991. V. 1811. P. 413–414.
16. Соколов И.В., Фофанов Я.А. // Оптика и спектр. 1993. Т. 74, № 4. С. 764–773.
17. Фофанов Я.А. // Оптика и спектр. 1997. Т. 82, № 6. С. 1004–1009.
18. Соколов И.М., Фофанов Я.А. // Оптика и спектр. 1999. Т. 86, № 5. С. 833–841.
19. Фофанов Я.А. // Научное приборостроение. 1999. Т. 9. № 3. С. 104–110.
20. Фофанов Я.А. // Тез. докладов на 1-й Всероссийской конференции "Аналитические приборы". СПб., 18–21 июня 2002.

*Институт аналитического приборостроения РАН,
Санкт-Петербург*

Материал поступил в редакцию 19.07.2002.

**ON THE PRINCIPLES OF AUTOMATION
OF HIGH SENSITIVITY LASER METHODS
FOR QUALITATIVE POLARIZATION-OPTICAL ANALYSIS**

Ja. A. Fofanov, B. V. Bardin

Institute for Analytical Instrumentation RAS, Saint-Petersburg

The problem of automation of high sensitivity laser methods for qualitative polarization-optical analysis is considered. The methods of attack of the problem considered have been suggested.