

Результаты статистической обработки контроля плотности заряда и порогового напряжения системы Si — SiO₂терм — SiO₂пхо после импульсной оптической обработки

| Плотность заряда, 10^{-11} см ⁻² | Среднеквадратичное отклонение величины заряда, 10^{-11} см ⁻¹ | Пороговое напряжение, В | Среднеквадратичное отклонение величины порогового напряжения, В |
|---|--|-------------------------|---|
| До обработки | | | |
| 10,4 | 12,2 | 75 | 55 |
| После обработки | | | |
| 5,4 | 7,3 | 33 | 32 |

Итак, импульсная оптическая обработка диэлектрических пленок позволяет увеличить их плотность, улучшить структуру и в результате улучшить электрофизические свойства пленок и состояние границы раздела диэлектрик — полупроводник.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шнаревич Е. И., Рыбинский О. А., Злобин В. А. Диэлектрики интегральных схем.— М., 1975, с. 106.
2. Основы технологии кремневых интегральных схем. Окисление, диффузия, эпитаксия / Под ред. Р. Бургера, Р. Донована.— М., 1969, с. 26, 111, 141, 144.
3. Корзо В. Ф., Черняев В. Н. Диэлектрические пленки в микроэлектронике.— М., 1977, с. 8.

УДК 535.37

Ю. И. МИКСЮК, И. М. ГУЛИС, С. К. ГОРБАЦЕВИЧ

ДВУХКАНАЛЬНЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ НАНОСЕКУНДНЫЙ ЛАЗЕРНЫЙ ФЛУОРОМЕТР

В решении задач кинетической флуоресцентной спектроскопии в наносекундном диапазоне основные успехи достигнуты благодаря применению метода импульсной флуорометрии [1]. Один из его вариантов, так называемый статистический однофотонный метод, на основе относительно малоинтенсивных возбуждающих импульсов при ряде неоспоримых достоинств требует длительного времени для выполнения измерений. Второй вариант, базирующийся на использовании импульсных, в частности наносекундных лазеров на молекулярном азоте (длина волны генерации 337,1 нм), характеризуется простотой, удобством в работе и позволяет проводить измерения законов затухания, а также «мгновенных» спектров испускания за короткое время. Однако существенным недостатком метода является его невысокая точность, обусловленная трудноустраняемыми флуктуациями интенсивности азотного лазера.

В настоящей работе описана установка, в которой благодаря введению в схему «канала сравнения» этот недостаток сведен к минимуму.

Схема используемого в работе лазера на молекулярном азоте описана в [2]. Для заселения генерационного уровня молекулы азота используется высоковольтный импульсный разряд наносекундной длительности, создаваемый в межэлектродном объеме лазерной камеры с помощью схемы импульсного удвоения напряжения (схема Блумлейна) [3]. Обычно в схемах такого типа в качестве быстродействующего сильноточного ключа применяют недолговечный разрядник лабораторного изготовления [4, 5]. В нашей схеме коммутатором служит металлокерамический тиратрон. Обладая меньшим КПД, он отличается долговечностью, устой-

чивой работой в частотном режиме и превосходной стабильностью запуска [6, 7]. В качестве накопителя вместо обычно применяемых медных пластин с изоляцией [4, 5] (самый ненадежный узел системы) мы использовали малоиндуктивные высоковольтные керамические конденсаторы (типа КВИ-3), удобные в эксплуатации [8, 9]. Применена схема импульсной зарядки конденсаторов, тем самым сокращено до минимума время нахождения элементов схемы под высоким напряжением, т. е. обеспечена ее высокая надежность.

Лазерная кювета представляет собой выфрезерованное из оргстекла, герметически собранное основание, в котором расположены латунные электроды, образующие ребра толщиной 6 и длиной 300 мм. Они скруглены и отполированы. Боковые поверхности ребер удалены от стенок основания. Расстояние между электродами ~ 12 мм. На торцах лазерной кюветы установлены кварцевые окна под углом Брюстера к оси канала. Одно окно служит выходным, за другим — установлено глухое зеркало с алюминиевым покрытием. Осуществлялась непрерывная прокачка азота через лазерную кювету. Систему прокачки образовывали герметизированный сосуд Дьюара с жидким азотом и нагревателем, кран тонкой регулировки скорости напуска азота в кювету, манометр, вакуумный насос. Оптимальное давление газа $8 \cdot 10^3 - 1,06 \cdot 10^4$ Па. Пиковая мощность при этом равнялась примерно 300 Квт, длительность светового импульса по полуширине — 3 нс, частота повторения импульсов — 50 Гц.

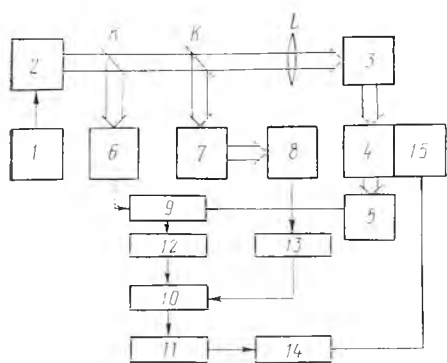


Рис. 1. Блок-схема двухканального импульсного наносекундного лазерного флуорометра. Пояснение см. в тексте

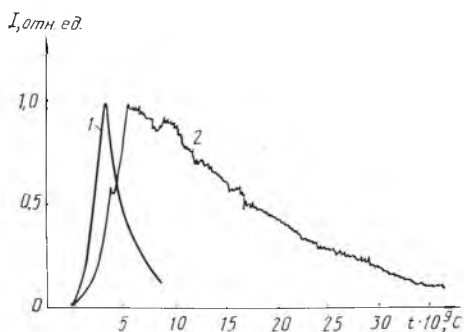


Рис. 2. Импульс генерации азотного лазера (1) (нестабильность по амплитуде $\pm 15\%$). Кинетика затухания флуоресценции 3-амино-N-метилфталимида в бутаноле (2) ($C = 5 \cdot 10^{-5}$ М, $\lambda_{\text{рег}} = 480$ нм)

Блок-схема флуорометра показана на рис. 1. Азотный лазер 2 запускается генератором высоковольтных импульсов напряжения 1. Лазерное излучение фокусируется кварцевой линзой на кювету с образцом 3. Импульс флуоресценции образца через монохроматор 4 (SPM-2) регистрируется скоростным ФЭУ 5 (ФЭУ-87) и поступает на вход 1 стробоскопического осциллографа 9 (С7-13). С выхода 1 осциллографа аналоговый сигнал через интегрирующую RC-цепочку 12 (постоянная времени $\tau \sim 2$ с) поступает на вход цифрового вольтметра 10 (В7-23). Часть светового потока возбуждающего лазера с помощью кварцевой пластинки К отводится на фотоэлемент 6 (ФК-19), сигнал с которого поступает на вход синхронизации стробосциллографа. С помощью второй кварцевой пластинки К часть лазерного излучения отводится для формирования сигнала сравнения на эталонный люминесцирующий объект 7 (аммонийуранилфторид), люминесценция которого регистрируется ФЭУ 8 (ФЭУ-87).

Наличие люминесцирующего объекта в «канале сравнения» с большой длительностью свечения ($\tau \sim 1, 2$ ns) является весьма важным моментом. Дело в том, что по техническим соображениям сигнал с «канала

сравнения» необходимо получить в виде постоянного напряжения с величиной порядка 1 В. Если же на ФЭУ «канала сравнения» непосредственно будут поступать наносекундные лазерные импульсы, то, как нетрудно понять, получить усредненное (проинтегрированное) напряжение порядка 1 В в линейном режиме работы ФЭУ невозможно. Роль люминесцирующего объекта, таким образом, заключается в «оптическом растягивании» импульсов от нано- до миллисекунд.

Сигнал с ФЭУ 8 через интегрирующую RC-цепочку 13 (постоянная времени $\tau \sim 20$ с) поступает на вход блока деления цифрового вольтметра, который осуществляет деление исследуемого сигнала на сигнал «канала сравнения» за 0,6 с. Таким образом, с помощью «канала сравнения» удается устранить ошибки, вносимые медленным колебанием во времени интенсивности лазерного излучения, что существенно для азотного лазера, работающего в режиме прокачки. Откорректированный сигнал с выхода вольтметра через блок согласования 11 поступает на вход цифро-аналогового преобразователя ЦАП 14 (Ф723/2), аналоговый сигнал с выхода которого подается на самописец 15 (К 201). Самописец может осуществлять при необходимости развертку барабана длин волн монохроматора 4.

Аппаратура предназначена для регистрации спектрально-временных характеристик флуоресценции в наносекундном диапазоне. Возможны два режима регистрации [10]: 1) регистрируются кривые затухания флуоресценции при фиксированной длине волны регистрации. Регистрация кривых затухания производится в режиме стробирования периодической последовательности исследуемых импульсов (время регистрации одной кривой затухания 3 мин); 2) при фиксированном времени считывания сигнала флуоресценции после момента возбуждения непосредственно регистрируют «мгновенные» спектры излучения (время записи одного мгновенного спектра 20 мин).

На рис. 2 показана типичная кривая затухания люминесценции (длина волны регистрации $\lambda_{\text{пер}} = 480$ нм) для раствора 3-амино-*N*-метилфталимида в бутаноле (концентрация $C = 5 \cdot 10^{-5}$ М), полученная с помощью данного флуорометра.

Разработанная система обладает высокой временной стабильностью, надежностью и удобством в работе. Мощность азотного лазера достаточна для накачки лазера на красителе (например, РОС-лазера, как в [11]) с вытекающими возможностями вариации частоты возбуждения люминесценции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биркс Дж., Мапро И.—УФН, 1971, т. 105, вып. 2, с. 251.
2. Бонч-Бруевич В. А., Долгих Ю. К., Тимохин А. А.—ОМП, 1980, № 4, с. 22.
3. Shiptan J. D.—В сб.: Газовые лазеры. М., 1968, с. 202.
4. Мазуренко Ю. Т., Удадьцов В. С.—ЖПС, 1976, т. 25, № 4, с. 751.
5. Basting D., Schäfer F. P., Steyer B.—Opto-electronics, 1972, v. 4, № 1, p. 43.
6. Ищенко В. Н., Лисицин В. Н., Старинский В. Н.—ПТЭ, 1974, № 3, с. 108.
7. Ищенко В. Н., Лисицин В. Н., Ражев А. М., Старинский В. Н.—В сб.: Газовые лазеры. Новосибирск, 1977, с. 213.
8. Эрдевиди Н. М., Зиневич Е. М., Попадинец Ю. Ю.—ЖПС, 1981, т. 35, № 2, с. 220.
9. Бычков Ю. И., Савин В. В., Тарасенко В. Ф.—В сб.: Газовые лазеры. Новосибирск, 1977, с. 224.
10. Мазуренко Ю. Т., Удадьцов В. С.—Изв. АН СССР. Сер. физ., 1980, т. 44, № 4, с. 716.
11. Немкович Н. А., Мацейко В. И., Томин В. И.—Квантовая электроника, 1980, т. 7, № 3, с. 566.