

ЭЛЕКТРОНИКА
И РАДИОТЕХНИКА

УДК 535-4+535-14+53.08

ЭЛЛИПСОМЕТР ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА

© 2015 г. И. А. Азаров^{*,***}, В. А. Швец^{*,***}, В. Ю. Прокопьев^{*,***}, С. А. Дулин^{*},
С. В. Рыхлицкий^{*}, Ю. Ю. Чопорова^{**,*}, Б. А. Князев^{**,*},
В. Н. Кручинин^{*}, М. В. Кручинина^{****}

** Институт физики полупроводников СО РАН
Россия, 630090, Новосибирск, просп. Академика Лаврентьева, 13*

*** Институт ядерной физики СО РАН
Россия, 630090, Новосибирск, просп. Академика Лаврентьева, 11*

**** Новосибирский государственный университет
Россия, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2*

***** Институт терапии СО РАМН
Россия, 630089, Новосибирск, ул. Б. Богаткова, 175/1*

E-mail: azarov_ivan@mail.ru

Поступила в редакцию 22.04.2014 г.

После доработки 05.06.2014 г.

Описан эллипсометр терагерцового диапазона с Новосибирским лазером на свободных электронах. В основе работы прибора лежит динамическая фотометрическая схема “поляризатор—образец—анализатор” с вращающимся анализатором. Проанализированы источники систематических ошибок, связанные с несовершенством оптических элементов и точностью их юстировки, а также влияние случайных ошибок, обусловленных шумами измерительного тракта. Проведено тестирование отдельных узлов и всего прибора в целом. По результатам измерений на тестовых образцах точность работы эллипсометра составила: $\delta\Psi \leq 0.3^\circ$ и $\delta(\cos\Delta) \leq 0.01$. Представлены результаты измерений на длине волны 147 мкм толщины и показателя преломления пленок крови, нанесенных на кремниевую пластину. Точность измерения показателя преломления при этом составила ± 0.05 , а толщины — 0.2 мкм.

DOI: 10.7868/S0032816215030039

1. ВВЕДЕНИЕ

Эллипсометрия оптического диапазона в настоящее время является общепринятым аналитическим методом исследования поверхности и слоистых структур. Метод обладает высокой чувствительностью к оптическим свойствам и толщинам слоев исследуемых объектов. За длительный период развития эллипсометрии исследователями накоплен богатый арсенал методических приемов, которые позволяют успешно решать задачи из разных областей знаний.

В связи с этим представляется интересным и перспективным использование принципов оптической эллипсометрии в терагерцовой области частот. При этих частотах в формировании отраженного отклика вовлекаются совершенно иные механизмы взаимодействия света с веществом. Так, для полупроводниковой микро- и наноэлектроники средний и дальний инфракрасные (и.к.) диапазоны — это область решеточного поглощения, фотон-фононного взаимодействия и поглощения свободными носителями заряда. Поэтому оптические измерения в спектральном диапазоне

10–100 мкм оказываются информативными при изучении структурных и электрофизических свойств полупроводников [1–4].

Переход в область субмиллиметровых длин волн позволяет устранить одно из принципиальных физических ограничений оптической эллипсометрии, связанное с рассеянием света при отражении от гетерогенных сред с микронными включениями и от шероховатых поверхностей, когда размеры неоднородностей сравнимы с длиной волны или больше. Для длинноволнового терагерцового излучения с длиной волны порядка 100 мкм такой материал представляется оптически однородным, а границы раздела становятся оптически гладкими.

Таким образом, переход к новым масштабам длин волн зондирующего излучения открывает широкие перспективы применения уже развитых эллипсометрических методик в промышленных технологиях, а именно: при создании упрочняющих покрытий, для контроля процессов разрушения и образования приповерхностного трещиноватого слоя, для технологического контроля ла-