

УДК 621.315.5

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПЛАСТИНАХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ*Ткаченко С.В., ст.преп.**Кременчугский государственный политехнический университет**имени Михаила Остроградского**г. Кременчуг, ул. Первомайская, 20**E-mail: kafea@polytech.poltava.ua**Притчин С.Э., к.т.н, проф., Сиора А.С., преп., Деревянко И.А.**Кременчугский университет экономики, информационных технологий и управления**39600 Украина Полтавская обл. г. Кременчуг, ул. Пролетарская, 24/37**E-mail: vndr@ient.net*

Розглядається автоматизація процесу визначення внутрішніх напруг в пластинах напівпровідників. Запропоновані основні вузли пристрою та принципи 3D візуалізації результатів. Розроблена програма, що дозволяє проводити 3D візуалізацію внутрішніх напруг в пластинах напівпровідників.

Ключові слова: внутрішні напруги, метод фотопружності, візуалізація розподілення внутрішніх напруг.

Automation of determination process of internal tensions in semiconductors plates is considered. The device crucial components and principles of 3D results are offered. The program allowing to conduct 3D visualization of internal tensions in semiconductors plates was carried out.

Keywords: internal pressure, method of photoelasticity, visualization of distribution of internal pressure.

Введение. В полупроводниковых материалах, в процессе их производства или под воздействием факторов внешней среды возникают остаточные внутренние напряжения, которые отрицательно сказываются на структуре полупроводника, ухудшая тем самым его свойства. Остаточные напряжения уравновешены в пластине и поэтому об их существовании судят лишь по косвенным изменениям, происходящим в пластинах, например, изменение свойств полупроводника, появление микротрещин и т.д.

Подробные сведения о распределении напряжений в полупроводниковых пластинах имеют большое значение для определения области их использования.

Анализ предыдущих исследований. В большинстве случаев для определения внутренних напряжений в полупроводниковых пластинах приходится обращаться к эксперименту. Наиболее полезным в этом случае оказывается метод фотоупругости. Этот метод основан на том факте, что оптические свойства прозрачного материала в состоянии напряжения могут быть измерены и отнесены количественно к состоянию напряжения. Подробное описание применения этого метода для анализа внутренних напряжений в кристаллах кремния приведено в работах [1,2].

Неоднократно предпринимались попытки создания систем определения внутренних напряжений. Основой построения подобных систем служит схема полярископа [3]. Но непосредственный визуальный контроль внутренних напряжений в пластинах полупроводников не всегда возможен, т.к. большинство из них непрозрачны в видимой области спектра.

Так в [4] описана структурная схема установки «Мираж-1», которая позволяет проводить визуальный контроль внутренних напряжений с помощью телевизионной системы с ИК-видиконом. Но в то же время существующие системы не обладают достаточными аппаратными средствами, которые бы позволили автоматизировать процесс определения внутренних напряжений, задавать закон сканирования образцов, сохранять, анализировать и представлять в удобной форме полученные результаты. Для повышения качества полупроводников, улучшения их свойств необходимо знать причины, приводящие к возникновению остаточных напряжений, уметь обнаружить их в готовом изделии, а также оценить величину и характер их распределения.

Цель работы. Разработка автоматизированной системы определения внутренних напряжений в полупроводниковых пластинах.

Материал и результаты исследования. Наиболее простая система, позволяющая применить данный метод - это полярископ на основании которого нами была разработана автоматизированная система определения внутренних напряжений в пластинах полупроводников, структурная схема которой представлена на рис 1. Система позволяет проводить сканирование образцов на длине волны 3,39 мкм и реализовывать различные законы сканирования.

Схема содержит источник поляризованного когерентного монохроматического излучения (1) (Лазер ЛГ-79-1 $\lambda = 3,39$ мкм, $P=7,5$ мВт) Для отсеечения воздействия внешних помех постоянного характера излучение лазера модулируется по амплитуде механическим модулятором (2).

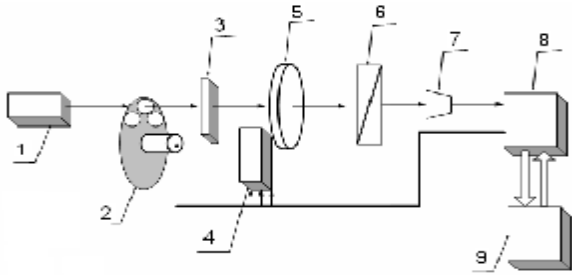


Рисунок 1 – Структурная схема автоматизированной системы определения внутренних напряжений в пластинах полупроводников

Исследуемая полупроводниковая пластина (5) помещается между пластинкой $\lambda/4$ (3) и анализатором (6) при помощи специального сканатора (4). Компонент излучения прошедший через анализатор попадает на фотоприемник (7). В качестве фотоприемника нами был применен фоторезистор на основе халькесенида свинца ($PbSe, \lambda = 3,8 \text{ мкм}$). Далее сигнал поступает на блок сопряжения с ЭВМ, где происходит детектирование, фильтрация сигнала его усиление и оцифровка.

ЭВМ производит графическое отображение распределения относительных внутренних напряжений в пластине полупроводника и сохранение его в файл, а также формирует управляющие напряжения на перемещение исследуемого образца по осям сканатора.

Основной задачей сканатора является обеспечение перемещения исследуемой полупроводниковой пластины в соответствии с принятой моделью измерения. В настоящее время в лабораториях используется однопроходная модель сканирования (рис. 2а), которая в большинстве случаев удовлетворяет требованиям серийного производства.

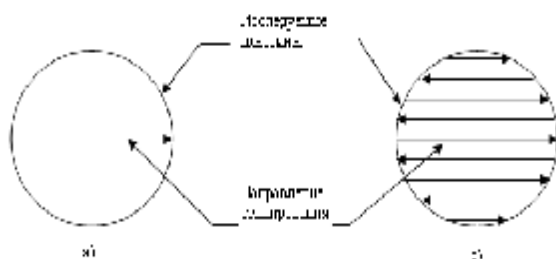


Рисунок 2 – Модели сканирования образцов при измерении внутренних напряжений в полупроводниковых пластинах

В то же время, для исследовательских задач, возникающих при обработке новых технологических процессов или переходе на выращивание слитков больших диаметров, эта модель не позволяет получить достаточную информацию о распределении внутренних напряжений по поперечному сечению слитка. В таких случаях необходимо использовать полную модель сканирования, суть которой показана на рисунке 2б.

Нами было проведено однопроходное сканирование образцов GaAs, Si, Ge на разработанной установке, в ходе которого были получены относительные зависимости внутренних напряжений в пластинах полупроводников. На рис.3 представлено распределение относительных величин внутренних напряжений вдоль диаметра пластины GaAs.

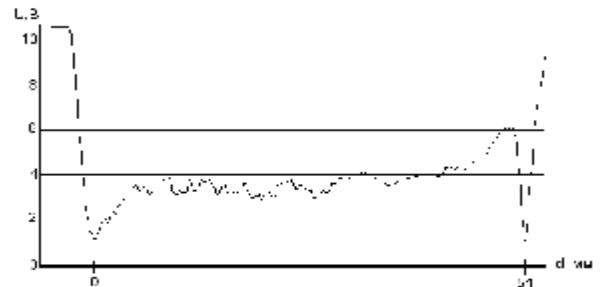


Рисунок 3 – Распределение относительных величин внутренних напряжений вдоль диаметра пластины GaAs

Здесь минимальные показатели соответствуют входу и выходу соответственно образца из сканирующего луча. Максимальные значения внутренних напряжений приходятся на правый край пластины. Результаты исследования пластин Si и Ge представлены на рис. 4 и 5 соответственно.



Рисунок 4 – Распределение относительных величин внутренних напряжений вдоль диаметра пластины Si

По графику распределения внутренних напряжений по диаметру пластины кремния видно что образец не содержит никаких остаточных напряжений.

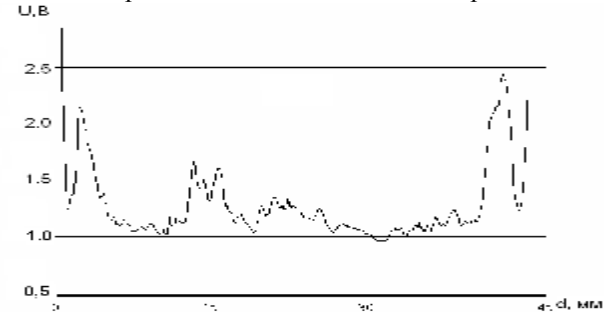


Рисунок 5 – Распределение относительных величин внутренних напряжений вдоль диаметра пластины Ge

Совершенно противоположная картина на графике распределения остаточных напряжений в пластине Германия. Как видим, максимальные внутренние напряжения сосредоточены на краях пластины, что может быть связано с механической обработкой образца.

Также было проведено исследование с помощью полной модели сканирования на пластине GaAs, в результате которого получены относительные зависимости внутренних напряжений распределенные по всей площади пластины. Для этого была разработана программа в среде LabView, которая позволяет производить считывание данных из сохраненных ранее файлов. На рисунке 6 представлен результат работы данной программы.

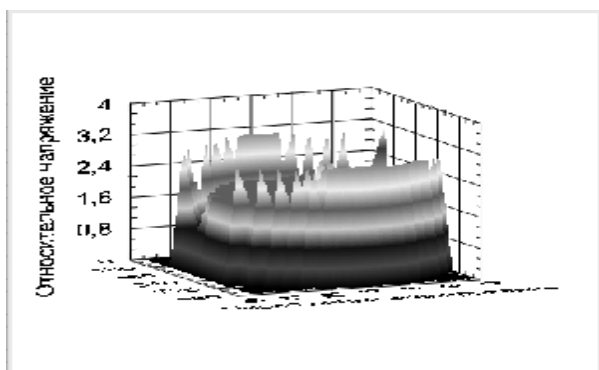


Рисунок 6 – Визуализация внутренних напряжений в пластине GaAs

На рис. 6 ось OX представляет собой количество проведенных измерений при полной модели сканирования, на оси OY – количество произведенных измерений на каждой оси сканирования, а на оси OZ – относительные внутренние напряжения в исследуемой полупроводниковой пластине.

Кроме числовой формы, остаточные напряжения представлены на рисунке в разной цветовой гамме, чем выше значения относительных напряжений, тем ярче данная точка.

Выводы. Разработанная автоматизированная система определения внутренних напряжений позволяет проводить исследования пластин полупроводников на длине волны 3,39мкм и реализует различные модели сканирования. Кроме того, разработана программа позволяющая проводить визуализацию распределения относительных величин внутренних напряжений по всей поверхности пластины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дюрелли А., Райли У. Введение в фотомеханику. Поляризационно-оптический метод: Пер. с англ. под ред. Н.И. Пироговского. - М.: Мир, 1970.
2. Метод фотоупругости: в 3т./Под общ. ред. Стрельчука Н.Л./ М.: Стройиздат, 1975.-т.2: Методы поляризационно упругих измерений. Динамическая фотоупругость. – с.14-45
3. Шерклифф У. Поляризованный свет М.: Мир, 1965.
4. Оксанич А.П., Вдовиченко Н.Д., Метод контроля искусственной оптической анизотропии в полупроводниковых материалах с различной кристаллографической ориентацией // Электрон. Техника. Сер.2. Полупроводниковые приборы.-1988.- Вып.3. – с.54-58.

Статья поступила 15.08.2007.
Рекомендовано к печати к.т.н., доц.
Мосьпаном В.А.