

Д. Т. АЛИМОВ, А. М. БАКИЕВ, Ю. Ю. ПОЛЯК, Ю. И. СИТНИК  
(Ташкент)

### ЛАЗЕРНАЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННАЯ МИКРОСКОПИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУР

В последнее время много внимания уделяется изучению нелинейных явлений в полупроводниковых пленочных структурах при оптическом возбуждении.

Бистабильное зеркало — полупроводниковая пленочная структура, формирующая оптический контакт с отражающим зеркалом (подложкой), — является одним из объектов интенсивного исследования. Бистабильные зеркала на основе тонкого плоскопараллельного монокристалла GaSe могут проявлять сильные нелинейные свойства, что позволяет их использовать в качестве различных оптоэлектронных устройств [1—3].

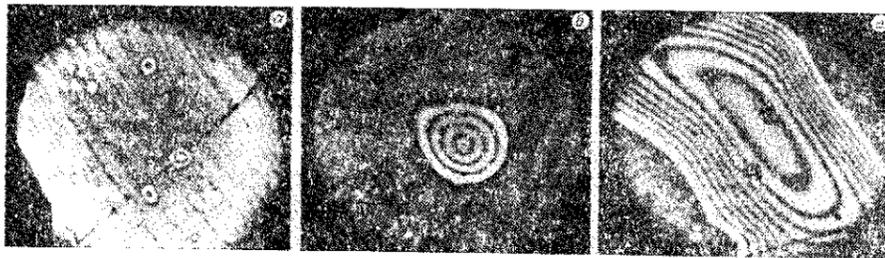
Физико-технические характеристики бистабильных зеркал, в том числе и их воспроизводимость, в основном определяются качеством и состоянием оптического контакта. Существующие спектральные методы определения качества оптического контакта этих устройств в лабораторных условиях неэффективны, и разработка методов оперативного контроля и диагностики качества является перспективной задачей.

Цель настоящей работы — опробование активных оптических систем с усилителем яркости изображения для разработки методов контроля и диагностики оптического качества полупроводниковых пленочных структур, нанесенных на зеркальные поверхности посредством оптического контакта.

Работа проводилась в схеме лазерного проекционного микроскопа (ЛПМ) [4], где в качестве активной среды использовался усилитель на парах меди УЛ-101. Экспериментальная установка позволяла проецировать на большой экран интерференционную картину, локализованную в пленочной структуре исследуемых объектов. Освещение объектов производилось сверхсветимостью активного элемента с длиной волны излучения 0,51 мкм.

Исследовались монокристаллические пленки полупроводника GaSe толщиной 1—2 мкм, находящиеся в оптическом контакте с отражающей поверхностью (П) кристалла Si.

На рисунке, а—в приведены интерферограммы различных участков оптического контакта Si—GaSe, снятые с экрана ЛПМ. (Увеличение 500 раз.) На интерферограммах достаточно хорошо разрешены участки оптического контакта, а также дефекты как подложки, так и пленок полупроводника GaSe (проколы, микротрещины, воздушные пузыри, обрывы слоев полупроводниковой пленки, различные микровключения).



Нарушение оптического контакта приводит к образованию воздушных пузырьков, заключенных между подложкой и полупроводниковой пленкой. Такие участки выделяются наличием четкой интерференционной картины. Толщину воздушного слоя можно оценить с помощью выражения

$$l = (n + (1/2))\lambda/2, \quad (1)$$

где  $l$  — толщина воздушного слоя;  $n$  — число максимумов интерференции;  $\lambda$  — длина волны излучения.

Толщина воздушного слоя для условия ( $n = 4$ ,  $\lambda = 0,51$  мкм) (см. рисунок, б) составляет  $l \approx 1,15$  мкм.

Из (1) можно получить разрешающую способность данного метода определения значения нарушения оптического контакта

$$l_{\min} = \lambda/4. \quad (2)$$

Эта величина для  $\lambda = 0,51$  мкм составляет  $l_{\min} \approx 0,13$  мкм. Линейное разрешение использованной схемы ЛПМ не превышает 1 мкм. Очевидно, использование ЛПМ для контроля и диагностики оптического контакта полупроводниковых пленочных структур представляется достаточно перспективным. Не менее эффективным может быть использование ЛПМ для контроля оптического контакта полупроводниковых гетероструктур из слоистых монокристаллов типа  $A_3B_5$ .

Необходимо также отметить, что при работе бистабильных зеркал из GaSe появление воздушных пузырьков может привести к образованию резонатора переменной толщины, состоящего из зеркала и отошедшего от него кристалла. Механизм действия бистабильного зеркала при этом обуславливается именно действием такого резонатора [2]. Предлагаемый в данном сообщении способ контроля может быть успешно применен для изучения принципов действия устройств, описанных в [1—3].

Путем специального подбора объектива и включения в оптическую схему ЛПМ интерференционной пластинки, расположенной над исследуемым объектом, можно построить проекционный микроинтерферометр, позволяющий производить измерение полос Физо. Проекционный микроинтерферометр, созданный на базе ЛПМ, дает возможность проецировать интерференционную картину на большой экран, что значительно упрощает процесс измерения. Он удобен и прост для юстировки.

Таким образом, можно надеяться, что ЛПМ и созданные на его базе проекционные интерференционные системы найдут применение в научно-исследовательских работах, технологии производства тонких пленок и структур, метрологии и микроэлектронике при решении широкого круга задач.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакпев А. М., Волков Г. С., Днепровский В. С., Ковалюк З. Д. Осцилляции в неохлажденном полупроводниковом бистабильном элементе // ЖТФ.— 1985.— 56, вып. 6.
2. Бакпев А. М., Великович А. Л., Голубев Г. П., Лучинский Д. Г. Четырехуровневый логический элемент на оптической бистабильности в неохлаждаемом тонкопленочном полупроводниковом интерферометре // Квантовая электрон.— 1987.— 14, № 9.
3. Golubev G. P., Luchinsky D. G., Velikovich A. L., Liberman M. A. Optical hysteresis and multistability in a double resonator system with an additional feedback // Opt. Commun.— 1987.— 64, N 2.— P. 181.
4. Земсков К. И., Исаев А. А., Казарян М. А., Петраш Г. Г. Исследование основных характеристик лазерного проекционного микроскопа // Квантовая электрон.— 1976.— 3, № 1.

Поступило в редакцию 3 февраля 1989 г.