

06.3

© 1992

ВЛИЯНИЕ СЛОЕВ ЛЕНГМЮРА-БЛОДЖЕТТ НА ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА ПЛАЗМОННОГО ТИПА

С.М. Балашов, А.Ф. Дашкин, В.А. Крылов,
Ю.К. Чаморовский

1. Введение

Пленки Ленгмюра-Блоджетт (ЛБ) являются весьма перспективными объектами для применения в устройствах молекулярной электроники, интегральной оптики [1] и т. п. Хорошо изучено влияние пленок ЛБ на оптические свойства поверхности. Эти исследования проводились традиционными методами эллипсометрии [2] и нарушенного полного отражения [3]. В настоящей работе проводится изучение влияния слоев ЛБ на поляризационные свойства волоконно-оптического элемента (ВОЭ). Целью работы является исследование возможностей применения ЛБ пленок для создания устройств управления параметрами излучения в волоконных световодах и чувствительных элементов датчиков, например типа тело-антитело с использованием преимуществ волоконной техники.

2. Описание ВОЭ и измерительной установки.

Известно использование ВОЭ плазмонного типа в качестве поляризаторов [4]. Принцип действия таких поляризаторов состоит в перекачке мощности подавляемой поляризационной моды в мощность плазмонной волны, возбуждаемой в исследуемой структуре. Из геометрического анализа следует, что в структуре диэлектрик-металл-диэлектрик возможно существование четырех мод. В нашем случае возбуждается вытекающая мода, которая излучается под небольшим углом (~ 10 град) к плоскости металла в направлении диэлектрика, показатель преломления которого больше.

Плазмонный ВОЭ (рис. 1, а) состоит из одномодового волоконного световода (ОВС) (1), сошлифованного почти до сердцевины, алюминиевой пленки толщиной около 100 \AA (2), пленки ЛБ (3), имерсионной жидкости. Имерсионная жидкость используется для согласования постоянных распространения поляризационной моды и плазмонной волны. Поскольку плазмонная волна возбуждается только ТМ-модой, ТЕ-мода проходит через поляризатор практически без потерь.

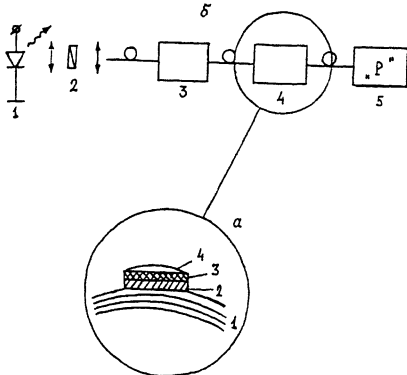


Рис. 1. Экспериментальная установка для измерения коэффициента экстинкции волоконно-оптического поляризатора. а) 1 – одномодовый волоконный световод, 2 – алюминиевая пленка, 3 – пленка Ленгмюра-Блоджетт, 4 – имерсионная жидкость; б) 1 – источник излучения (0,85 мкм), 2 – система ввода линейно поляризованного излучения в волоконный световод, 3 – контроллер поляризации, 4 – исследуемый поляризатор, 5 – измеритель мощности.

Измерение поляризационных свойств ВОЭ проводилось на установке представленной на рис. 1, б. Излучение от источника (1) через систему ввода (2) вводится в ОВС. Контроллер поляризации (3) позволяет установить любое состояние поляризации в зоне взаимодействия поляризационной моды и поверхностной электромагнитной волны (ПЭВ), т. е. в волоконно-оптическом элементе (4). По измерителю мощности (5) фиксируется прохождение волоконных мод через ВОЭ.

3. Описание материалов ЛБ пленок и условий нанесения.

Эксперименты по изучению влияния ЛБ пленок на поляризационные характеристики ВОЭ проводились с двумя материалами: краун-эфиром и арахидадом кадмия. Эти вещества образуют монослои с толщинами 18 и 27 Å соответственно и имеют показатели преломления 1.4 и 2.12.

ЛБ пленки обоих веществ наносились на поверхность алюминия последовательно по одному бислою Y-типа. Нанесение проводилось методом Ленгмюра [1] при комнатной температуре и постоянном поверхностном давлении 30 мН/м для краун-эфира и арахидата кадмия. В качестве субфазы использовался бидистиллят с добавлением $CdCl_2$ (рН = 6.0) в случае арахидата кадмия. Скорость нанесения составляла 4 мм/мин в обоих направлениях.

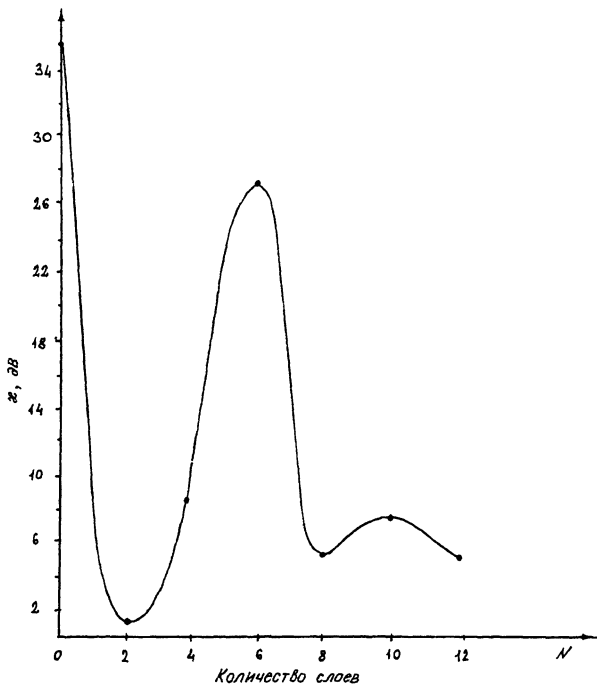


Рис. 2. Экспериментальная зависимость коэффициента экстинкции волоконно-оптического поляризатора от количества монослоев краун-эфира.

4. Результаты и обсуждение.

Типичные результаты измерений показаны на рис. 2. Для различных веществ и в разных сериях экспериментов кривые имели различия, но осциллирующий характер кривых сохранился. Амплитуда осцилляций составляла 20–30 дБ, что говорит о большой чувствительности этого метода регистрации монослоев. В то же время полученные результаты представляются достаточно неожиданными. Монослои наносимых веществ представляют собой диэлектрические пленки очень малых толщин. Монотонное увеличение числа слоев, как ожидалось, должно приводить к постепенному нарушению условия синхронизма и, как следствие, к ухудшению подавления ТМ-моды, т. е. кривая должна иметь монотонный характер, а не осциллирующий.

Следует отметить, что именно такие монотонные зависимости наблюдались в экспериментах с применением призм для возбуждения плазмонных волн. В отличие от нашего случая, во всех этих экспериментах возбуждались направляемые, а не излучаемые волны.

Аналогичные осцилляции можно наблюдать при больших толщинах пленок (0.1–10 мкм), т. е. при числе слоев более 100. В этом

случае систему можно рассматривать как два связанных волновода, круглый и плоский. При этом коэффициент связи зависит от модового состава излучения в плоском волноводе, а значит и от его толщины [5].

В нашем случае толщина слоя составляет 20–140 Å, поэтому нельзя связывать осцилляции с изменениями модового состава излучения в плоском волноводе [6]. Выяснение природы наблюдаемого эффекта требует дополнительных, более широких исследований как ВОЭ, так и структур на призмах с нанесенными пленками ЛБ.

В ы в о д ы.

Таким образом, в экспериментах наблюдались колебательные изменения коэффициента экстинкции ВОЭ в зависимости от количества монослоев. Эти результаты воспроизводимы для разных образцов ВОЭ и материалов ЛБ пленок, характер кривых сохраняется. Учитывая то, что глубина модуляции сигнала 30 дБ, представляется перспективным создание биосенсоров типа тело–антитело или антигенантитело на основе таких структур и волоконно–оптических модуляторов.

Авторы выражают благодарность В.В. Плесскому за полезные обсуждения, В.В. Пантелееву и В. Синельниковой за помощь в подготовке образцов и проведении эксперимента.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Блинов Л.М. // УФН. 1988. Т. 155. В. 3. С. 433.
- [2] W a r t e n s s o n J., A r w i n H. // Thin Solid Films. 1990. V. 188. P. 181.
- [3] W a h l i n g G., R a e t h e r H. // Thin Solid Films. 1979. V. 58. P. 391.
- [4] J o h n s t o n e W., S t e w a r t G., C u l - s h a w B., H a r t T. // Electron. Lett. 1988. V. 24. P. 866.
- [5] Новиков В.Т., Сороковиков В.Н. // Радиотехника. 1990. Т. 8. С. 86.
- [6] Самойленко Ф.Д., Новак В.Р., Самойленко В.Д. // Микроэлектроника. 1979. Т. 8. В. 3. С. 274.

Поступило в Редакцию
16 сентября 1991 г.