

## ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА ОТ ПЛЕНОК Al В РЕЖИМЕ НАРУШЕННОГО ПОЛНОГО ВНУТРЕННЕГО ОТРАЖЕНИЯ

С.А. Крюков, Д.Н. Токарчук

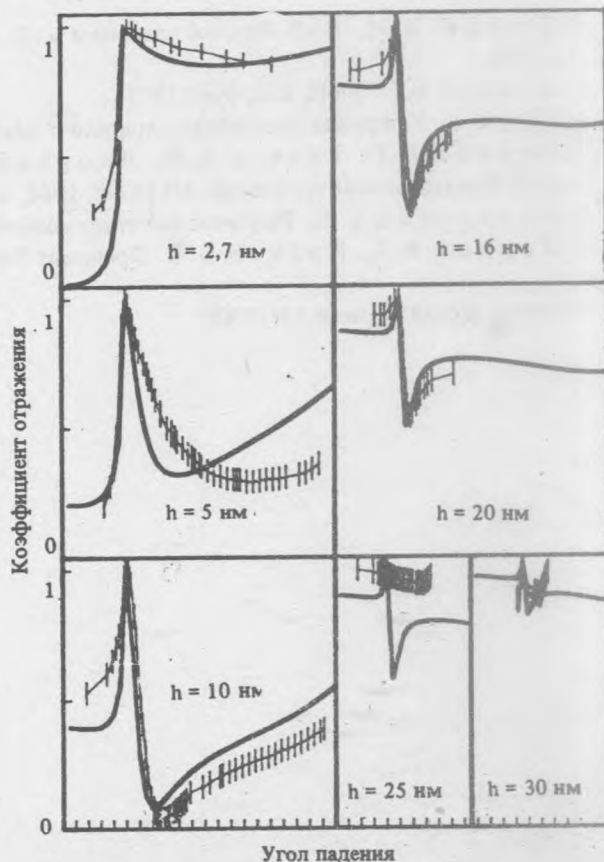
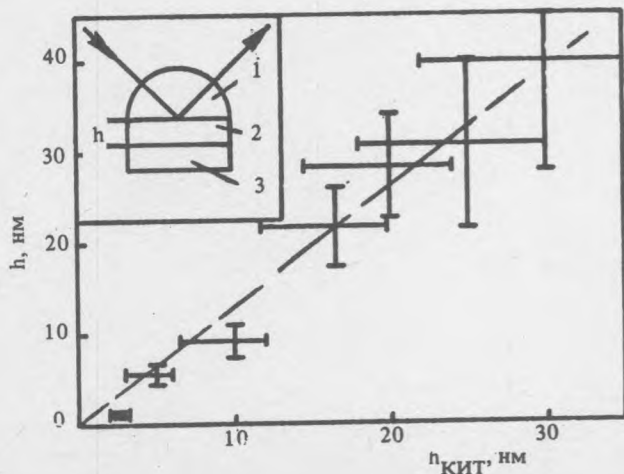
*Экспериментально и методом численного моделирования изучены угловые зависимости коэффициента нарушенного полного внутреннего отражения в системе SiO<sub>2</sub>-Al-SiC. Наблюдались резонансы с поверхностными поляритонами системы. Показано, что для толщин пленки Al  $\geq 2,7$  нм свойства пленки близки к свойствам массивного металла.*

До настоящего времени остается не вполне выясненным вопрос, при каких толщинах металлической пленки ее оптические свойства объясняются моделью распространения света, полученной для массивного металла.

Одним из наиболее чувствительных к структуре пленки оптических методов исследования является спектроскопия поверхностных поляритонов [1].

*Рис. 1. Толщины пленок Al в структурах, измеренные с помощью КИТ ( $n_{\text{КИТ}}$ ) и определенные из сравнения теоретических и расчетных спектров на рис. 2 ( $h$ ). На вставке — геометрия образца: 1 — полцилиндр из SiO<sub>2</sub>, 2 — Al, 3 — SiC.*

*Рис. 2. Угловые зависимости коэффициента отражения света от структур при различных толщинах  $h$  пленки Al. Цена деления по оси абсцисс 1°, максимумы кривых приблизительно соответствуют критическому углу для системы SiO<sub>2</sub>-воздух (43,6°). — | — — эксперимент, — — — — расчет.*



В настоящей работе исследованы пленки Al и обнаружено, что оптические свойства всех образцов вполне удовлетворительно объясняются на основе модели многослойной среды с идеально резкими границами раздела.

Геометрия образцов показана на вставке рис. 1. Образцы формировались на плоской поверхности полуцилиндра из плавленого кварца. На поверхность термически напылялся слой Al, затем методом магнетронного распыления слой SiC толщиной 5 нм. Напыление производилось на установке SCM-451 "Alcatel" в едином цикле без разгерметизации.

В процессе напыления толщины слоев контролировались предварительно проградуированным кварцевым измерителем толщины (КИТ).\*

Были измерены угловые зависимости энергетического коэффициента отражения света с длиной волны 0,6328 мкм для р-поляризации. Такие же зависимости были получены численными методами.

При расчетах использовалось приближение плоских волн. Оно оправдано тем, что вычисленная длина затухания поверхностного поляритона много меньше диаметра пучка света. Детали расчета приведены в /2/.

Результаты экспериментов и расчетов показаны на рис. 2. Коэффициент отражения R на графике нормирован так, чтобы выполнялось условие  $R_{\max} = 1$ .

Острые провалы обусловлены резонансами с поверхностными плазмон-поляритонами системы.

Слой SiC толщиной 5 нм наносился для защиты пленки Al от окисления. Предварительные эксперименты показали, что естественное окисление Al существенно искажает картину резонанса с поверхностным поляритонам. Этот факт не удается объяснить уменьшением толщины пленки Al, но он может быть связан со сложной структурой границы Al — окисел.

Численное моделирование показало, что неточность задания толщины и коэффициента преломления пленки SiC мало влияет на рассчитанные угловые зависимости (в пределах погрешности, с которой эти величины известны). В расчетах использовались значения комплексного показателя преломления массивного Al /3/.

Толщина пленки Al  $h$  определялась также из экспериментальных данных по методу наименьших квадратов. Полученные значения  $h$  в зависимости от измеренных с помощью КИТ  $h_{\text{КИТ}}$  показаны на рис. 1.

Удовлетворительное совпадение расчетных и экспериментальных зависимостей коэффициента отражения от угла падения для образцов с малыми толщинами Al говорит о том, что полученные пленки вплоть до  $h \cong 1$  нм не обнаруживают никаких размерных зависимостей своих свойств. Свойства структур адекватно описываются простой макроскопической моделью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Поверхностные поляритоны. Ред. Агранович В.М., Миллс Д.Л. М., Наука, 1985.
2. Крюков С. А. Численное моделирование внутренней фотозмиссии в многослойных структурах. Препринт ФИАН № 81, М., 1989.
3. Золотарев В. М., Морозов В. Н., Смирнова Е. В. Оптические постоянные природных и технических сред. Л., Химия, 1984.

Поступила в редакцию 15 мая 1989 г.

\* Толщины исследованных пленок лежали в пределах 2,7 – 30 нм. Попытки получения пленок с меньшими толщинами не дали воспроизводимых результатов.