

*Письма в ЖЭТФ, том 17, вып. 4, стр. 197. — 201*

*20 февраля 1973 г.*

## **ПРОСТРАНСТВЕННО-НЕОДНОРОДНЫЕ ФИЛЬТРЫ ДЛЯ УЛЬТРАМЯГКОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*В. Д. Песков, Я. А. Сазаров, Э. А. Тищенко*

Для селекции излучения в области  $50 - 2000 \text{ \AA}$  предлагается использовать неоднородные по толщине фильтры, полученные напылением алюминия на коллодиевую подложку. Принцип работы таких фильтров аналогичен принципу работы пространственно неоднородных фильтров, применяемых в дальней инфракрасной области.

В спектроскопии плазмы наиболее трудна для исследования область ультрамягкого рентгеновского излучения, УМР ( $50 - 200 \text{ \AA}$ ). Это обусловлено тем, что обычно излучение плазмы в этой области малоинтен-

сивно, а поглощение УМР в окнах приемника велико. Кроме того, полезный сигнал приходится выделять на фоне сильного ультрафиолетового излучения плазмы. Поэтому даже в случае применения приемников без окон перед детектором ставят фильтры в виде алюминиевых или бериллиевых пленок [1]. Такие пленки, однако, сильно поглощают и УМР излучение:

В работе [2] была замечена, но не объяснена, аномальная прозрачность для УМР очень тонких алюминиевых пленок (с толщиной меньше 200 Å). Нас заинтересовал этот факт. Дополнительные исследования показали, что такими свойствами обладают неоднородные по толщине структуры.

Такие структуры мы решили испытать в качестве фильтров для выделения УМР области спектра из мощного фона ультрафиолетового излучения. Как и в работе [2], такие фильтры мы изготовляли напылением алюминия на коллодиевую подложку толщиной 1000 Å. В начальной стадии напыления (при скорости напыления 100 Å/мин в вакууме порядка  $10^{-5}$  торр) образовывается неоднородная по толщине структура в виде несросшихся кристалликов алюминия. Электронно-микроскопический снимок подобной пленки изображен на рис. 1<sup>1)</sup>. При больших массах напыленного алюминия структура становилась более однородной по толщине.

Прозрачность фильтров мы измеряли методом просвечивания. В области длин волн  $\lambda < 100$  Å для этой цели использовалось излучение от рентгеновской трубки; сигнал регистрировался пропорциональным счетчиком. Для  $\lambda > 1000$  Å для просвечивания мы использовали излучение СВЧ разряда низкого давления. Нужный спектральный интервал выделялся монохроматором ВМ-1. Сигнал регистрировался фотоумножителем ФЭУ-39 с сцинтиллятором из салицилата натрия. К сожалению, из-за отсутствия рентгеновского спектрографа, мы не смогли измерить пропускание пленок в области  $100$  Å  $< \lambda < 1000$  Å.

Типичные кривые пропускания наших неоднородных пленок и однородных пленок, обычно используемых для фильтрации, приведены на рис. 2. Видно, что неоднородные пленки значительно сильнее поглощают ультрафиолет и гораздо прозрачнее в УМР. Накладывая несколько пленок одна на другую, удается получить удобные фильтры, частотные свойства которых регулируются количеством пленок и толщиной напыленной структуры.

При интерпретации хода кривых пропускания наших пленок, мы обратили внимание на их качественное совпадение с ходом кривых пропускания так называемых емкостных сеток, применяемых в дальней инфракрасной (ДИК) области [3]. Емкостными сетками (в дальнейшем — структуры В) называют фильтры со структурой, дополнительной к сетчатой (структуры А). Геометрия структур А и В и их типичные кривые пропускания (кривые 1 и 2) изображены на рис. 3. Как и на рис. 2 для этих структур можно выделить три характерных спектраль-

<sup>1)</sup> Мы признательны В.Н.Рожанскому (ИК АН СССР) за проведение электронно-микроскопических исследований.

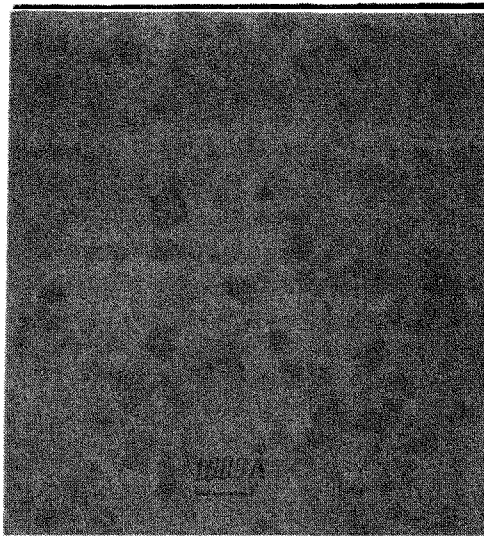


Рис. 1. Электронно-микроскопический снимок пленочного фильтра с напыленной структурой. Темные пятна – грани кристалликов алюминия

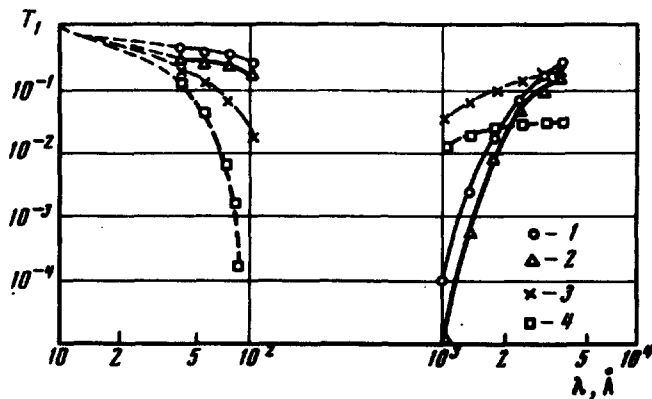


Рис. 2. Пропускание неоднородных и однородных структур алюминия в ультрамягкой рентгеновской и ультрафиолетовой областях: 1 – две сложенные пленки со структурой, изображенной на рис. 1, 2 – три сложенных пленки со структурой, изображенной на рис. 1, 3 – пленка со структурой, близкой к однородной, 4 – пленка с однородной структурой

ных интервала. В диапазоне длин волн  $g/\lambda \gg 1$  структуры *A* и *B* работают как серые фильтры, и их пропускание определяется геометрической прозрачностью фильтра. В диапазоне  $g/\lambda \sim 1$  структура *A* имеет максимальное, а структура *B* – минимальное пропускание. При

$g/\lambda \ll 1$  структура *A* полностью ослабляет, а структура *B* практически полностью пропускает падающее излучение. Однако, эти результаты относятся к идеально проводящим экранам, и их нельзя автоматически переносить в УМР область, где нет данных о комплексной диэлектрической проницаемости алюминия. Поскольку теоретически рассмотреть влияние свойств материала неоднородных структур на их пропускание весьма сложно, мы исследовали этот вопрос экспериментально в ДИК области. Методику изготовления таких структур мы заимствовали из работ [3, 4]. Пропускание структур в диапазоне длин волн

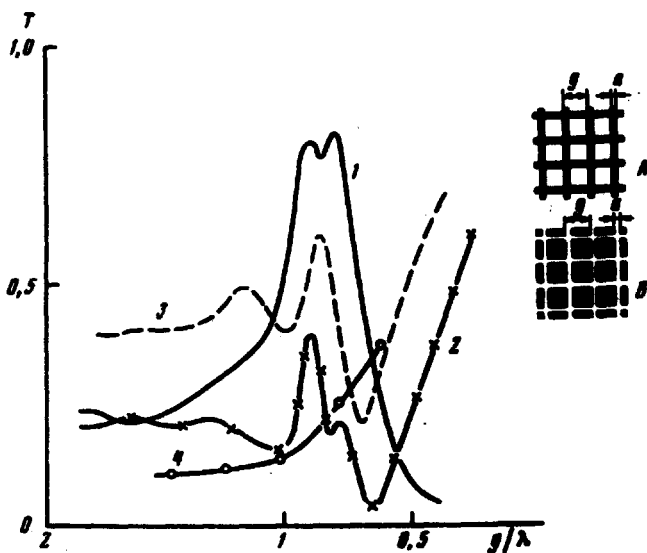


Рис. 3. Геометрия и кривые пропускания структур *A* и *B*: (темное — проводник), 1 — тип *A*, никель,  $a/g = 0,3$ ,  $g = 50$  мкм; 2 — тип *B*, алюминий,  $a/g = 0,3$ ,  $g = 50$  мкм. Подложка — лавсан толщиной 5 мкм; 3 — тип *B*; алюминий,  $a/g = 0,5$ ,  $g = 50$  мкм. Подложка — лавсан толщиной 5 мкм; 4 — тип *B*; аквадаг,  $a/g = 0,1$ ,  $g = 500$  мкм. Подложка — бумага толщиной 70 мкм

25 — 330 мкм измерялось на спектрометре FIS-3. Типичные результаты измерений приведены на рис. 3 (кривые 3, 4). Видно, что пропускание сильно зависит от отношения  $a/g$  и почти не зависит от поглощающих и отражающих свойств материала структуры. Это, по-видимому, позволяет утверждать, что между пропусканием структур в УМР и ДИК областях существует глубокая аналогия. Отсюда также следует, что в УМР области для отсекаания длинноволнового фона плазмы можно использовать и структуры типа *A*. Методика изготовления подобных структур описана в работе [5]. Предложенные нами фильтры для УМР, по-существу являются полосовыми. Как отдельные фильтры *A* и *B*, так и их комбинации могут быть полезными в ряде задач спектральной диагностики плазменных разрядов.

Авторы благодарят П.Л.Капицу за внимание к работе, А.В.Митрофанова – за участие в проведении экспериментов, Д.Б.Диатроптова, А.Б.Ваганова – за полезные обсуждения, Г.Д.Богомолова – за дружескую помощь.

Институт физических проблем  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
11 января 1973 г.

### Литература

- [ 1 ] Р.Хаддлстоун, С.Леонард. Диагностика плазмы, М., Изд. Мир, 1967.
  - [ 2 ] D.H.Tombolian, H.M.Pell. Phys. Rev., 83, 1196, 1951.
  - [ 3 ] R.D.Rawcliffe, C.M.Rondoll. Appl. Opt., 6, 1353, 1967.
  - [ 4 ] S.P.Varma, K.D.Moller. Appl. Opt., 8, 1663, 1969.
  - [ 5 ] W.Desorbo, H.E.Cline. JAP, 41, 2099, 1970.
-