

УДК 538.9

DOI: 10.17223/00213411/62/11/143

А.С. ГРЕНАДЁРОВ¹, К.В. ОСКОМОВ¹, А.А. СОЛОВЬЕВ^{1,3}, А.В. СЕЛИВАНОВА², М.Е. КОНИЩЕВ³

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ АНТИОТРАЖАЮЩЕГО И ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ИК-ОПТИКИ

Пленки аморфного гидрогенизированного углерода, легированного Si и O, наносились на образцы кристаллического кремния методом плазмохимического осаждения в смеси паров полифенилметилсилоксана и аргона. Исследовались физико-механические и оптические свойства пленок для использования в качестве антиотражающих и защитных покрытий в устройствах ИК-оптики. Прозрачность пленок в диапазоне длин волн 2.5–8 мкм измерялась методом инфракрасной спектроскопии с фурье-преобразованием. Структура и состав пленок изучались методами рамановской и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Твердость и другие механические свойства пленок определялись с помощью наноиндентирования. Показано, что двухстороннее нанесение а-C:H:SiO_x-пленок на Si-пластины позволяет повысить их интегральную пропускную способность в области длин волн 3–5 мкм с 50 до 87 %. При этом пленки обладают отличными механическими характеристиками, термостойкостью в диапазоне температур от комнатной до 500 °С и стойкостью к водным растворам соли.

Ключевые слова: антиотражающие покрытия, защитные покрытия, ИК-оптика, плазмохимический синтез.

Введение

Пленки аморфного гидрогенизированного углерода (а-C:H) рассматриваются в качестве перспективных защитных антиотражающих (просветляющих) покрытий для оптики среднего (3–5 мкм) ИК-диапазона [1]. Фториды (BaF₂, ThF₄, PbF₂) и халькогениды, которые часто используются в качестве многослойных покрытий на оптических ИК-материалах, имеют плохую адгезию и механическую прочность [2]. В отличие от них а-C:H-пленки обладают высокой устойчивостью к солям, кислотам, щелочам, большинству органических растворителей. Высокая механическая твердость и низкий коэффициент трения делают данные пленки стойкими к абразивному воздействию. Кроме того, а-C:H-пленки имеют очень хорошую адгезию к Ge и Si, что обуславливает их использование на внешних поверхностях кремниевой и германиевой оптики тепловизоров, применяемых в военной технике и/или работающих в экстремальных климатических условиях. Такие пленки защищают внешние оптические поверхности от абразивного воздействия частиц пыли в воздухе, от морской воды и соли, высокой влажности и т.п. Аморфный гидрогенизированный углерод характеризуется умеренным уровнем поглощения и рассеяния во всем инфракрасном диапазоне длин волн, а его показатель преломления в ИК-диапазоне близок к 1.95.

Потенциальные возможности использования пленок а-C:H в качестве антиотражающего и защитного покрытия были продемонстрированы в ряде работ. В работе [3] пленки а-C:H были нанесены на обе стороны Si-подложки методом ионно-лучевого распыления графита в смеси Ar и CH₄. Показано, что пленки, имеющие твердость около 15–16 ГПа, позволяют повысить среднее значение коэффициента пропускания Si-подложки до 95.1 % в диапазоне 3.5–5 мкм. Пленки а-C:H, нанесенные на обе стороны Si-подложки методом химического осаждения из газовой фазы с ВЧ-разрядом (RF-PECVD) в атмосфере ацетилена, продемонстрировали увеличение максимальной пропускной способности Si до 89 % в диапазоне длин волн 3–5 мкм [4]. Пленки а-C:H, нанесенные этим же методом на обе стороны Ge-подложки, позволили увеличить максимальную прозрачность Ge до 91 % в диапазоне длин волн 3–6 мкм [5]. Прозрачность Ge-образцов с односторонним защитным а-C:H-покрытием твердостью 20 ГПа достигала 65–67 % в диапазоне длин волн 4.5–6 мкм, в то время как прозрачность исходной подложки составляла 51 % [6].

Тем не менее многие источники сообщают о плохой адгезии а-C:H-пленок вследствие сильных внутренних напряжений, возникающих в них во время осаждения [7]. Снизить внутренние напряжения и повысить термическую стабильность а-C:H-пленок до 500 °С позволяет их легирование кремнием и кислородом [8, 9]. По механическим и трибологическим свойствам а-C:H:SiO_x-пленки во многом не уступают алмазоподобным углеродным пленкам, их твердость составляет 10–20 ГПа, скорость износа не превышает 10⁻⁵ мм³/(Н·м), а коэффициент трения находится в диапазоне от 0.02 до 0.2. Легирование а-C:H-пленок легко осуществляется в процессе плазмохимиче-

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>