

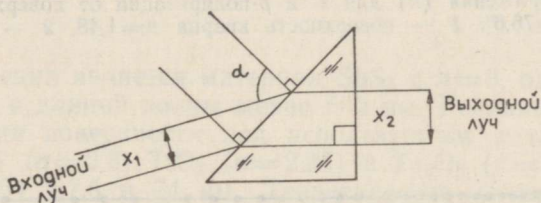
УДК 535.83; 621.82

Евгений БЕРИК *, Владимир ДАВЫДЕНКО *, Аарне КАСИКОВ *

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОПУСКАНИЯ ВНУТРИРЕЗОНАТОРНОГО РАСШИРИТЕЛЯ ПУЧКА ВО ВСЕМ ВИДИМОМ ДИАПАЗОНЕ СПЕКТРА

(Представил П. Саари)

Используемые в современной экспериментальной и коммерческой лазерной аппаратуре одномерные расширители светового пучка имеют увеличение 40—100 раз и состоят из 4—5 призм, расположенных под большим углом падения входного луча на наклонную грань и нулевым углом падения на выходную грань призм (рис. 1) [1]. При этом суммарное пропускание 4-призменного расширителя, в котором три призмы используются для увеличения, а четвертая — для компенсации дисперсии [2], при учете только Френелевских потерь на входных и выходных гранях составит 0,5. При помещении такого расширителя в резонатор лазера пропускание за обход составит 0,25, что существенно влияет на генерационные характеристики лазера, в том числе и на к. п. д. Для уменьшения потерь в расширителе используется просветление граней призмы с целью понижения коэффициента отражения от границы раздела воздух—кварц.



$$\text{Увеличение } M = \frac{x_2}{x_1}$$

$$\alpha \sim 77^\circ$$

Рис. 1. Расположение увеличивающей призмы относительно луча.

В случае нормального падения луча на границу раздела сред используется хорошо известное широкополосное просветляющее покрытие из материалов Al_2O_3 , Ta_2O_5 и MgP_2 [3] с оптическими толщинами соответственно $\frac{\lambda}{4}$, $\frac{\lambda}{2}$ и $\frac{\lambda}{4}$ для одной данной длины волны, которая находится в центре спектральной рабочей области покрытия. Это позволяет снизить потери на отражение и рассеяние на одной границе между средами кварц—воздух (показатели преломления $n_k=1,46$ и $n_v=1$ соответственно для 550 нм) от 3,5 до 0,5%.

* Eesti Teaduste Akadeemia Tehnoloogikeskus «VEMO» (Технологический центр АН Эстонии «VEMO»). 202400 Tartu, Riia 185. Estonia.

Как было отмечено выше, основные потери в системе обусловлены отражением с переходов при преломлении вовнутрь кварца под большими углами. Для просветления этой границы был проведен анализ с целью нахождения возможного покрытия для уменьшения отражения. Анализ покрытия был проведен на микро-ЭВМ с использованием программы для анализа свойств многослойных интерференционных покрытий. Программа основана на использовании формул Власова—Карда [4], вычисление спектров отражения и пропускания покрытий проводится исходя из оптических константов и толщин (оптических или геометрических) тонких слоев. Дисперсия при этом не учитывается.

Анализ просветления при падении под углами, большими, чем угол Брюстера для подложки, показывает, что самым простым способом, дающим широкополосное уменьшение отражения для p -поляризации, является однослойное покрытие с высоким показателем преломления и толщиной, которая гасит отражение для p -поляризации (существенным остается отражение для s -поляризации, причем степень поляризации проходящего излучения увеличивается) (рис. 2).

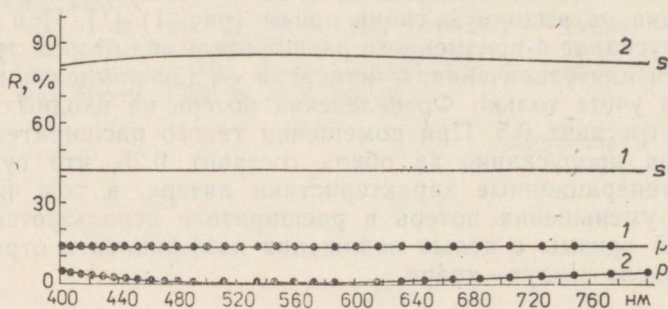


Рис. 2. Спектры отражения (R) для s - и p -поляризации от поверхности кварца под углом падения $\alpha=76,6^\circ$: 1 — поверхность кварца $n=1,48$, 2 — покрытие $n=2,8$.

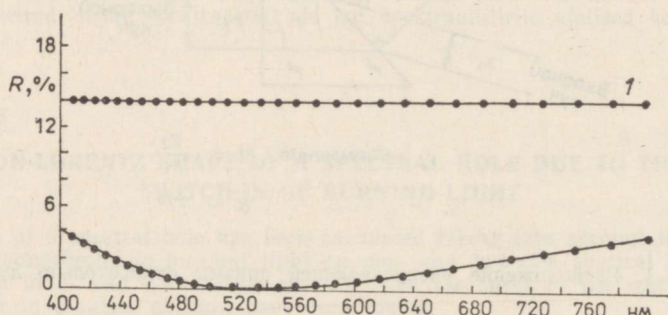


Рис. 3. Спектр отражения «идеального» покрытия $n=2,72$, угол падения $\alpha=76,6^\circ$: 1 — кварц.

По теоретическим расчетам, идеальным однослойным покрытием для кварцевых подложек ($n_k=1,46$) в видимом диапазоне 400—800 нм является материал с показателем преломления $n=2,72$, из которого нанесено покрытие толщиной 52,5 нм. Это позволяет уменьшить отражение для рабочей p -поляризации от первоначального значения 14% до нуля в области 540 нм и до 4% на краях диапазона 400—800 нм (рис. 3). С целью практической реализации приходится учитывать выбор реальных материалов для напыления. Наиболее близким по пока-

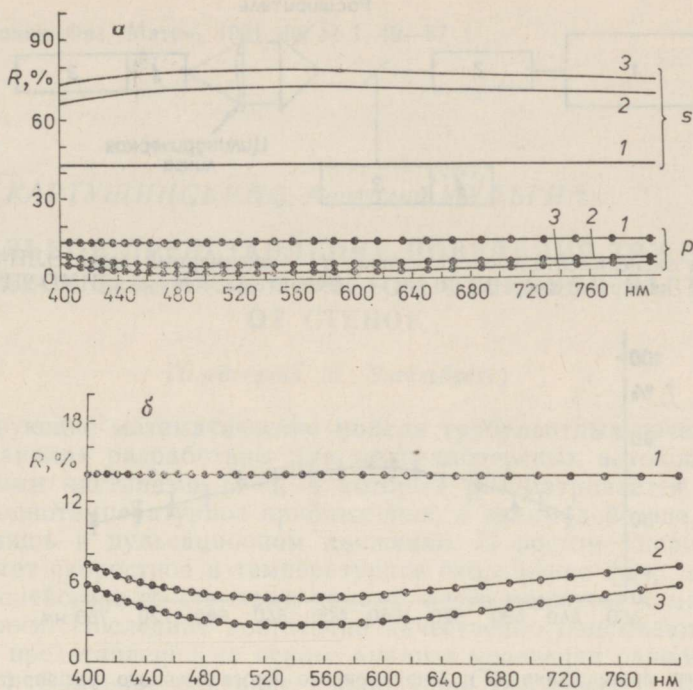


Рис. 4. Спектры отражения реальных покрытий, угол падения $\alpha=76,6^\circ$:
 а — спектры отражения для s - и p -поляризаций: 1 — поверхность кварца, 2 — покрытие Ta_2O_5 ($n=2,04$) $nd=1,16 \lambda/4$ (78 нм), 3 — покрытие TiO_2 ($n=2,25$) $nd=1,07 \lambda/4$ (65 нм).
 б — спектры отражения для p -поляризации тех же покрытий в мелком масштабе.

зателю преломления является материал SbS_3 с $n=3$, однако он поглощает излучение с длиной волны менее 500 нм. Реальные возможности для просветления поверхности под используемым в телескопе углом $76,6^\circ$ имеют ZnS ($n=2,3$), TiO_2 ($n=2,25$) и Ta_2O_5 ($n=2,04$) толщиной соответственно 64, 67,5 и 74 нм. Теоретические спектры отражения кварцевых поверхностей с такими покрытиями представлены на рис. 4а, б.

Эксперимент

Для проверки теоретических результатов, приведенных в предыдущем разделе, нами был собран четырехпризменный, 40-кратный ахроматический расширитель пучка, три призмы которого используются для расширения и установлены под углом $76,6^\circ$, а четвертая — для компенсации дисперсии. На наклонные грани расширяющих призм, изготовленных из кварца, было нанесено однослойное покрытие TiO_2 , толщиной 67,5 нм. На остальные поверхности расширителя было нанесено широкополосное просветляющее покрытие [3]. Тестирование просветленного таким образом расширителя лазерного пучка проводилось на экспериментальной установке (рис. 5). Спектр пропускания исследованного образца в видимом диапазоне 400—800 нм приведен на рис. 6.

Сравнивая экспериментальные результаты с данными теоретических графиков, легко отметить весьма удовлетворительное совпадение.

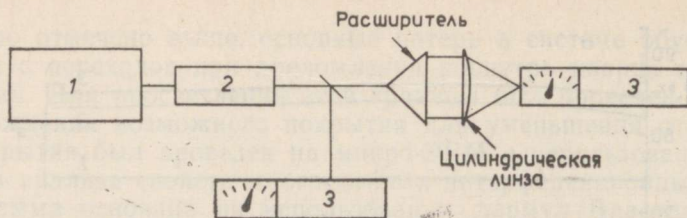


Рис. 5. Схема экспериментальной установки: 1 — эксимерный лазер ЭЛИ-3, 2 — лазер на красителях ВЛ-10, 3 — измеритель мощности ИМО-2Н.

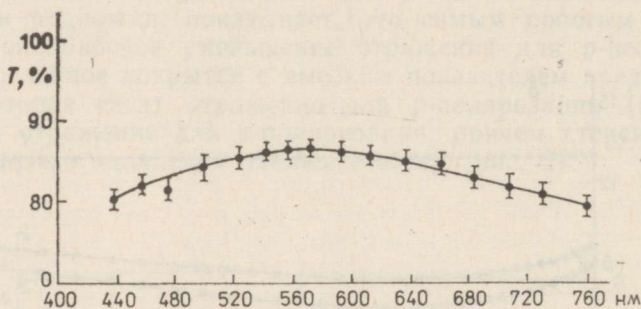


Рис. 6. Спектр пропускания (T) 4-призменного просветленного расширителя пучка.

Таким образом, просветление наклонных граней призм расширителя при помощи однослойного открытия TiO_2 позволяет довести пропускание лазерного одномерного расширителя пучка с сорокакратным увеличением до 85% на длине волны 550 нм и не менее 80% во всем видимом диапазоне.

В заключение авторы выражают благодарность В. Чумакову и А. Лобанову за изготовление использованных призм, а В. Бирюкову — за сборку расширителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Duarte, F. J., Piper, J. A. Opt. Commun., 1980, Oct., 100—104.
2. Duarte, F. J., Piper, J. A. Opt. Commun., 1982, Nov. 303—306.
3. Кокс Дж. Т., Хасс Г. Физика тонких пленок, II. М., 1967, 187—253.
4. Кондрашов В. Е. Оптика фотокатодов. М., 1976, 12—25.

Поступила в редакцию
28/II 1990

Yevgeni BERIK, Vladimir DAVODENKO, Aarne KASIKOV

RESONAATORISISESE KIIRELAENDAJA LÄBILASKVUSE SUURENDAMINE SPEKTRI NÄHTAVAS PIIRKONNAS

On näidatud resonatorisese kiirelaiendaja läbilaskvuse suurendamise võimalus suure mürdumisnäitajaga ühekihilise selgendava katte kasutamisel.

Yevgeni BERIK, Vladimir DAVYDENKO and Aarne KASIKOV

A TRANSMITTANCE ENHANCEMENT OF INTRACAVITY BEAM EXPANDER IN THE WHOLE VISIBLE SPECTRAL RANGE

A technique for transmittance enhancement of intracavity beam expander is shown where a monolayer with a high refractive index is used.