

Ю.И. Терентьев

Значительное ослабление дифракции света на щели между пластинками сильнопоглощающего стекла HC12 при равном единице относительном показателе преломления

Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск

Поступила в редакцию 14.11.2007 г.

Осуществлено ослабление дифракции света, проходящего через щель между пластинками из сильнопоглощающего стекла HC12, посредством помещения пластинок, образующих щель, в среду с равным показателем преломления. Это ослабление характеризуется полным исчезновением боковых дифракционных полос, многократным уменьшением ширины дифракционной картины, увеличением в 3,5 раза максимальной интенсивности в ней.

Введение

В работе [1] описаны эксперименты по ослаблению дифракции света на экране, происходящему при близком к единице и особенно равном ей относительном показателе преломления в случае использования в качестве экрана пластинок из сильнопоглощающих оптических стекол, находящихся в кювете с оптически однородной прозрачной жидкостью. Данное ослабление оказалось особенно большим при падении света с $\lambda = 0,53$ мкм на экран-пластинку из стекла HC12, находящуюся в диметилфталате, при температуре кюветы $t_k = 21,4$ °C, соответствующей одинаковым значениям показателей преломления пластинки и жидкости и, следовательно, относительному показателю преломления $n_{отн}$, равному единице.

В связи с частичной прозрачностью пластинок использованных стекол вблизи ребер в условиях эксперимента возникновение дифракционных полос на экране наблюдения в пределах открытой части светового пучка может являться результатом дифракции света на пластинке и интерференции прямопроходящих лучей с преломленными лучами из частично прозрачной области пластинки. Однако уменьшение контрастности полос с уменьшением $n_{отн}$ происходило в условиях, когда пластинки были оптически более плотными средами и при $n_{отн} = 1$, что исключало преломление падающих на них лучей в сторону открытой части пучка. Следовательно, наблюдаемые полосы имели чисто дифракционный характер.

После заполнения кюветы жидкостью поглощающие пластинки продолжали перекрывать прежнюю часть волнового фронта. Поэтому происходящее ослабление дифракции света при $n_{отн} \rightarrow 1$ и особенно равном единице, когда экраном явля-

лись пластинки из стекол CC8, TC2, TC3, HC12, не укладывается в рамки дифракционных теорий, основанных на идее вторичных волн.

Исходя из строгого решения задачи дифракции Зоммерфельдом [2], дифракционная картина от экрана является следствием интерференции непокрытого экраном света с краевым светом, представляющим собой отраженный от края экрана свет.

При образовании краевого света согласно данному решению его интенсивность и, следовательно, контрастность дифракционной картины должны быть иными в случае конечных проводимости и толщины реальных экранов, уменьшения проводимости до нуля в диэлектриках и при использовании в обычных условиях в качестве экрана пластинок сильнопоглощающих стекол. Однако при замене находящейся в воздухе сильнопоглощающей пластинки ИКСЗ пластинками из Al, Fe относительная интенсивность света в дифракционных картинах от них остается практически прежней. В [3] экспериментально установлено значительное ослабление дифракции света при уменьшении толщины экрана из Al до $5,4 \cdot 10^{-2}$ мкм, свидетельствующее о ее полном исчезновении в условиях решения задачи Зоммерфельдом (бесконечно тонкий экран).

Индифферентность полученного Зоммерфельдом решения к перечисленным факторам становится понятной на основании приведенных в [4] результатов экспериментальных исследований, согласно которым край экрана не является единственным источником краевого света. Его основная часть образуется в области (зоне отклонения) над экраном, отклоняющей лучи от экрана и на экран приблизительно в равных количествах, независимо от того, является ли экран проводником или диэлектриком.

О ширине этой области дает представление зависимость

падает до значений, характеризуемых кривой 3, а ширина остается прежней.

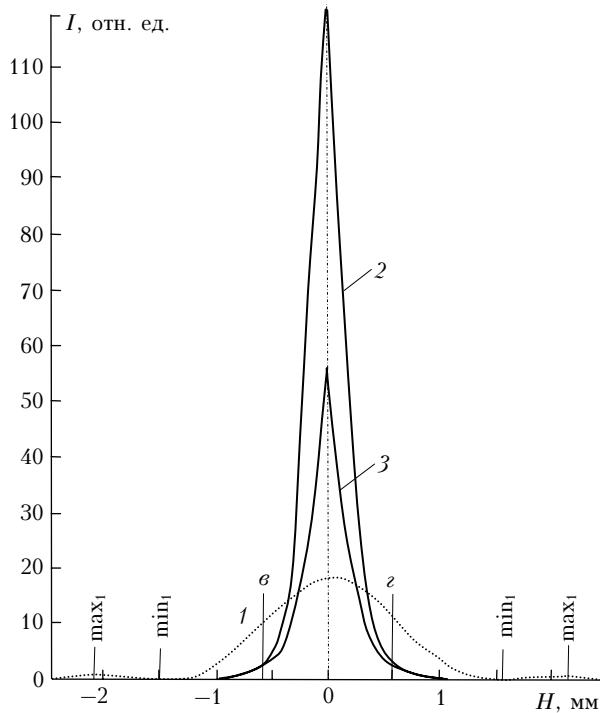


Рис. 2. Дифракционные картины от щели, образованной пластинками из стекла НС12 при нахождении ее в воздухе и диметилфталате (в открытом и закрытом состояниях, $n_{отн} = 1$)

При повышении температуры до 29 °С и уменьшении по этой причине показателя преломления диметилфталата вследствие появившегося преломления лучей на гранях *аб* происходит смещение преломленных пучков от оси щели практически до полного разделения их, характеризуемое кривой 4 на рис. 3.

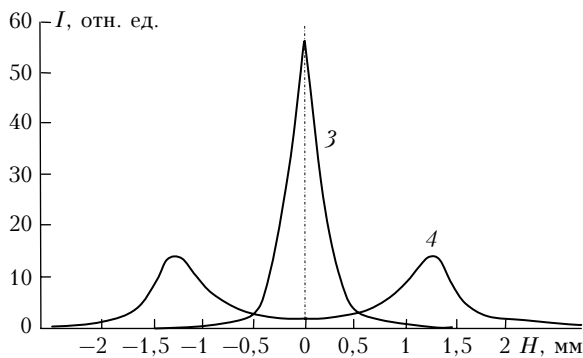


Рис. 3. Дифракционные картины от закрытой щели при $t_k = 21,4$ (3) и 29 °С (4)

Как видно из сравнения кривых 3 (заимствованной из рис. 2) и 4, преломленные пучки имеют приблизительно одинаковую ширину, равную ширине max_1 , соответствующего кривой 3, одинаковые I , в 4 раза меньше максимальной I , на кривой 3. Следовательно, при $n_{отн} = 1$ выходящие из пласти-

нок пучки интерферируют на оси щели без разности хода.

Разница $(S_2 - S_3)$ площадей, ограниченных кривыми 2, 3 и осью H в пределах $\vartheta - z$ (см. рис. 2), равна площади S_1 , заключенной между H и кривой 1, т.е. проходящий через щель после ее погружения в диметилфталат световой поток сохраняет прежнюю величину, свертывается до ширины ϑz , равной 1,25 мм и во много раз меньшей ширины дифракционной картины от щели, находящейся в воздухе. Это обстоятельство является наглядным свидетельством уменьшения эффективности отклонения лучей в зоне отклонения при $n_{отн} \rightarrow 1$ и особенно $n_{отн} = 1$.

В пределах $\vartheta - z$ отношение $(S_2 - S_3)/S_3 = 1,181$, а $(I_{2\text{max}} - I_{3\text{max}})/I_{3\text{max}} = (118 - 55) = 1,145$, что близко к 1,181. Исходя из этого, можно заключить, что $(I_{2\text{max}} - I_{3\text{max}})$ приблизительно равна максимальной интенсивности света $I_{4\text{max}}$, проходящего через щель, находящуюся в диметилфталате.

Следующее из этого равенство $I_{2\text{max}}$ сумме максимальных интенсивностей лучей, приходящих на ось пучка из пластинки и через щель, указывает на существование между ними разности хода $\Delta \approx 0,5\lambda/2$.

Вследствие сужения пучка $I_{4\text{max}}$ в $63/18,06 = 3,49$ раза больше аналогичной I , когда щель находится в воздухе.

После помещения щели в диметилфталат угловая полуширина выходящего из нее пучка

$$\gamma = \frac{\vartheta z}{2L} \cdot 57,3^\circ \cdot 60' = \frac{1,25 \cdot 3438'}{2 \cdot 109,5} = 19,6'$$

За ее пределами краевых лучей нет. Данный угол γ больше $\varepsilon = 15,9'$ — угла отклонения краевых лучей, приходящих в max_1 дифракционной картины от пластинки НС12 в [1], поэтому в ней max_1 еще наблюдается.

В случае падения на экран расходящегося пучка ε приходящих в max_1 краевых лучей при неизменном L увеличивается с уменьшением l — расстояния от линейного источника света до экрана, равного в [1] 14 мм, из-за увеличения расстояния от max_1 до границы тени [9]. Очевидно, что уменьшение l до значений, соответствующих $\varepsilon \rightarrow \gamma$, должно привести к полному исчезновению полос в дифракционной картине [1].

При замене падающего на пластинку НС12 расходящегося светового пучка параллельным пучком ($l = \infty$) и прежнем расстоянии от пластинки до плоскости сканирования дифракционной картины угол отклонения приходящих в max_1 краевых лучей уменьшился с $15,9'$ до $5,35'$. Вследствие роста интенсивности краевых лучей с уменьшением ε [8] это привело к увеличению относительной интенсивности света в max_1 с 1,072 до 1,224; в max_2 — с 1,039 до 1,177 и ее уменьшению в min_1 до 0,796 с 0,997. Однако несмотря на увеличение контрастности дифракционных полос, на углах $\varepsilon > \gamma$ они по-прежнему отсутствовали.

Значительное ослабление дифракции света на щели между пластинками сильнопоглощающего стекла НС12... 205

Выходящий вблизи ребер a световой пучок расширяется на 1,8–1,25 мм больше, чем пучок, проходящий через щель. Это свидетельствует о наличии зон отклонения по обе стороны границы раздела сред и отклонении лучей в них в одном направлении.

При нахождении экрана либо образующих щель экранов в жидкой среде в рассмотренных экспериментах отклонение световых лучей происходит в результирующей зоне, состоящей из перекрывающихся зон противоположно расположенных экрана и сопряженной среды и поэтому действующих на лучи в противоположных направлениях, обуславливая уменьшение их отклонения, усиливающееся, согласно вышеизложенному, с уменьшением различия в оптических плотностях сопряженных сред, т.е. при $n_{\text{отн}} \rightarrow 1$.

Рассмотренное в статье ослабление дифракции света, проходящего через щель при $n_{\text{отн}} = 1$, выражающееся в полном исчезновении боковых полос и многократном уменьшении угловой ширины светового пучка, не вписывается в рамки существующих теорий дифракции света и поэтому представляет наряду с работами [13–20] несомненный интерес для более глубокого познания причин явления и сущности света, а также практических целей.

1. Терентьев Ю.И. Ослабление дифракции света при близких к единице значениях относительного показателя преломления. Ч. II // Оптика атмосф. и океана. 2007. Т. 20. № 11. С. 959–965.
2. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1973. 719 с.
3. Терентьев Ю.И. Особенности дифракции света на экране с прямолинейным краем при малых значениях толщины, плотности вещества экрана // Оптика атмосф. и океана. 2003. Т. 16. № 4. С. 311–315.
4. Терентьев Ю.И. О причинах возникновения краевой волны, влиянии на нее поглощающей способности, толщины и формы дифрагирующего экрана // Оптика атмосф. и океана. 1995. Т. 8. № 4. С. 510–520.
5. Терентьев Ю.И. Характер зависимости углов дифракции лучей краевого света от расстояния между их первоначальными траекториями и прямолинейным краем тонкого экрана // Оптика атмосф. и океана. 1998. Т. 11. № 12. С. 1269–1273.
6. Терентьев Ю.И. Зависимость углов отклонения лучей краевого света от длины волны // Оптика атмосф. и океана. 2004. Т. 17. № 7. С. 540–542.
7. Терентьев Ю.И. О возможности изменения относительной интенсивности полос дифракционной картины света от экрана // Оптика атмосф. 1991. Т. 4. № 5. С. 462–467.
8. Терентьев Ю.И. К вопросу о дифракции света на плоском тонком экране с прямолинейным краем // Оптика атмосф. 1989. Т. 2. № 11. С. 1141–1146.
9. Терентьев Ю.И. Новые сведения о дифракции света на тонком экране с прямолинейным краем // Оптика атмосф. и океана. 1996. Т. 9. № 3. С. 314–323.
10. Терентьев Ю.И. Экспериментальное исследование дифракции света на тонком экране с прямолинейным краем // Оптика атмосф. и океана. 1999. Т. 12. № 5. С. 411–413.
11. Каталог цветного стекла «117». М.: Машиностроение, 1967. 61 с.
12. Фриш С.Э. Курс общей физики. М.: ГИТ–ТЛ, 1951. 796 с.
13. Терентьев Ю.И. Особенности рассеяния света в области края тонкого непрозрачного экрана. Ч. I // Оптика атмосф. и океана. 2000. Т. 13. № 12. С. 1093–1097.
14. Терентьев Ю.И. Особенности рассеяния света в области края тонкого непрозрачного экрана. Ч. II // Оптика атмосф. и океана. 2001. Т. 14. № 1. С. 9–11.
15. Терентьев Ю.И. Особенности рассеяния света в области края тонкого непрозрачного экрана. Ч. III // Оптика атмосф. и океана. 2003. Т. 16. № 1. С. 22–25.
16. Терентьев Ю.И. Количественное описание дифракционной картины света от щели на основе представлений Юнга // Оптика атмосф. 1990. Т. 3. № 9. С. 965–975.
17. Терентьев Ю.И. Характер зависимости интенсивности света на оси пучка от ширины ограничивающей его щели на основании представлений Юнга // Оптика атмосф. 1991. Т. 4. № 4. С. 353–363.
18. Терентьев Ю.И. О дифракции Френеля и Фраунгофера на щели // Оптика атмосф. и океана. 1997. Т. 10. № 8. С. 876–883.
19. Терентьев Ю.И. Характер распределения интенсивности света по ширине изображения щели, освещаемой плоской монохроматической волной, при формировании изображения ограниченным световым пучком. Ч. I // Оптика атмосф. и океана. 1999. Т. 12. № 8. С. 694–698.
20. Терентьев Ю.И. Характер распределения интенсивности света по ширине изображения щели, освещаемой плоской монохроматической волной, при формировании изображения ограниченным световым пучком. Ч. II // Оптика атмосф. и океана. 1999. Т. 12. № 12. С. 1105–1110.

Yu.I. Terent'ev. Significant attenuation of light diffraction at a slit between plates made of the strongly absorbing glass HC12 at the relative index of refraction equal to unit.

The attenuation of diffraction of light, passing through a slit between plates made of strongly absorbing glass HC12 is achieved when putting the slit into the medium with equal indices of refraction. The attenuation is characterized by a total disappearance of side diffraction bands, many-fold decrease of the diffraction pattern width, and 3.5 times increase of its maximal intensity.