

01; 07

© 1992

ПЭВ – МИКРОСКОПИЯ СРЕДНЕГО ИК ДИАПАЗОНА

А.К. Н и к и т и н, А.А. Т и ш е н к о

Новой областью применения поверхностных электромагнитных волн (ПЭВ) является оптическая микроскопия [1, 2]. Использование ПЭВ в оптической микроскопии позволяет повысить ее вертикальное разрешение до 0,3–0,1 нм [3, 4]. В известных работах ПЭВ – микроскопия применялась для исследования микронеоднородностей на свободной поверхности тонких металлических (Ag, Cu, Au) пленок [5–7] с возбуждением ПЭВ по схеме Кречманна [8]. Эта схема применима как в видимом, так и в ИК диапазоне, однако она не позволяет возбуждать ПЭВ на поверхности толстых (непрозрачных) пленок или массивных образцов. В схеме Отто [9] величина зазора h (рис. 1) между призмой НПВО и образцом составляет в среднем ИК диапазоне десятки микрометров, что позволяет выполнять ПЭВ–микроскопию по схеме Отто не повреждая поверхности образца. Кроме того, как показано в работе [10], изменение коэффициента отражения ΔR , обусловленное осаждением слоя адсорбата на поверхность массивного металлического образца, при возбуждении ПЭВ по схеме Отто превышает значения ΔR при возбуждении ПЭВ по схеме Кречманна.

В настоящей работе, на примере конкретной структуры, рассмотрены возможности ПЭВ–микроскопии с возбуждением ПЭВ среднего ИК диапазона по схеме Отто. Расчеты были выполнены для структуры, состоящей из призмы с показателем преломления $n_1=1.40$, воздушного зазора величиной h ($n_2=1.0$) и серебряного образца с комплексным показателем преломления $n_3=4.5+j 35.0$. Длину волны возбуждающего ПЭВ излучения полагали равной $\lambda=5.80$ мкм. В качестве исследуемой неоднородности была выбрана маска из CaF_2 с $n_3=1.40$ толщиной d (рис. 1).

Расчет зависимостей контраста изображения маски для амплитудной (K_A) и фазовой (K_Φ) ПЭВ–микроскопии от величины h при заданном d и от величины d при заданном h был выполнен по формулам, приведенным в работе [11].

На рис. 2 представлены расчетные зависимости $K_A(\theta)$ и $K_\Phi(\theta)$ для маски толщиной $d=10$ нм при различных величинах зазора h (где θ – угол падения излучения на основание призмы). Из рис. 2 видно, что как положительный, так и отрицательный контраст изображения маски максимален для обоих видов ПЭВ–микроскопии при $h=h_{opt}=25$ мкм (где h_{opt} – величина зазора, при которой эффективность преобразования объемной волны в ПЭВ близка к 100%). Заметим, что в случае амплитудной ПЭВ–микроскопии экстремумы контрастов изображения соответствуют экстремумам производной

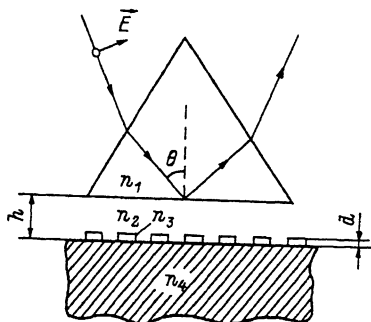


Рис. 1. Структура, использования при численном моделировании ПЭВ-микроскопии с возбуждением ПЭВ по схеме Отто.

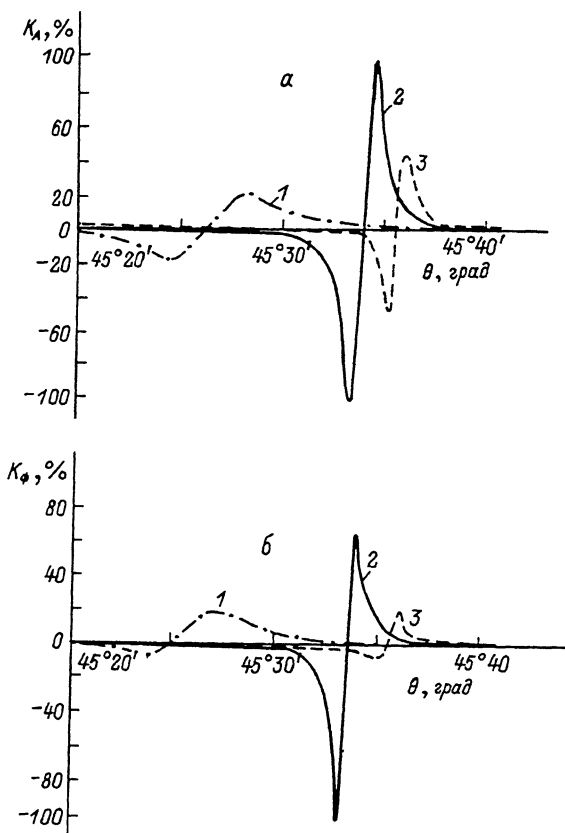


Рис. 2. Расчетные зависимости $K_A(\theta)$ и $K_\Phi(\theta)$ для маски из CaFe_2 толщиной $d=10$ нм при различных величинах зазора h : 1 - 15 мкм, 2 - 25 мкм, 3 - 35 мкм.

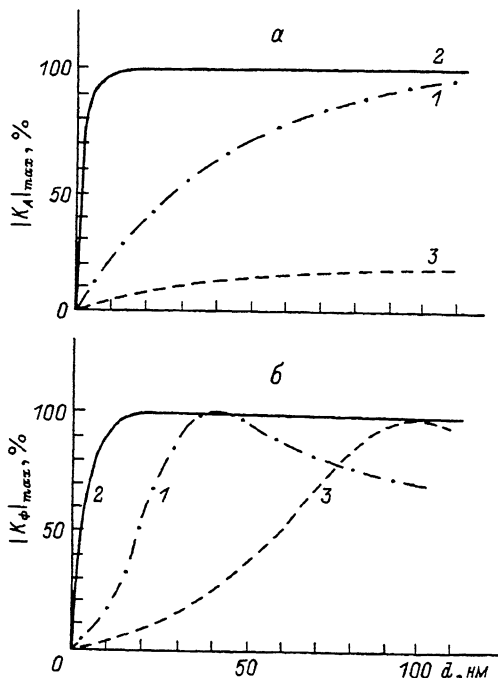


Рис. 3. Расчетные зависимости максимальных значений контраста $|K_A|_{max}$ и $|K_\phi|_{max}$ от толщины d маски из CaF_2 при различных величинах зазора h : 1 - 15 мкм, 2 - 25 мкм, 3 - 35 мкм.

$\partial R_p / \partial \theta$ (R_p - коэффициент отражения по мощности р-поляризованного излучения), а в случае фазовой ПЭВ-микроскопии - экстремумам производной $\partial \varphi / \partial \theta$ (где φ фаза отраженного р-поляризованного излучения).

На рис. 3 приведены расчетные зависимости максимально достижимых значений K_A и K_ϕ от толщины d маски из CaF_2 при различных величинах воздушного зазора h . Анализ зависимостей, представленных на рис. 3 показывает, что вопрос выбора метода (амплитудного или фазового) не является принципиальным (см. кривые 2 рис. 3, а, б). При неоптимальных h максимального контраста изображения неоднородностей можно добиться методом фазовой ПЭВ-микроскопии (см. кривые 1, 3 рис. 3, б).

Таким образом, как и в случае схемы Кречманна, амплитудная и фазовая ПЭВ-микроскопии, выполняемые по схеме Отто, взаимно дополняют друг друга.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Yeatman E.M., Ash E.A. // Electronics Lett. 1987. V. 23. No. 20. P. 1091-1092.
- [2] Rothenhauser B., Knoll W. // Nature. 1988. V. 332. No 6165. P. 615-617.
- [3] Nickel W., Knoll W. // Acta Metallurgica. 1989. V. 37. No. 8. P. 2141-2144.
- [4] Nickel W., Knoll W. // Thin Solid Films. 1990. V. 187. No. 2. P. 349-356.
- [5] Yeatman E.M., Ash E.A. // SPIE. 1988. V. 897. P. 100-107.
- [6] Rothenhauser B., Knoll W. // Appl. Phys. Lett. 1988. V. 52. No. 19. P. 1554-1556.
- [7] Okamoto T., Yamaguchi I. // Reza Kagaku Kenkyu. 1989. V. 11. P. 161-163.
- [8] Kretschmann E. // Z. Physik. 1971. V. 241. P. 313-324.
- [9] Otto A. // Z. Physik. 1968. V. 216. P. 398-410.
- [10] Ishino Y., Ishida H. // Surface Science. 1990. V. 230. No. 1/3. P. 299-310.
- [11] Никитин А.К., Тищенко А.А. // Письма в ЖТФ. 1991. Т. 17. В. 11. С. 76-79.

Поступило в Редакцию
31 июля 1992 г.