

06:07:12

## **Поведение интенсивности и фазы отраженного излучения в структуре на основе двуокиси ванадия с поверхностными плазмонами**

© В.Ф. Названов, Д.И. Коваленко

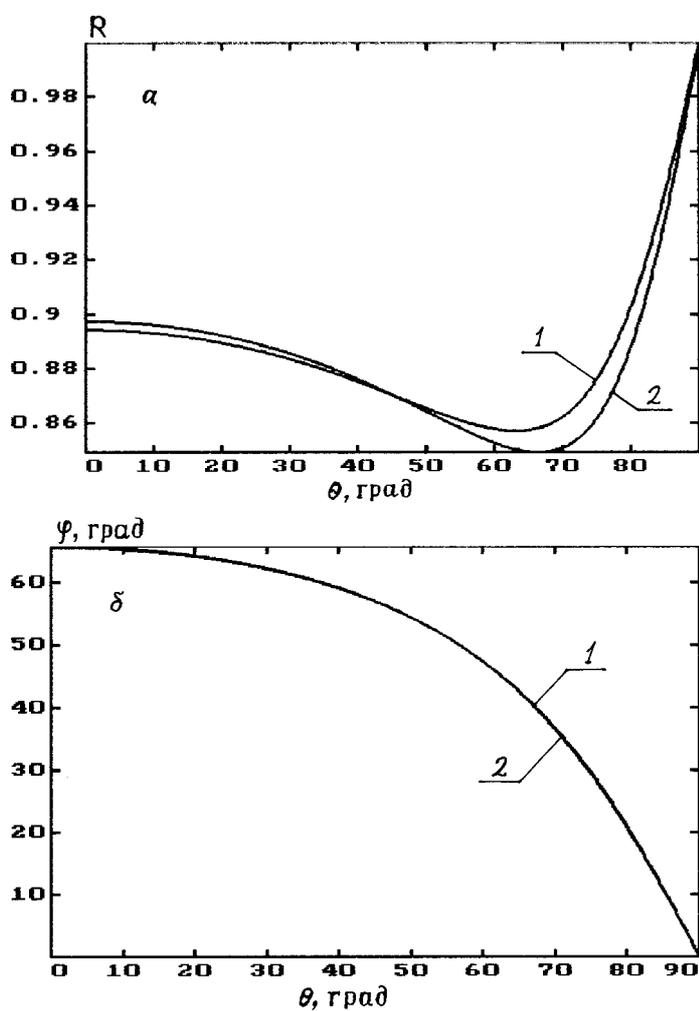
Саратовский государственный университет

Поступило в Редакцию 20 февраля 1997 г.

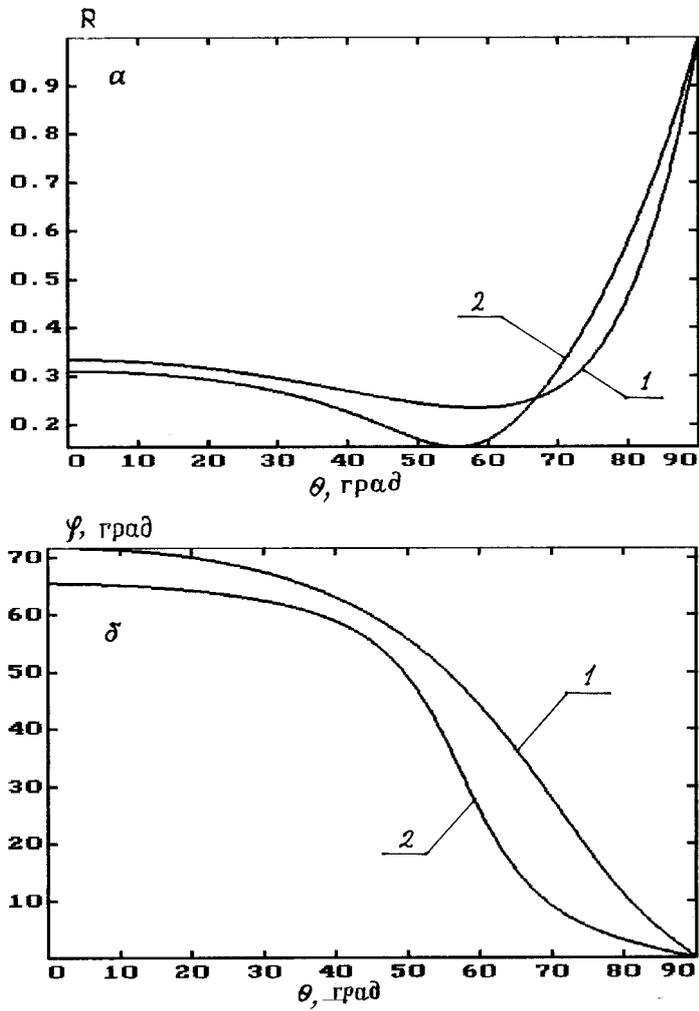
Сообщается о результатах теоретического расчета угловых зависимостей коэффициента отражения и фазы отраженного  $p$ -поляризованного излучения длин волн 6328 Å и 11 500 Å в слоистых структурах на основе двуокиси ванадия с поверхностными плазмонами. Приведены результаты расчета для двух фаз пленок двуокиси ванадия — полупроводниковой и металлической.

Двуокись ванадия  $VO_2$  обладает фазовым переходом 1-го рода полупроводник–металл при критической температуре около 68°C, сопровождающимися как перестройкой кристаллической структуры, так и изменением электрических и оптических свойств [1–3], что позволяет применять этот материал в электронике и оптоэлектронике. В частности, широкое применение в оптоэлектронике находят пленки  $VO_2$  для модуляции излучения видимого, инфракрасного и миллиметрового диапазонов, в устройствах типа ”глаз робота”, системах когерентной обработки информации, голографии и других устройствах [3–17]. В основе всех применений лежит не столько значение оптических постоянных пленок  $VO_2$ , сколько их изменения при фазовом переходе вблизи критической температуры, которая для пленок  $VO_2$  при соответствующей технологии может быть снижена вплоть до 47°C [11]. Полученные в работе [10] данные позволили авторам сделать вывод о том, что характер модуляции света, которую может осуществить пленка  $VO_2$ , на длине волны 6328 Å является преимущественно фазовым, а на длине волны 11 500 Å вклады амплитудной и фазовой составляющих становятся сравнимы.

В настоящей работе впервые приведены результаты теоретического расчета поведения амплитудного коэффициента отражения и фазы



**Рис. 1.** *a* — зависимость энергетического коэффициента отражения от угла падения излучения ( $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ ). Кривые построены при различных температурах: 1 — 20°C, 2 — 80°C; *б* — зависимость фазового сдвига между *p*- и *s*-компонентами отраженного излучения от угла падения излучения ( $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ ). Кривые построены при различных температурах: 1 — 20°C, 2 — 80°C.



**Рис. 2.** *a* — зависимость энергетического коэффициента отражения от угла падения излучения ( $\lambda = 11\,500 \text{ \AA}$ ). Кривые построены при различных температурах: 1 —  $20^\circ\text{C}$ , 2 —  $80^\circ\text{C}$ ; *b* — зависимость фазового сдвига между *p*- и *s*-компонентами отраженного излучения от угла падения излучения ( $\lambda = 11\,500 \text{ \AA}$ ). Кривые построены при различных температурах: 1 —  $20^\circ\text{C}$ , 2 —  $80^\circ\text{C}$ .

отраженного  $p$ -поляризованного излучения в слоистой структуре на основе окисно-ванадиевых пленок с поверхностными плазмонами схемы Кречмана [18] в зависимости от угла падения излучения для двух длин волн 6328 и 11 500 Å.

Как и в работе [19], для расчетов нами использовался матричный метод. Исследовались структуры стекло (призма)–слой золота–пленка  $\text{VO}_2$ . При расчете на длине волны 6328 Å коэффициенты преломления (диэлектрические постоянные) стекла и золота (толщиной 410 Å) принимались равными  $n = 1.52$  и  $\varepsilon = -12.4 + i \cdot 1.43$  соответственно. Оптические коэффициенты для пленок  $\text{VO}_2$  при указанных длинах волн нами были заимствованы из работы [10]. Толщина пленок  $\text{VO}_2$  в структурах нами принималась равной бесконечности.

Результаты расчета представлены на рис. 1 и 2. На рис. 1,  $a$  представлена зависимость амплитудного коэффициента отражения  $R$  излучения 6328 Å от угла падения  $\theta$  в структуре с пленкой  $\text{VO}_2$  при двух температурах: 20°C (полупроводниковая фаза  $\text{VO}_2$ ) и 80°C (металлическая фаза). На рис. 1,  $b$  изображены соответствующие результаты расчета фазы отраженного излучения при тех же параметрах. Из рис. 1,  $a$  и  $b$  можно видеть, что изменения  $R(\theta)$  оказываются большими в сравнении с фазовыми  $\varphi(\theta)$ .

На рис. 2,  $a$  и  $b$  представлены угловые зависимости амплитудного коэффициента отражения и фазы отраженного излучения на длине волны 11 500 Å при тех же температурах: 20 и 80°C. Как можно видеть из представленных на рис. 2 данных, при фазовом переходе  $\text{VO}_2$  наблюдается существенное изменение в кривых угловых зависимостей как  $R(\theta)$ , так и  $\varphi(\theta)$ , причем изменения  $R(\theta)$  и  $\varphi(\theta)$  сравнимы.

Таким образом, в настоящей работе впервые сообщается о результатах теоретического расчета угловых зависимостей амплитудного коэффициента отражения и фазы отраженного излучения двух длин волн 6328 и 11 500 Å в слоистых структурах с поверхностными плазмонами на основе пленок двуокиси ванадия двух фаз — полупроводниковой и металлической. Результаты расчета могут быть полезными при разработке модуляторов оптического излучения, температурных датчиков и других устройств на основе пленок  $\text{VO}_2$  с поверхностными плазмонами.

**Список литературы**

- [1] *Morin F.J.* // Phys. Rev. Lett. 1959. V. 3. P. 34–36.
- [2] *Goodenough J.B.* // J. Solid State Chem. 1971. V. 3. P. 490–500.
- [3] *Бугаев А.А., Захарченя Б.П., Чудновский Ф.А.* Фазовый переход металл–полупроводник и его применения. Л.: Наука, 1979. 183 с.
- [4] *Борисов Б.С., Корецкая С.Т., Мокеров В.Г., Раков А.В., Соловьева С.Г.* // ФТТ. 1970. Т. 12. С. 2209–2213.
- [5] *Чудновский Ф.А.* // ЖТФ. 1975. V. 45. С. 1561–1583.
- [6] *Гербиштейн Ю.М., Смирнова Т.В., Теруков Е.И., Чудновский Ф.А.* // ФТТ. 1976. Т. 18. № 2. С. 503–507.
- [7] *Гучукова М.Е., Ждан А.Г., Елинсон М.И.* // Микроэлектроника. 1976. Т. 5. С. 558–561.
- [8] *Bilenko D.I., Belobrovaja O.J., Zharkova E.A.* et al. // Sov. Phys. Solid. State. 1976. V. 18. P. 1153–1155.
- [9] *Береснева Л.А., Васильева Л.Л., Девятова С.Ф.* и др. // Письма в ЖТФ. 1977. Т. 3. С. 420–424.
- [10] *Гурьянов А.А., Хахаев И.А., Чудновский Ф.А.* // ЖТФ. 1991. Т. 61. В. 10. С. 76–81.
- [11] *Case F.C.* // J. Vac. Sci. Technol. F. 1987. V. 5. P. 1762–1765.
- [12] *Jiang S.-J.* et al. // Appl. Optics. 1991. V. 30. N 7. P. 847–857.
- [13] *Case F.C.* // Appl. Opt. 1991. V. 30. N 28. P. 4119–4124.
- [14] *Егоров Ф.А., Темиров Ю.Ш., Соколовский А.А.* и др. // Письма в ЖТФ. 1981. Т. 17. В. 22. С. 85–89.
- [15] *Jerominen H., Picard T., Vincent D.* // Opt. Eng. 1993. V. 32. N 9. P. 2092–2099.
- [16] *Lujan I.* // Proc. SPIE. 1987. V. 715. P. 82–84; 1988. V. 940. P. 160–170.
- [17] *Данилов О.Б., Коновалова О.П., Сидоров А.Н., Шаганов Н.Н.* // ПТЭ. 1995. № 4. С. 121–125.
- [18] *Kretchman E.* // Z. Physik. 1971. В. 241. S. 313–324.
- [19] *Названов В.Ф., Коваленко Д.И.* // Письма в ЖТФ. 1995. Т. 21. В. 14. С. 60–63.