

06.3; 07;11;12

© 1992

ЦВЕТ И ЦВЕТОВОЙ КОНТРАСТ ПЛЕНОК
НА ОСНОВЕ ОКИСЛОВ ВАНАДИЯВ.Н. Андреев, Г.А. Райхцаум*,
Ф.А. Чудновский

Резкое изменение электрических и оптических свойств при фазовом переходе металл-изолятор в окислах ванадия открывает широкие возможности для решения ряда технических задач. В частности, для записи, хранения и обработки оптической информации используются тонкопленочные окисно-ванадиевые структуры, обладающие термохронным эффектом [1]. Цвет таких структур определяется интерференционными эффектами, поэтому, меняя технологические режимы синтеза пленок, можно получить широкую гамму цветов. В этой связи становится актуальным выбор оптимального цвета пленки и получения максимального контраста при переходе из низкотемпературной фазы в высокотемпературную. Однако до сих пор выбор цвета и контраста окисно-ванадиевой пленки для конкретных устройств отражения оптической информации достаточно субъективен из-за сложности сравнения разных цветовых контрастов. Попытка описать контраст при изменении цвета в окисно-ванадиевом слое была предпринята в [2, 3]. В этой работе использовалась система XYZ , которая хорошо описывает цвет пленки, однако не дает адекватного представления о разности двух цветов. Это связано с нелинейностью цветового пространства в координатах XYZ . Поэтому измерение контраста на плоскости XYZ носит всего лишь иллюстративный, а не количественный характер.

В настоящее время не существует систем цветовых координат, в которых цветовое пространство было бы полностью однородно. Однако ряд систем можно считать достаточно однородными для решения практических задач. Это так называемые равноконтрастные системы. Они позволяют количественно определить разницу в цвете между двумя несамосветящимися поверхностями и сравнить разность цветов различных пар. В настоящей работе мы предлагаем использовать равноконтрастную систему $CIELAB$ для количественной оценки изменения цвета в окисно-ванадиевых слоях при фазовом переходе.

Восприятие цвета является результатом взаимодействия трех независимых факторов: освещения, объекта и наблюдателя. Чтобы описать цвет количественно наблюдатель и освещение должны быть стандартными. Международный комитет по освещению (CIE) в 1931 г. ввел систему XYZ , которая широко применяется для

*Сотрудник Leach & Garner Company, USA.

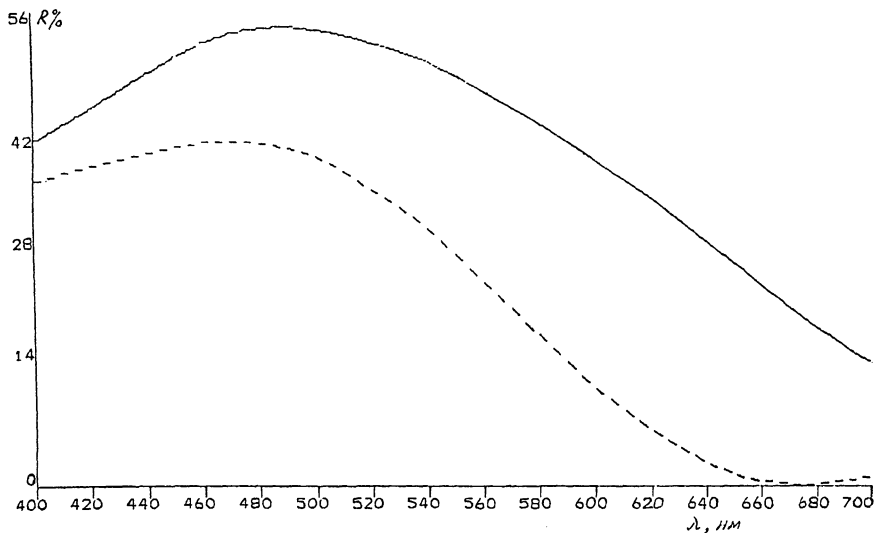


Рис. 1. Спектр отражения термохромной пленки на основе диоксида ванадия. Сплошная линия - $t = 20$ °C Пунктир $t = 90$ °C.

количественной оценки цвета [4]. Для адекватного описания цветового различия несколько цветов в 1976 г. была предложена унифицированная система *CIELAB* с цветовыми координатами L^* , a^* , b^* [5], где:

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16,$$

$$a^* = 500 [(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}],$$

$$b^* = 200 [(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}].$$

X, Y, Z - координаты цвета в системе XYZ ;
 X_n, Y_n, Z_n - значения координат цвета для стандартного источника света. Разница в цвете dE^* между двумя цветами с координатами L^{*I}, a^{*I}, b^{*I} , и $L^{*II}, a^{*II}, b^{*II}$ выражается следующим образом:

$$dE^* = [(L^{*II} - L^{*I})^2 + (a^{*II} - a^{*I})^2 + (b^{*II} - b^{*I})^2]^{1/2}.$$

Окисно-ванадиевые слои наносились методом вакуумного напыления металлического ванадия и последующим контролируемым окислением пленки в кислородной атмосфере. В зависимости от технологических режимов можно получать пленки в широком диапазоне цветов, так как ее цвет определяется интерференционными эффектами. При температуре 60-70 °C имеет место фазовый переход металл-

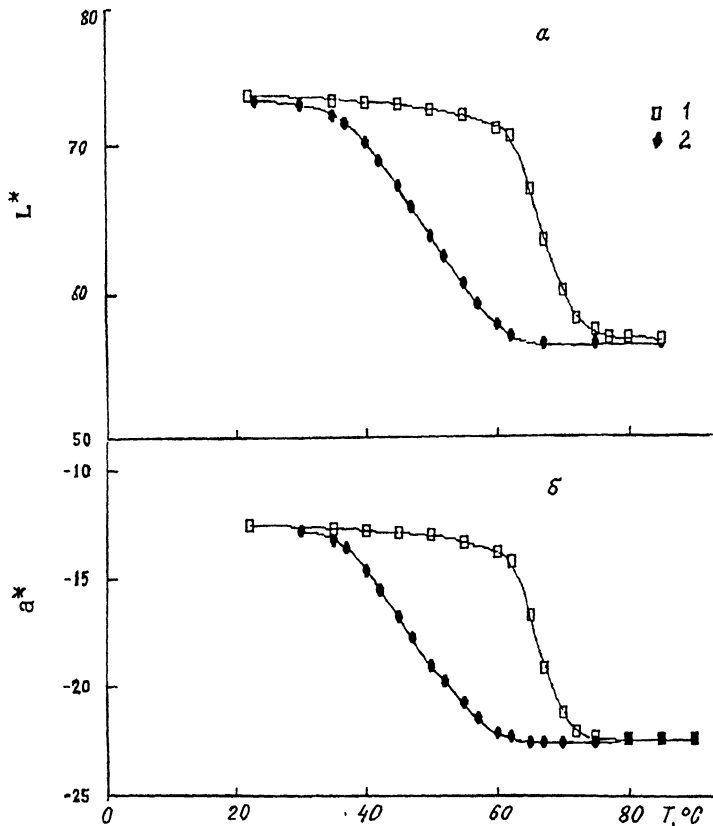


Рис. 2. Температурная зависимость цветовых координат L^* , a^* , b^* и изменение цвета пленки при нагреве по отношению к 20°C — dE^* .

изолятор, сопровождающийся изменением оптических констант материала, и, как следствие этого, происходит изменение цвета пленки.

Колориметрические измерения были проведены на спектрометре «Macbeth 1500 PLUS», с использованием стандартного источника «С» (6700 К). На рис. 1 представлены спектральные зависимости отражения окисно-ванадиевой пленки при комнатной температуре (20°C) и при температуре $t = 90^\circ\text{C}$. Рис. 2 показывает изменение цвета каждой из трех координат цвета L^* , a^* , b^* , а также изменение цвета dE^* при повышении и понижении температуры. При изменении технологических режимов синтеза пленок можно получить целую гамму различных цветов. Для каждой такой пленки можно построить зависимость изменения цвета от температуры (рис. 2, г) и, сравнивая разность цвета, полученную в различных пленках, выбрать наиболее контрастную. Однако при изме-

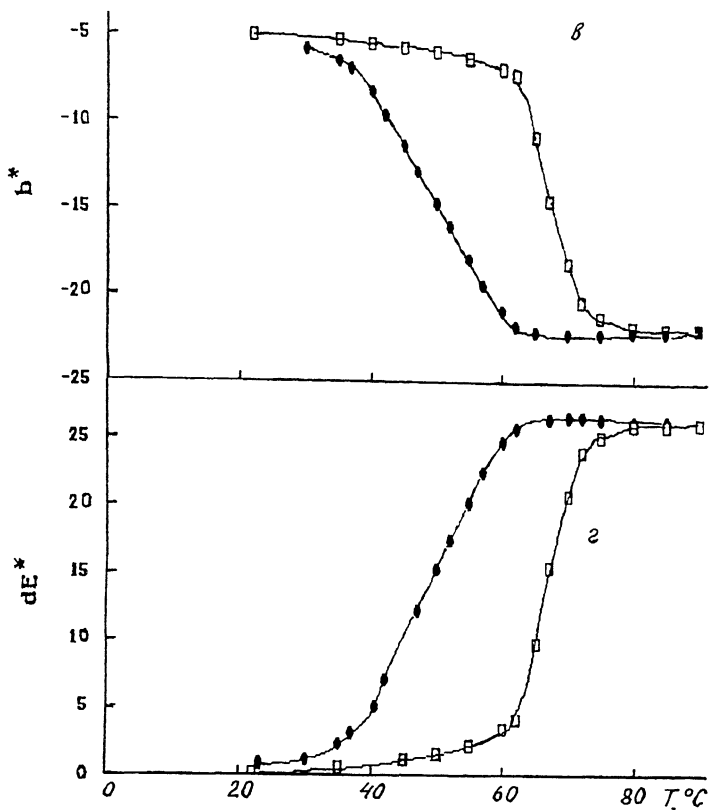


Рис. 2 (продолжение).

нении условий освещения цветовой контраст изменится. Теперь уже другая пленка даст максимальный контраст. Таким образом, анализируя кривые изменения цвета от температуры пленки, можно подобрать окисно-ванадиевый слой, оптимальный для заданных условий освещения в конкретном устройстве отображения оптической информации.

Определение цвета достаточно трудоемкая операция, требующая дорогостоящего оборудования. Вместе с тем, для ряда задач необходим экспрессный анализ цвета. В частности, при производстве сплавов цветных и благородных металлов цвет является важным параметром системы [6]. Точное определение цвета или его отклонение от эталона позволяет контролировать технологические режимы при производстве этих сплавов. На основе окислов ванадия можно создавать динамические эталоны цвета, в которых цвет эталона можно плавно менять в пределах изменения цвета пленки при фазовом переходе, тем самым улавливая тонкие градации цвета. Использование для этих целей пленок окислов ванадия оправдано и тем,

что эти пленки не деградируют во времени при многократных переходах через температуру фазового перехода, следовательно, эталоны цвета, созданные на их основе, практически вечны.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Б у г а е в А.А., З а х а р ч е н я Б.П., Ч у д н о в с к и й Ф.А. Фазовый переход металл-полупроводник и его применение. Л.: "Наука", 1979.
- [2] Г о л у б е в П.Г., С к и в к о Г.П., Л а н с к а я Т.Г., Т е р у к о в Е.И., Ч у д н о в с к и й Ф.А., Ш т е й н г о л ь ц З.И. // Письма в ЖТФ. 1975. Т. 1. В. 21. С. 961-964.
- [3] З а х а р ч е н я Б.П., Т е р у к о в Е.И., Ч у д н о в с к и й Ф.А., Ш т е й н г о л ь ц З.И. // ЖТФ. 1979. Т. 49. С. 1008-1012.
- [4] Л у и з о в А.В. Цвет и свет. Л.: Энергоатомиздат, 1989.
- [5] Д ж а д д Д., В ы ш е ц к и Г. Цвет в науке и технике. М.: Мир, 1978.
- [6] A g a r w a l D.P., R a y k h t s a u m G., T a n E.K. In "Precios Metals 1988"/Ed. by R.M. Nadkarni. P. 191-201.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
РАН, С.-Петербург

Поступило в Редакцию
31 марта 1992 г.