

ЦВЕТНОСТЬ TiN ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ВАКУУМНО-ДУГОВЫМ ОСАЖДЕНИЕМ

Рубаник^{1,2} В.В., Багрец¹ Д.А.

¹ Институт технической акустики НАН Беларуси, г. Витебск, Беларусь;
ita@vitebsk.by

² Витебский государственный технологический университет, г. Витебск, Беларусь

При вакуумно-дуговом осаждении толщина пленки, наряду с давлением реакционного газа (азота), является определяющим фактором, влияющим на декоративные свойства покрытий нитрида титана (TiN) – цветность, яркость, блеск и др. Известно, что тонкие пленки (≤ 200 нм) не обеспечивают стабильность цветового оттенка вследствие присутствия характерных для вакуумно-дугового метода структурных дефектов (прежде всего, сквозных пор), т.е. наблюдается подсвечивание подложки [1]. Верхний предел толщины TiN покрытия ограничен высоким уровнем сжимающих напряжений в пленке и, как следствие, недостаточной адгезионной прочностью по достижении критической толщины [2]. На практике для получения стабильных цветовых характеристик нитридных пленок время осаждения подбирают таким образом, чтобы толщина конденсата составляла $0,5 \div 2$ мкм.

В работе исследовались пленки TiN, полученные с помощью вакуумно-дугового осаждения на подложки из нержавеющей стали X18H10T. Время напыления составляло 15, 30 и 45 мин. Декоративные свойства исследовали с помощью колориметра “Спектротон”. Для каждого образца выполняли по пять измерений для статистической обработки полученных данных. Методика определения цветовых характеристик в системах XYZ и Lab и их сравнительного анализа изложена в [3]. В качестве образца сравнения использовали диск из золотого сплава ЗлСрМ 900-40, используемого в ортопедической стоматологии.

На рис. 1 представлен цветовой график в системе координат xy для образцов с TiN покрытиями и образца сравнения. Диапазон длин волн, соответствующих цветовому тону исследуемых образцов, составляет $577 \div 580$ нм и принадлежит желто-оранжевому участку спектра.

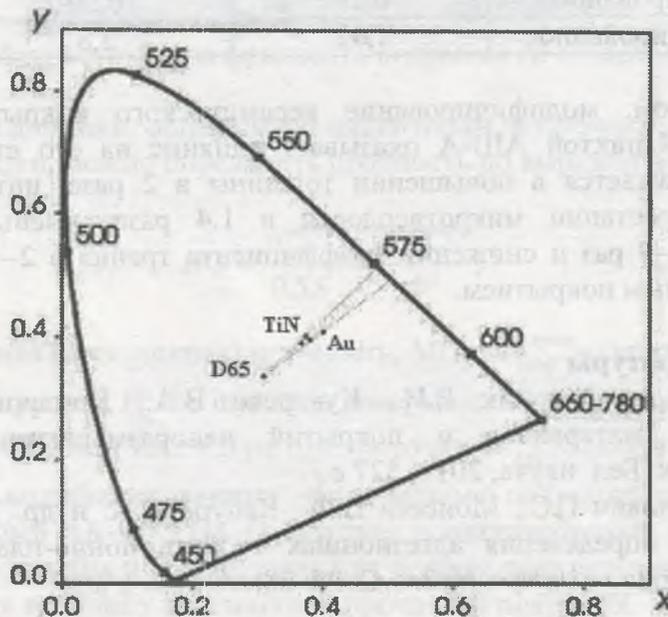


Рисунок 1 – Цветовой график для образцов с TiN покрытиями и образца сравнения (Au) при выбранном источнике света D65.

С ростом толщины TiN пленки отмечено незначительное увеличение насыщенности цвета p . Для образца, осажденного в течение 15 мин, насыщенность составила 31,2 %, а для образцов, осажденных в течение 30 и 45 мин, значение p равнялось 36 %.

Система XYZ удобна для колориметрических расчетов, но ее масштаб не согласован с величиной порога цветоразличения [4]. Этот недостаток устранен в равноконтрастной системе Lab. Разнооттеночность двух сравниваемых образцов определяется по формуле:

$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}, \quad 1)$$

где L – яркость (для черного цвета $L = 0$, для белого $L = 100$); a – красная окраска при положительном значении, зеленая – при отрицательном; b – желтая окраска при положительном значении, голубая – при отрицательном.

Однако, как отмечалось в [3], величина ΔE характеризует цветовое различие двух сравниваемых цветов как в количественном (координата L), так и качественном выражении (координаты a , b) и определяет расстояние между двумя точками в трехмерном пространстве Lab. Поэтому для сравнительной оценки цветности двух образцов целесообразно воспользоваться формулой (2), выражающей цветовое различие по тону ΔT :

$$\Delta T = \sqrt{(\Delta E)^2 - (\Delta L)^2 - (\Delta P)^2}, \quad 2)$$

где ΔL – цветовое различие по светлоте, ΔP – цветовое различие по насыщенности.

Из рассчитанных по формулам (1), (2) характеристик (табл. 1) видно, что наименьшее различие по цветовому тону наблюдается у образца толщиной 1,5 мкм.

Таблица 1 – Цветовое различие образцов с TiN покрытиями различной толщины и образца-эталоны.

| Характеристики образцов с покрытиями | Образцы с TiN покрытиями, осажденными в течение времени, мин | | |
|---------------------------------------|--|------|------|
| | 15 | 30 | 45 |
| Толщина пленки, мкм | 0,8 | 1,5 | 2,2 |
| Разнооттеночность, ΔE | 17,6 | 16,3 | 10,2 |
| Цветовое различие по тону, ΔT | 5,1 | 1,6 | 5,4 |

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что оптимальным временем осаждения TiN покрытий на подложки из нержавеющей стали с точки зрения приближения к цветности золотого сплава для зубопротезирования является $t=30$ мин.

Список литературы

1. Барбашина Ю.А., Соколова М.Л. Палитра цветов вакуумно-плазменных декоративных покрытий на основе титана, применяемых для художественных изделий, изготовленных из томпака и нейзильбера // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – Курск.- 2008.- № 6. - С. 84-90.
2. Белый А. В. Структура и методы формирования износостойких поверхностных слоев / А.В. Белый, Г.Д. Карпенко, Н.К. Мышкин. – М.: Машиностроение, 1991. – 320 с.
3. Клубович В.В., Рубаник В.В., Багрец Д.А. Декоративные свойства TiN покрытий после отжига на воздухе // Вести НАН Беларуси, серия физико-технических наук. – 2012. - № 4. - С. 5-8.
4. Агостон Ж. Теория цвета и ее применение в искусстве и дизайне / Перевод с англ. И. В. Пеневой. – М.: Мир, 1982. – 181 с.