Инновационный подход в исследовании оптических свойств косметических средств посредством цифровой интерферометрии

Майоров Евгений Евгеньевич
канд. техн. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), majorov_ee@mail.ru,

Гулиев Рамиз Балахан оглы
канд. техн. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), ramiz63@yandex.ru,

Дагаев Александр Владимирович
канд. техн. наук, доцент, Ивангородский гуманитарно-технический институт (филиал) Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, adagaev@list.ru,

Бородянский Юрий Михайлович
канд. техн. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, borodyanskyum@gmail.com,

Таюрская Ирина Соломоновна
канд. экон. наук, доцент, Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, tis_ivesep@mail.ru

В работе проведено исследование гигиенических косметических средств и их влияние на подповерхностные кожные слои человека in vivo низкокогерентной томографической установкой. Низкокогерентные томографические технические средства просты в эксплуатации, малогабаритны, полностью удовлетворяют требованиям дерматологии, имеют хорошую автоматизацию, высокую погрешность и широкий диапазон измерений. Актуальность работы заключается в исследовании представленных современных гигиенических средств, а также их влияние на подкожные слои человека in vivo экспериментальной оптико-электронной томографической установкой. В работе представлены зависимости коэффициента отражения от глубины кожного покрова, а также показано влияния гигиенических косметических средств на подкожные слои человека in vivo разных производителей.

Ключевые слова: гигиеническое косметическое средство, низкокогерентная томографическая установка, коэффициент отражения, подповерхностные слои, кожный покров, источник белого света, диафрагмы.

Введение

В настоящее время в косметологии большое внимание уделяется качеству гигиенических косметических средствам [1]. Современные гигиенические косметические средства охватывают широкую область применения, в частности, на кожном покрове человека in vivo [2]. Получение достоверных и информативных данных о взаимодействии этих средств с подповерхностными слоями кожного покрова человека всегда являлось актуальной задачей для дерматологии [3, 4].

В зарубежной и в отечественной практиках оптические и оптико-электронные приборы и комплексы вышли на новый уровень в исследовании внешних агентов в подповерхностных слоях кожи человека in vivo, так как они имеют широкий диапазон измерений, высокую чувствительность и точность [5-7].

В оптико-электронные томографические приборы стали внедрять источники белого света, которые превосходят по оптическим характеристикам своих конкурентов – суперлюминисцентные диоды в несколько раз. Например, длина когерентности источников белого света находится в диапазоне от 1 мкм до 3 мкм, а у суперлюминисцентных в пределах от 30 мкм до 100 мкм, что влияет на точность измерений [8, 9]. Низкокогерентные томографические технические средства просты в эксплуатации, имеют хорошую автоматизацию, малогабаритны и полностью удовлетворяют требованиям дерматологии.

С появлением на рынке современных косметологических средств с измененным химическим составом при контроле данных агентов у некоторых действующих томографических приборов и систем исследователи стали выявлять увеличение погрешности измерений. Дело в том, что чем меньше длина когерентности (l_c) тем точнее можно проводить измерения исследуемых объектов или сред. В связи с этим несмотря на определенные успехи существующих оптико-электронных томографических приборов теоретический анализ и изучение их функциональных возможностей при контроле оптически мутных объектов (биологические объекты) становится актуальным [10].

Поэтому представляет интерес исследование представленных современных гигиенических средств, а также их влияние на подкожные слои человека in vivo экспериментальной оптико-электронной томографической установкой.

Целью работы явилось исследование зарубежных и отечественных косметологических препаратов за уходом лица человека in vivo экспериментальной низкокогерентной томографической установкой.

Постановка задачи

Важным для потребителей гигиенических косметологических средств является вопрос о конечном результате после взаимодействия кожи и внешнего агента. Поэтому необходимо измерить оптические параметры каждого исследуемого объекта на глубине его проникновения в подповерхностные слои.

Материалы и метод исследования

Материалом исследования были гелеобразные средства для кожи лица российского и импортных образцов. Образцы исследования: «Halsa cosmetics», (Serum, Россия); «SKIN NATURAL Aloe Vera Gel», (Klapp, Германия); «SALON DE DIAZ Pure AXT Luxury Essence», (SALON DE DIAZ, Япония).

«SKIN NATURAL Aloe Vera Gel» – высококонцентрированный гель с экстрактом алоэ вера, увлажняет чувствительную сухую кожу, стимулирует синтез коллагена, предотвращает преждевременное старение, укрепляет структуру кожи, придает эластичность.

«SALON DE DIAZ Pure AXT Luxury Essence» – деликатная сыворотка снижает пигментацию, уменьшает сетку мелких морщин, придает коже свежесть и сияние, блокирует ущерб от ультрафиолета. Подходит для любого типа кожи и возраста, особенно рекомендуется для ухода за кожей в период активного солнца, при склонности к пигментации, сухости и тусклости кожи, для уменьшения вредного воздействия окружающей среды и последствий вредных привычек. Образцы были предоставлены одной из косметологических компанией г. Санкт-Петербурга.

«Halsa cosmetics» – эта натуральная сыворотка с ретинолом, ниацинамидом и витаминами восстанавливает, увлажняет и омолаживает кожу, борется с морщинами и пигментацией.

Измерения отражательной способности от подповерхностных слоёв проводились на экспериментальной низкокогерентной томографической установке оптическая схема, которой представлена на рис. 1.

В данной установке реализован метод анализа фокусировки отраженного излучения [11].

Многие производители оптических и оптико-электронных приборов и систем при конструировании томографов применяют такие методы как метод анализа расходимости световых лучей, метод анализа фокусировки отраженного излучения, триангуляционный метод и т.д. для получения информации о распределении жидкофазных сред по глубине в биологическом материале.

Итак, на определенную глубину биологического объекта, на который нанесено гигиеническое косметологическое средство, фокусируется световое пятно посредством фокусирующей линзы О. Источник излучения – светодиод белого света с чувствительностью измерений 1мкм и лазерный диод λ = 674 нм чувствительность измерения которого равна 90 мкм.

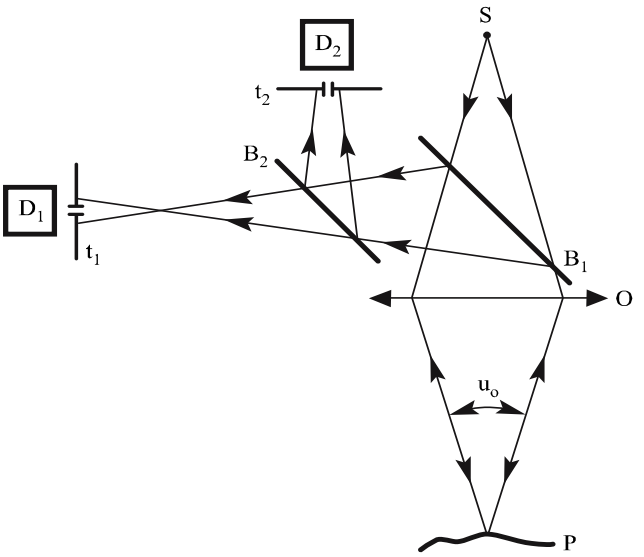


Рис. 1 Оптическая схема установки: S – источник излучения; O –линза; P – объект; t_1, t_2 – диафрагмы; B_1, B_2 – полупрозрачные пластины; D_1, D_2 – фотодиоды

Экспериментальные результаты

На рисунке 2 представлены экспериментальные результаты исследования распределения амплитуды отраженного сигнала по глубине.

При томографических исследованиях был обеспечен независимый контроль измерений зондирующего участка от возможных смещений во время измерений. В эксперименте исследовался участок кожного покрова в области глаз, где роговой слой кожи наиболее тонкий равный 5 мм х 5мм. Измерения проводились поточечно с частотой 110 Гц по нормали к контролируемому участку.

Участок закрывали прозрачной пленкой, которая служила в качестве базовой поверхности и измеряли зазор между поверхностью пленки и внешним агентом в подповерхностных слоях. Экспериментальной низкокогерентной томографической установкой измерялась амплитуда сигнала пропорциональная коэффициенту отражения нерассеянной компоненты от оптически мутной среды, положение которой определялось равенством длин ветвей интерферометра.

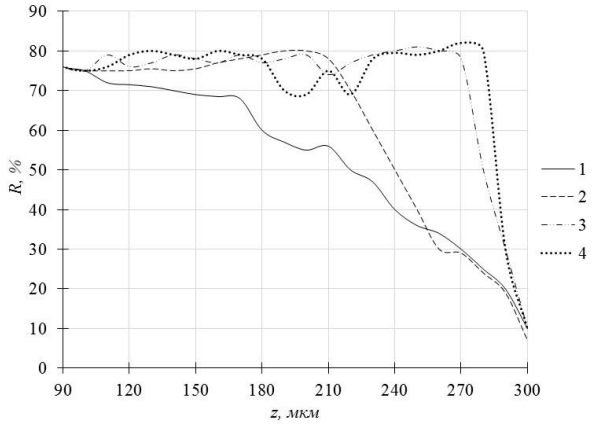


Рис. 2 Эксперимент: 1 – при отсутствии внешнего агента; 2 – при наличии «Halsa cosmetics»; 3 – при наличии «SKIN NATURAL Aloe Vera Gel»; 4 – при наличии «SALON DE DIAZ Pure AXT Luxury Essence»

В работе изучались изменения оптических параметров подповерхностных слоев кожи в динамике под воздействием гигиенических косметологических средств. Экспериментальные результаты измерений представлены на рисунке 3.

В работе изучались изменения оптических параметров подповерхностных слоев кожи в динамике под воздействием гигиенических косметических средств. Экспериментальные результаты измерений показаны на рисунке 3. Гигиенические косметические средства наносились на поверхность кожного покрова после чего проводили измерения через 1 час, 2 часа, 5 часов и 8 часов. Приведённые зависимости получены в результате усреднения данных в 8000 точках контролируемого участка. С помощью программы Interferometer результаты измерений были выведены в графической форме на мониторе компьютера.

Из графических зависимостей видно, что «Halsa cosmetics» проникал на глубину 200 мкм, «SKIN NATURAL Aloe Vera Gel» – 250 мкм, «SALON DE DIAZ Pure AXT Luxury Essence» – 270 мкм через 1 час. Через 8 часов после нанесения внешнего агента кожный покров возвращался в исходное состояние. Данные эксперимента дают возможность получить информацию о скорости проникновения и времени релаксации контролируемых средств. Анализируя отечественную продукцию с зарубежной, можно сделать следующий вывод: все исследуемые среды проникают практически на одну и туже глубину, находятся в подповерхностных слоях в тех же временных промежутках и перестают действовать после 8 часов, что подтверждается зависимостями коэффициента отражения от глубины проникновения на рисунке 3.

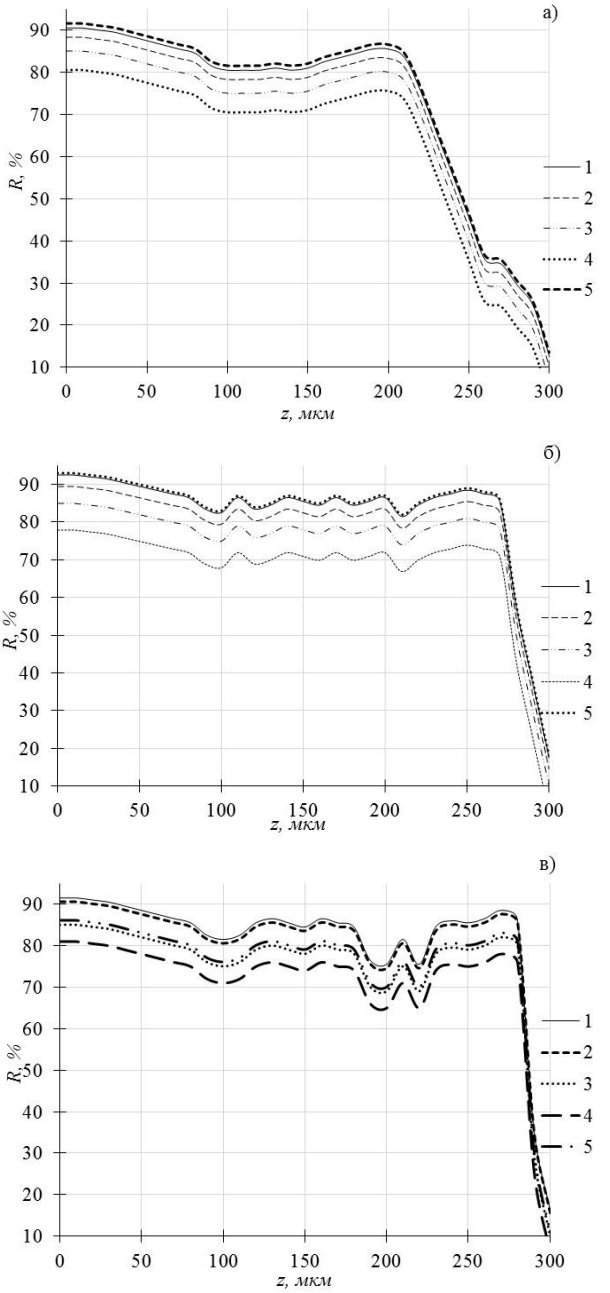


Рис. 3 Изучение влияния гигиенических косметических средств на подкожные слои человека in vivo: а) «Halsa cosmetics»: 1 – кожный покров в первоначальном состоянии, 2 – через 1 час, 3 – через 2 часа, 4 – через 5 часов, 5 – через 8 часов; б) «SKIN NATURAL Aloe Vera Gel»: 1 – кожный покров в первоначальном состоянии, 2 – через 1 час, 3 – через 2 часа, 4 – через 5 часов, 5 – через 8 часов; в) «SALON DE DIAZ Pure AXT Luxury Essence»: 1 – кожный покров в первоначальном состоянии, 2 – через 1 час, 3 – через 2 часа, 4 – через 5 часов, 5 – через 8 часов.

А это означает, что отечественная продукция не хуже зарубежной, так как оптические параметры материалов друг от друга сильно не отличаются.

Заключение

В работе приведены экспериментальные результаты исследования распределения амплитуды отраженного сигнала при наличии в подповерхностных слоях кожи человека in vivo гигиенических косметических средств. Дана информация о том, как изменяются оптические параметры подповерхностных слоев кожи в динамике под воздействием гигиенических косметических средств, а

также о скорости проникновения и времени релаксации контролируемых средств.

Литература

1. Вилкова С.А. Товароведение и экспертиза парфюмерно-косметических товаров. – М.: Дет. лит., 2000. 279 с.
2. Вилкова С.А., Свекольникова О.Ю. Оценка качества и конкурентоспособности косметических товаров. – М.: Бизнес книга. 2016. 407 с.
3. Безуглый А.П., Жукова О.В., Петунина В.В. Современная диагностика кожи и доказательная косметология // Клиническая дерматология и венерология. 2010. № 8(5). С. 110-112.
4. Миринова Л.Г. Медицинская косметология. – М.: КРОН-ПРЕСС. 2000. 250 с.
5. Резайкин А.В., Кубанова А.А., Резайкина А.В. Неинвазивные методы исследования кожи // Вестник дерматологии и венерологии. 2009. № 6. С. 28-32.
6. Балбашев А. Возможности оптической топометрии кожи и 3D-моделирования в дерматокосметологии и эстетической медицине // Косметика & медицина. 2008. № 4. С. 54-59.
7. Громов О.В., Майоров Е.Е., Черняк Т.А., Удахина С.В., Писарева Е.А., Константинова А.А Измерения оптических свойств кожного покрова in vivo под воздействием современных увлажняющих средств // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 3 (105). С. 38-43.
8. Майоров Е.Е., Арефьев А.В., Курлов В.В., Пушкина В.П., Бородянский Ю.М., Таюрская И.С. Экспериментальное исследование косметических масел низкокогерентным интерференционным радаром // Известия тульского государственного университета. Технические науки. 2023. Вып. 7. С. 585-590.
9. Hausler G., Lindner M.W. Coherence radar and spectral radar – new tools for dermatological diagnosis // Journal of Biomedical Optics. 1998. Vol.3. №1. P. 21-31.
10. Gurov I.P., Gang L. Automatic inspection of non-smoth surface displacements by interferometer with low-coherent illumination // Proceedings of SPIE. 1996. Vol. 2899. P. 230-239.
11. Georg N., Fain A. Speckle reduction using multiple tones of illumination // Applied Optics. 1973. Vol.12. P.1202-1212.

An innovative approach to studying the optical properties of cosmetic products using digital interferometry

Maiorov E.E., Guliyev R.B.O., Dagaev A.V., Borodyansky Yu.M., Tayurskaya I.S.

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

Saint-Petersburg state university of aerospace instrumentation (GUAP), Ivangorodskii Humanitarian-Technical Institute (branch of) State educational institution for higher professional education «Saint-Petersburg University of Aerospace Instrumentation», The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications, Saint-Petersburg University of management technologies and Economics

The study examined hygienic cosmetic products and their effect on the subsurface layers of human skin in vivo using a low-coherence tomographic system. Low-coherence tomographic technical devices are easy to operate, compact, fully meet dermatological requirements, have good automation, high accuracy, and a wide measurement range. The relevance of the work lies in the study of modern hygienic products and their effect on the subcutaneous layers of the human body in vivo using an experimental optoelectronic tomographic system. The paper presents the dependence of the reflection coefficient on the depth of the skin surface and also demonstrates the effect of hygiene cosmetic products from different manufacturers on the subcutaneous layers of the human body in vivo.

Keywords: hygienic cosmetic product, low-coherence tomographic system, reflectance coefficient, subsurface layers, skin surface, white light source, diaphragms.

References

1. Vilkova S.A. Commodity Science and Expertise of Perfume and Cosmetic Products. – Moscow: Det. Lit., 2000. 279 p.
2. Vilkova S.A., Svekolnikova O.Yu. Assessment of the Quality and Competitiveness of Cosmetic Products. – Moscow: Business Book. 2016. 407 p.
3. Bezugly A.P., Zhukova O.V., Petunina V.V. Modern skin diagnostics and evidence-based cosmetology // Clinical Dermatology and Venereology. 2010. No.8(5). Pp.110–112.
4. Mirinova L.G. Medical Cosmetology. – Moscow: KRON-PRESS. 2000. 250 p.
5. Rezaykin A.V., Kubanova A.A., Rezaykina A.V. Non-invasive methods of skin examination // Vestnik dermatologii i venerologii. 2009. No.6. Pp.28–32.
6. Balbashev A. The possibilities of optical skin topometry and 3D modeling in dermatocosmetology and aesthetic medicine // Cosmetics and Medicine. 2008. No. 4. Pp. 54–59.
7. Gromov O.V., Maiorov E.E., Chernyak T.A., Udahina S.V., Pisareva E.A., Konstantinova A.A. Measurements of the optical properties of the skin in vivo under the influence of modern moisturizing agents // International Research Journal. 2021. No. 3 (105). Pp. 38-43.
8. Maiorov E.E., Arefyev A.V., Kurlov V.V., Pushkina V.P., Borodyansky Yu.M., Tayurskaya I.S. Experimental study of cosmetic oils using low-coherence interference radar // Izvestiya of Tula State University. Technical Sciences. 2023. Issue 7. Pp. 585–590.
9. Hausler G., Lindner M.W. Coherence radar and spectral radar – new tools for dermatological diagnosis // Journal of Biomedical Optics. 1998. Vol.3. №1. P. 21-31.
10. Gurov I.P., Gang L. Automatic inspection of non-smoth surface displacements by interferometer with low-coherent illumination // Proceedings of SPIE. 1996. Vol. 2899. P. 230-239.
11. Georg N., Fain A. Speckle reduction using multiple tones of illumination // Applied Optics. 1973. Vol.12. P.1202-1212.