

ОТЗЫВ

доктора технических наук Игнатъева Олега Валентиновича
на диссертацию Васильева Александра Сергеевича
Метрологическое обеспечение измерений поверхностной плотности и массовой доли элементов в многослойных и многокомпонентных металлических покрытиях с применением метода рентгенофлуоресцентного анализа», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности:
«Метрология и метрологическое обеспечение»

На основании анализа диссертации и автореферата диссертации Васильева А.С. сделаны следующие выводы и заключения.

Значимость полученных автором диссертации результатов

Диссертационная работа Васильева Александра Сергеевича направлена на развитие и совершенствование метрологического обеспечения измерений поверхностной плотности и массовой доли элементов в многослойных и многокомпонентных металлических покрытиях.

Теоретическая значимость работы состоит в разработке 2-х физико-математических моделей, основанных на применении государственного первичного эталона единиц поверхностной плотности и массовой доли элементов ГЭТ 168-2015, реализующего рентгенофлуоресцентный метод анализа (РФА):

-модели измерений поверхностной плотности многослойных однокомпонентных металлических покрытий для учёта влияния ослабления интенсивности рентгенофлуоресцентного излучения верхними слоями покрытия;
модели измерений массовой доли элементов и поверхностной плотности однослойных многокомпонентных металлических покрытий с учетом коэффициентов чувствительности каждого элемента.

На основе результатов исследования моделей разработана методика измерения поверхностной плотности и массовой доли элементов покрытий методом РФА, которая обеспечивает измерение поверхностной плотности покрытия в диапазоне $(0,1-60) \text{ г/м}^2$ с относительной расширенной неопределенностью $(2,5-5,0) \%$ для многослойных однокомпонентных покрытий и измерение массовой доли элементов в покрытии в диапазоне $(1-100) \%$ с относительной расширенной неопределенностью $(5-15) \%$ и поверхностной плотности покрытия в диапазоне $(0,1-300) \text{ г/м}^2$ с относительной расширенной неопределенностью $(2,5-5,0) \%$ для однослойных многокомпонентных покрытий.

Практическая значимость работы состоит в разработке с применением разработанной методики измерений и внедрении 22 новых типов стандартных образцов (СО), включая: 17 типов стандартных образцов поверхностной плотности двухслойных однокомпонентных покрытий, обеспечивающих передачу единицы поверхностной плотности покрытия в диапазоне $(7 - 180) \text{ г/м}^2$ с относительной погрешностью $\pm 2,5 \%$ для верхнего слоя и $\pm 5,0 \%$ для нижнего слоя;

5 типов стандартных образцов поверхностной плотности и массовой доли элементов для однослойных многокомпонентных покрытий, обеспечивающих передачу единицы массовой доли элементов в покрытиях в диапазоне $(1-100) \%$ с относительной погрешностью $\pm (3-9) \%$ и единицы поверхностной плотности покрытия в диапазоне $(0,76-147) \text{ г/м}^2$ с относительной погрешностью $\pm 2,5 \%$.



В настоящее время в научно-исследовательские институты, испытательные лаборатории, предприятия электротехнической промышленности поставлено 29 экземпляров стандартных образцов утвержденных типов: ГСО 11156 - 2018/ГСО 11159-2018; ГСО 11650-2020; ГСО 11651-2020; ГСО 11653-2020; ГСО 11655-2020; ГСО 11657- 2020.

Новизна полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Актуальность и новизна избранной диссертантом темы не вызывает сомнений. Постановка темы обусловлена нарастающей востребованностью в стандартных образцах, предназначенных для воспроизведения и передачи единиц поверхностной плотности и массовой доли элементов в многослойных и многокомпонентных металлических покрытиях рентгенофлуоресцентным измерителям параметров покрытий.

На основе проведенных исследований актуализирована государственная поверочная схема для средств измерений поверхностной плотности и массовой доли элементов в покрытиях, в которую включена ветвь, предназначенная для метрологического обеспечения измерений метрологических характеристик многослойных и многокомпонентных металлических покрытий с применением современных измерителей, основанных на методе РФА.

Достоверность научных результатов, полученных в диссертационной работе, подтверждена положительными результатами сличений Государственного первичного эталона ГЭТ 168-2015 с эталонами других государств в рамках международных пилотных сличений по молярной доле платины в покрытии платина-никель на кремнии и дополнительных сличениях по толщине никелевого покрытия на стали.

Положения, выносимые на защиту, соответствуют основным научным результатам, полученным в ходе диссертационной работы. Не вызывает сомнений новизна полученных результатов, теоретическая и практическая значимость работы, личный вклад автора, апробация работы и её представление в публикациях.

Представленные в работе исследования достоверны, выводы и рекомендации обоснованы.

Общие замечания

По диссертационной работе и автореферату имеются некоторые замечания

В автореферате в разделе «Теоретическая и практическая значимость исследования» стандартных образцов для воспроизведения и передачи единиц поверхностной плотности и массовой доли элементов для однослойных многокомпонентных покрытий». Т.е. не указаны 17 типов СО поверхностной плотности СО поверхностной плотности многослойных однокомпонентных покрытий, которые входят в эти 22 типа СО.

Вывод, сделанный в диссертации на стр. 100 о том, что разработанная методика измерений поверхностной плотности и массовой доли элементов в многослойных многокомпонентных покрытиях соответствует требованиям ГПС [1] для многослойных многокомпонентных покрытиях следует признать преждевременной, поскольку расширенная неопределенность измерений поверхностной плотности нижнего слоя 5,9 %, которая эквивалентна относительной погрешности $\pm 5,9 \%$, выше указанной в ГПС $\pm (2,5-5,0) \%$.

Наименование таблиц А.1 - А.3 следует уточнить, указав: «зарубежные стандартные образцы».

Указанные замечания не оказывают существенного влияния на общую положительную оценку диссертационного исследования.

Можно рекомендовать диссертанту продолжить исследования, направленные на совершенствование ГЭТ 168-2015 в части расширения нижней границы диапазона воспроизведения единицы массовой доли, например, до 0,1 % и воспроизведения и передачу единицы длины в области измерений толщины покрытий.

Диссертация соответствует требованиям «Положения присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор, Васильев Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10 «Метрология и метрологическое обеспечение».

Доктор технических наук
специальность 01.04.01: «Приборы и методы экспериментальной физики»)

Генеральный директор
ООО «НПК «АТОМ Электроникс»  Игнатьев Олег Валентинович

М.п.

« 16 » апреля 2025 г.

Почтовый адрес: 620041, Свердловская область, г. Екатеринбург,
ул. Уральская, д. 77, 120.

Телефон: +7 (343) 375 95 44, электронный адрес: atom.comp@yandex.ru.