Примеры студенческих работ

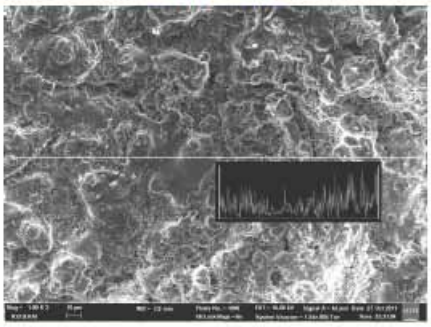
ЛАЗЕРНАЯ МОДИФИКАЦИЯ ТЕПЛОЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ОКИСИ ЦИРКОНИЯ

Основное функциональное назначение теплозащитных покрытий (ТЗП) на основе оксидной керамики – снижение температуры потока горячих газов на стенке деталей ГТД.

Модификация поверхности керамического слоя ТЗП с помощью лазерной обработки или пропитки позволяет закрыть («залечить») поверхностные поры и микротрещины и улучшить, таким образом, стойкость покрытий к высокотемпературной коррозии и эрозии.

С помощью лазерного переплава поверхностного слоя керамики получена новая более плотная и гладкая поверхность покрытия, которая позволит значительно улучшить термо и эрозионную стойкость покрытия.

Образец ZrO_2 (стабилизированный 6 - 8 % -м Y_2O_3) без обработки



Пример образцов после пропитки и лазерной обработки

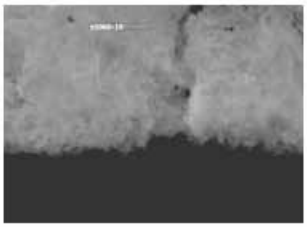


Рис 1. Поверхность пропитанная AlPO4

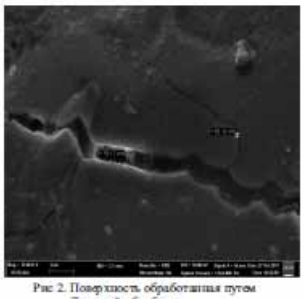
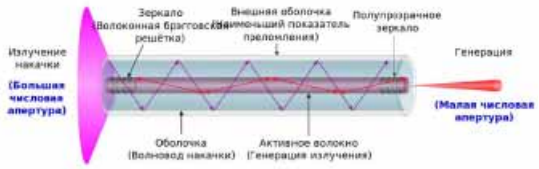


Рис 2. Поверхность обработанная путем Лазерной обработки

Исследования покрытий, модифицированных ортофосфорной кислотой, показали, что уплотнитель проник в пористую керамику через микротрещины и поры под действием капиллярных сил и заполнил собою микротрещины на глубину примерно 24-35 мкм. Однако при более высоком увеличении x1000, видно, что заполнение микротрещины не совсем качественное: имеются участки, свободные от уплотнителя.

По рисункам видно, что даже при увеличении x1000 пропитанный образец имеет большие трещины и разломы. В то время как на образце с применением лазерной обработки, наблюдается трещина шириной всего 531,7 нм при увеличении в 2,5 раза больше.

Импульсный волоконный лазер марки ИЛТМ



Поверхность керемического слоя ТЗП после лазерной обработки

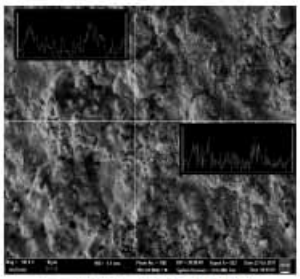


Рис 3. P=25%,V=595мм/с, N=1. 1000x

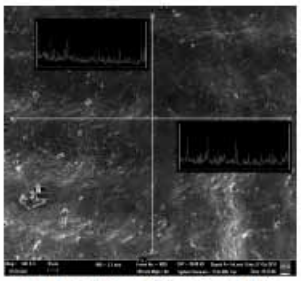


Рис 4. P=100%, v=595мм/с, N=4; 1000x.

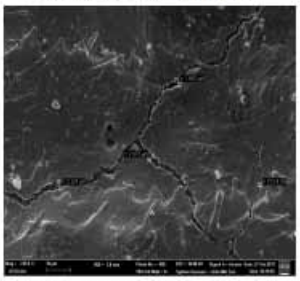


Рис 5. P=100%, v=595мм/с, N=6; 2500x

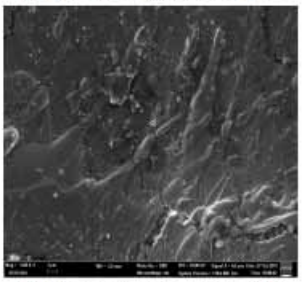
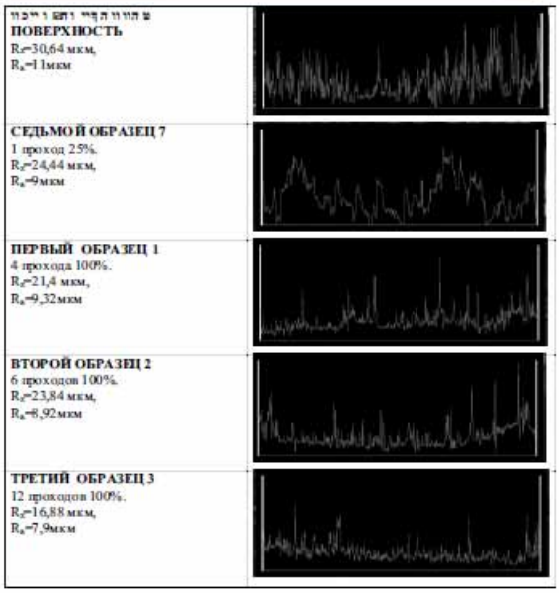


Рис 6. P=100%, V=595мм/с, N=12; 5000x

Примеры профилей керамической поверхности после лазерной обработки



Проведенная модификация поверхностного керамического слоя ТЗП с помощью волоконного импульсного лазера показала эффект оплавления поверхности и «залечивания» возникших при обработке поверхностных трещин. Модифицированная поверхность имеет пониженную шероховатость, что позволяет прогнозировать повышение эрозионной стойкости данного типа покрытий. Для исключения образования трещин на поверхности керамического слоя ТЗП обработку следует проводить вначале лазерным лучом малой мощности в несколько проходов, а затем максимальной мощностью не менее чем за 12 проходов.

Е.В. Кузнецова, В.А. Лазарев, А.А. Трифонов, Е.В. Нуждин

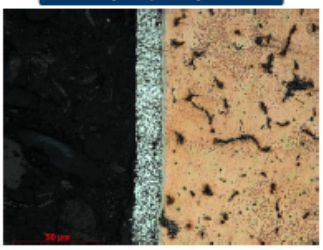
"Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет имени А.Н.Туполева - КАИ", 420111, Казань, К.Маркса 31/7, gdetti@yandex.ru

Исследование и диагностика триметаллических вкладышей КАМАЗ

На сегодняшний день в технологиях двигателестроения активно применяются шатунные вкладыши в силу таких достоинств как способность к восприятию больших значений динамических нагрузок и вибрационных колебаний, простота конструкции, относительно небольшие габариты и т.д. Основные требования, которые предъявляются в выборе технологий производства и материалов: износостойкость, устойчивость к коррозии, отсутствие дефектов.

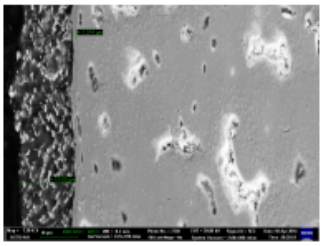
Оптические снимки с микроскопа Axio ImagerZ2.m (500x)

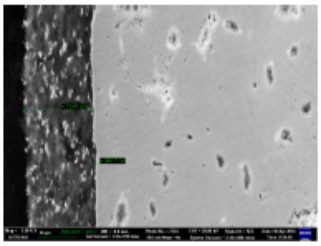
Образец «Австрия»



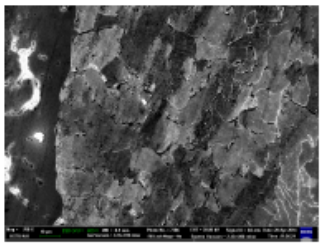
Образец «Чистополь»

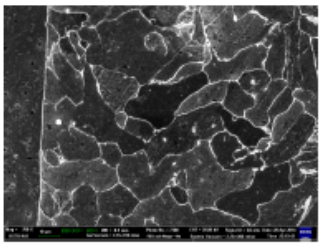
Измерение никель-хром слоя на СЭМ изображениях



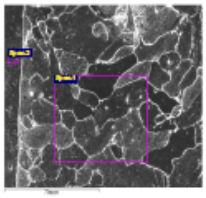


Зернистая структура металла



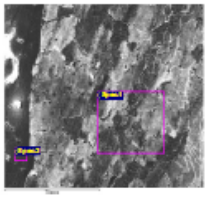


Образец «Австрия»



Spectrum	C	O	Fe	Cu	Sn	Pb	Total
Spec.1	5.27		94.73				100
Spec.2		1.12	2.22	92.85	2.33	1.48	100
Max.	5.27	1.12	94.73	92.85	2.33	1.48	
Min.	5.27	1.12	2.22	92.85	2.33	1.48	

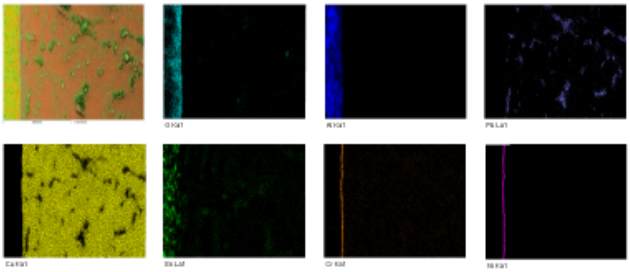
Образец «Чистополь»



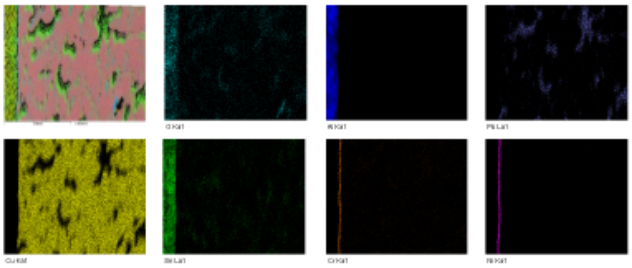
Spectrum	C	O	Mn	Fe	Cu	Sn	Pb	Total
Spec.1	3.57		0.47	95.96				100
Spec.2		1.12		2.04	94.08	3.45	0.43	100
Max.	3.57	1.12	0.47	95.96	94.08	3.45	0.43	
Min.	3.57	1.12	0.47	2.04	94.08	3.45	0.43	

Результаты электронной микроскопии с рентгено-спектральным микрозондовым анализом

Образец «Чистополь»

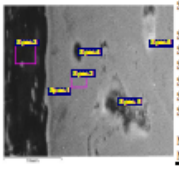


Образец «Австрия»



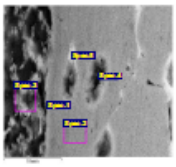
Результаты энергодисперсионого анализа INCA X-MAX

Образец «Чистополь»



Spectrum	C	O	Al	Si	S	Cl	Cr	Fe	Ni	Cu	Sn	Pb	Total
Spec.1		8.42	13.50	0.56			15.30	0.81	54.59	1.64	3.63	1.55	100
Spec.2		1.16						0.67	0.54	90.64	6.99		100
Spec.3		38.36	44.79		0.52	0.72		0.58		3.68	11.36		100
Spec.4		1.52					0.33	0.54	0.33	91.41	5.38	0.49	100
Spec.5		1.67							0.51	33.21	3.11	61.50	100
Spec.6	5.65	3.37						0.45		88.18	3.38	6.96	100
Max.	5.65	38.36	44.79	0.56	0.52	0.72	15.30	0.81	54.59	91.41	11.36	61.50	
Min.	5.65	1.16	13.50	0.56	0.52	0.72	0.33	0.45	0.33	1.64	3.11	0.49	

Образец «Австрия»



Spectrum	C	O	Al	Si	S	Cr	Fe	Ni	Cu	Sn	Pb	Total
Spec.1		3.33	4.38	0.38		17.23	0.48	69.35		3.71	1.18	100
Spec.2		1.20					0.57	0.57	95.70	1.19	0.77	100
Spec.3		28.96	31.99	0.42	0.53				0.73	37.36		100
Spec.4		3.37		0.46			0.19		86.28	3.34	6.36	100
Spec.5	7.00	3.75						1.11	24.73	1.35	62.06	100
Max.	7.00	28.96	31.99	0.46	0.53	17.23	0.57	69.35	95.70	37.36	62.06	
Min.	6.43	1.20	4.38	0.22	0.34	2.13	0.19	0.57	0.73	1.19	0.77	

В рамках данной работы проводилось исследование триметаллических шатунных вкладышей КАМАЗ (образцы Чистополя и Австрии), а именно: дефектоскопия, качественный количественный анализ распределения элементов, дисперсность с помощью сканирующей электронной микроскопии (SEM с микрозондовым рентгеноспектральным анализом (X-ray electron probe analysis)). Исследования проводились на рабочей станции AURIGA CrossBeam. Микроскоп совмещен со спектрометром энергетической дисперсии INCA X-MAX. Разрешение спектрометра 127эВ. Предел обнаружения 1500-2000ppm. Точность измерения составляет 2-3% и зависит от состояния исследуемого объекта. Анализ проводился при ускоряющем напряжение 20КэВ и рабочем отрезке 8,5 мм, что позволяет избежать минимальных погрешностей. Глубина зондирования составляет менее 1 микрона. Применение детектора обратно рассеянных электронов позволило получить хороший фазовый контраст. Результаты исследований подробно отображены на спектрах, микрофотографиях и результатах картирования. На границе слоев с высоким содержанием Al и Cu обнаружен слой содержания Ni и Cr. Былы произведены замеры слоев NiCr.

На образце Австрии наблюдается более плотное заполнение слоя Al оловом. Образец Чистополя содержит менее плотное распределение олова, но слой Ni Cr по толщине и распределению вдоль всего среза не уступает по качеству с Австрийским.

Исследование качественных и количественных характеристик материалов с помощью современных подходов микроскопии и спектроскопии – необходимое условия развития технологий двигателестроения и прогресса производства.

А.И. Мерзляков, А.И. Самохина, А.А. Трифонов, Е.В. Нуждин

"Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет имени А.Н.Туполева - КАИ", 420111, Казань, К.Маркса 31/7, artem_merzlyakov@bk.ru

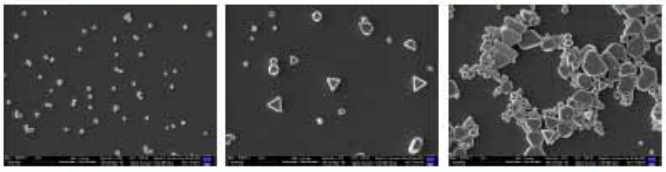
ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ НАНОЧАСТИЦ В МНОГОСЛОЙНЫХ ФОТОПЛЕНКАХ

Прогресс в светочувствительности фотоматериалов за время развития фотографии огромен - за 150 лет развития фотографии она выросла приблизительно в 1 миллион раз.

Есть ряд различных фотоматериалов: фототехнические пленки, рентгеновские пленки, фотографические пленки для регистрации изучения ультрафиолетового и мягкого рентгеновского луча, астрономические пленки, несеребряные пленки, и т.д. Основным светочувствительным элементом фотоматериалов являются кристаллы, вернее микрокристаллы, галогенидов серебра.

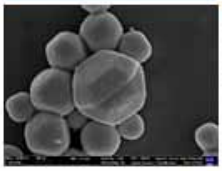
Среди четырех галогенидов серебра- AgF, AgCl, AgBr, AgI наибольший практический интерес представляют последние три. Нами проводилось исследование этих отдельных галогенидов серебра нанесенных на тонкую пленку: их размеры и распределение; синтез роста галогенидов при различных режимах. Изучались формы и зависимость роста толщины образцов. В дальнейшей работе мы исследовали несколько типов пленок казанской компании "Tasma", где были обнаружены галогениды серебра и также другие частицы.

Процесс синтеза галогенидов серебра

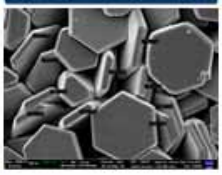


Фотография микрокристаллов галогенидов серебра

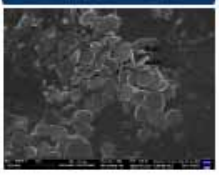
Галогениды серебра используюшиеся в рентгеновских фотопленках



T-кристаллы галогенидов серебра

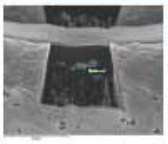


Галогениды серебра в желатиновом слое

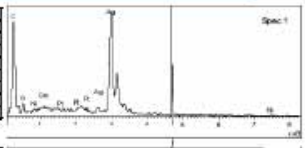


Вытравленный участок пленки со светочувствительными кристаллами

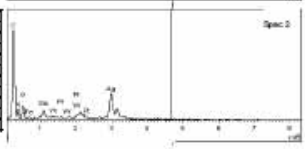
Спектры полученные с поверхности различных фотопленок

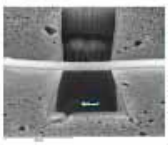


Element	Weight %	Atomic %
C K	14.40	45.37
O K	5.65	13.31
N K	0.97	0.72
Ga L	0.31	0.19
Ag L	77.16	31.06
P M	1.47	0.35
Totals	100.00	

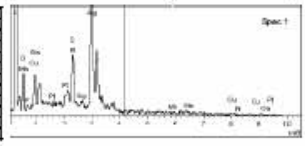


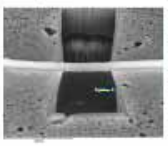
Element	Weight %	Atomic %
C K	18.06	49.31
N K	15.18	37.10
O K	10.16	20.83
Br L	1.64	1.68
Ga L	1.44	0.85
Ag L	53.18	9.78
W M	0.65	0.11
P M	1.51	0.36
Totals	100.00	



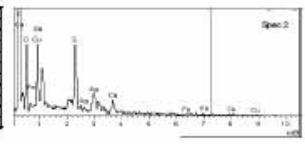


Element	Weight %	Atomic %
C K	16.46	51.11
O K	8.70	20.20
P K	1.41	1.26
S K	4.84	5.77
Mo L	1.69	0.65
Cu L	0.80	1.96
Ga L	3.80	1.21
Ag L	55.30	16.71
P M	1.41	0.36
Totals	100.00	

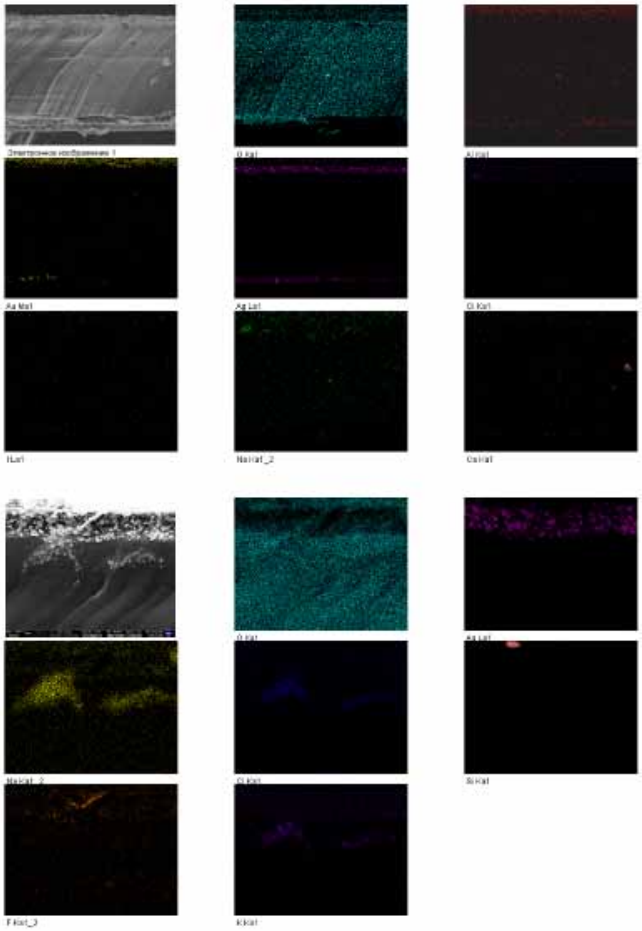




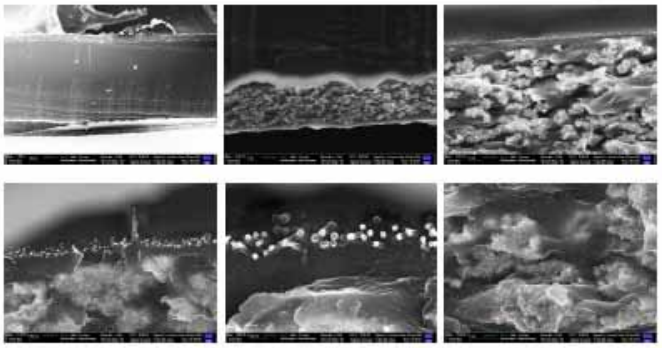
Element	Weight %	Atomic %
C K	49.16	75.11
O K	14.08	16.11
N K	7.68	6.99
Ga K	2.91	1.28
Br L	1.65	0.38
Cu L	10.16	2.98
Ga L	5.64	1.27
Ag L	8.16	1.38
Totals	100.00	



Результаты электронной микроскопии с рентгено-спектральным анализом



Снимки поперечного среза фотопленок



Диагностика и анализ металлических нано структур в органических матрицах на сегодняшний день является серьезной и далеко нерешённой проблемой.

Для контроля качества и технического процесса создания композиционных структур на основе галогенида серебра требует оборудования позволяющего получить изображение и проводить анализ на субмикронном уровне, что применимо только в электронной и ионной микроскопии.

Отработка методики исследования диэлектрических пленок в максимально щадящем режиме - основа успеха для получения более точных результатов и выявления дефектных участков для улучшения качества готового продукта.

И.Р. Сафина, А.А. Трифонов, Е.В. Нуждин

"Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет имени А.Н.Туполева - КАИ ", 420111, Казань, К. Маркса 31/7, vinchik1605@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МОРФОЛОГИИ НАНОЗОНДОВ ДЛЯ БЛИЖНЕПОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ

Металлические наноструктуры в настоящее время играют важную роль во многих сферах. В частности, в развивающихся областях плазмоники и нанофотоники, способность проектировать металлы в нанометровых масштабах обеспечивает разработку новых устройств и изучение физики.

В фундаментальных исследованиях оптические антенны, которые часто называют безапертурными (или ближнеполевыми) зондами, нашли широкое применение в спектроскопии комбинационного рассеяния и двухфотонной люминесценции. Очень важно, найти подходящие материалы. В частности, благородные металлы, такие как золото и серебро в состоянии выдержать SPP волны на оптических частотах с меньшими потерями, чем другие материалы.

Требуемой для работы СБОМ локализации оптического поля можно достичь с помощью двух известных на сегодняшний день методов: апертурного и безапертурного методов.

Апертурный и безапертурный метод локализации

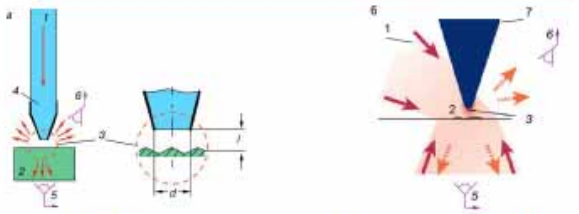


Рис 1, 2. Схемы оптических ближнепольных устройств (апертурного (а) и безапертурного (б)) с регистрацией рассеянного излучения на просвет и на отражение: 1 – световой пучок с длиной волны λ;
2 - исследуемый объект; 3 - область ближнепольного взаимодействия: d - диаметр излучателя,
l - локальный зазор между излучателем и поверхностью объекта, d, l<<λ;
4- волоконный зонд-острие (с металлическим покрытием);
5, 6 - фотоприемники рассеянного света; 7 – металлический зонд-острие.

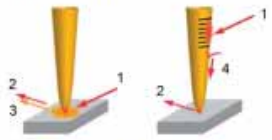
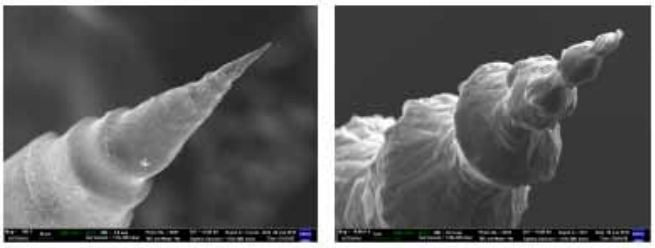


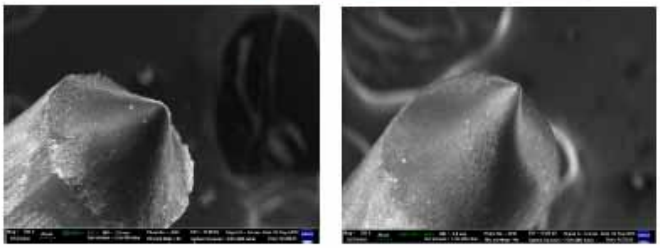
Рисунок 3. Иллюстрация эффективного подавления фона дальнего поля модифицированным зондом по сравнению с прямой освещенностью области вершины. 1 – световой пучок с длиной волны λ, 2 – ближнепольный сигнал, 3 – сигнал дальнего поля, 4 – распространение ПЭВ.

Для преодоления проблем, связанных с фоновой засветкой исследуемого объекта в методе безапертурной СБОМ, было предложено модифицировать стандартный зонд. Модификация заключалась в изготовлении одномерной дифракционной решетки на торце зонда методом травления сфокусированным ионным пучком галлия.

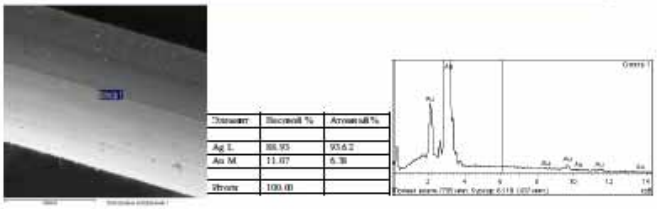
Результаты травления золотой иглы



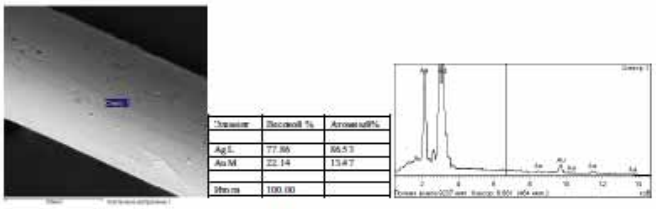
Результат травления серебряной иглы



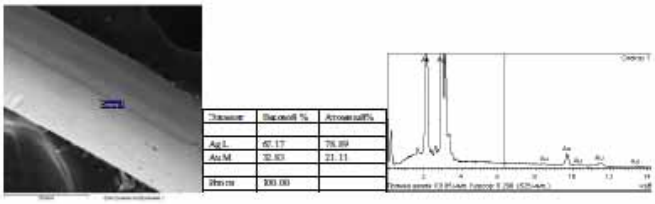
Характеристические рентгеновские спектры для зондов из сплавов Ag/Au



Элемент	Весовой %	Атомный%
Ag L	88.93	93.62
Au M	11.07	6.38
Итого	100.00	



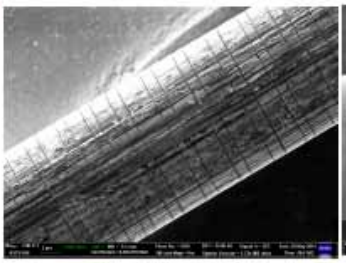
Элемент	Весовой %	Атомный%
Ag L	77.86	86.53
Au M	22.14	13.47
Итого	100.00	



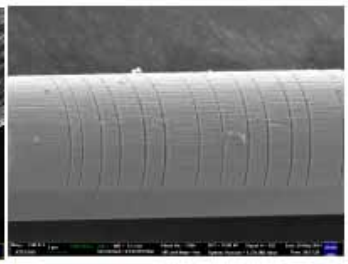
Элемент	Весовой %	Атомный%
Ag L	67.17	78.89
Au M	32.83	21.11
Итого	100.00	

Результат модификации ионным пучком (насечки в виде концентрических окружностей с определенным шагом)

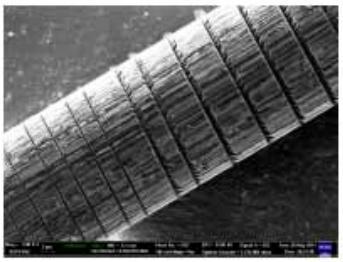
Малые токи на золотой игле

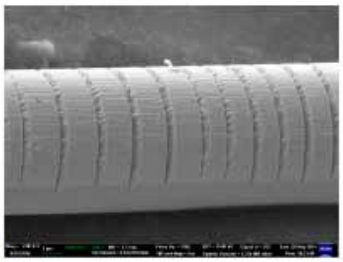


Малые токи на игле из сплава Ag/Au



Большие токи





Вывод: Анализ полученных зависимостей показывает, что при увеличении значения тока ионного пучка увеличиваются геометрические размеры наноразмерных структур. Данный эффект может быть объяснен возрастанием плотности потока энергии ионного пучка и увеличением диаметра ионного зонда.

Е.А. Солоницына, В.А. Лазарев, А.А. Трифонов, Е.В. Нуждин

«Казанский национально исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева – КАИ», 420111, г. Казань, К.Маркса 31/7, kate_9_rina@list.ru

Исследования основаны на работах А.И.Носкова, Д.В. Лебедева, А.Е.Климовицкого, С.С. Харинцева *КФУ (Казань).*