

СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА НА ПОЛИМЕРНОЙ ПОДЛОЖКЕ МЕТОДОМ ИОННОЙ БОМБАРДИРОВКИ.

В.М. Студзинский, К.В. Карабешкин, А.И. Титов, П.А. Карасёв

Политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: svm.fl@mail.ru

Введение

Облучение слоя золота толщиной в несколько нанометров ускоренными ионами потенциально может быть использовано в качестве сухого низкотемпературного метода для синтеза наночастиц золота на различных поверхностях. Действительно, субстрат играет важную роль в этом процессе. Полимерные матрицы на основе углерода представляют интерес из-за возможной биосовместимости композита. Изучается изменение тонкого слоя золота, нанесенного на пленку полиметилметакрилата (ПММА) при бомбардировке ускоренными молекулярными и одноатомными ионами.

Методика изготовления образцов

Пленки ПММА были нанесены на монокристаллическую подложку (100)n-Si. Толщина полимерных пленок составляла около 250 нм, что подтверждено атомно-силовой микроскопией (см. Рис.1).

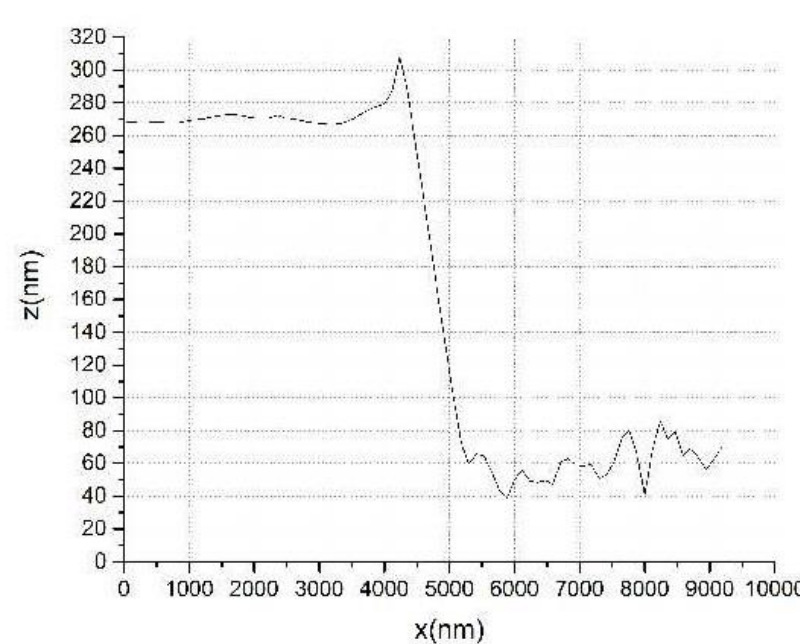
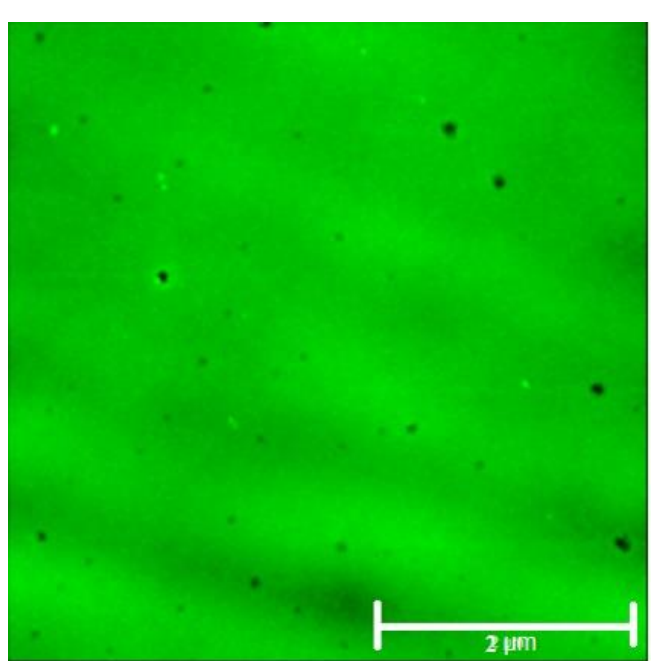


Рис. 1 Скан поверхности и профиль царапины на нанесённой плёнке ПММА.

Слой золота наносился на полимерную пленку термическим испарением. Толщина слоя золота измерялась методом обратного резерфордовского рассеяния. Средняя толщина слоя Au 5,7 нм.

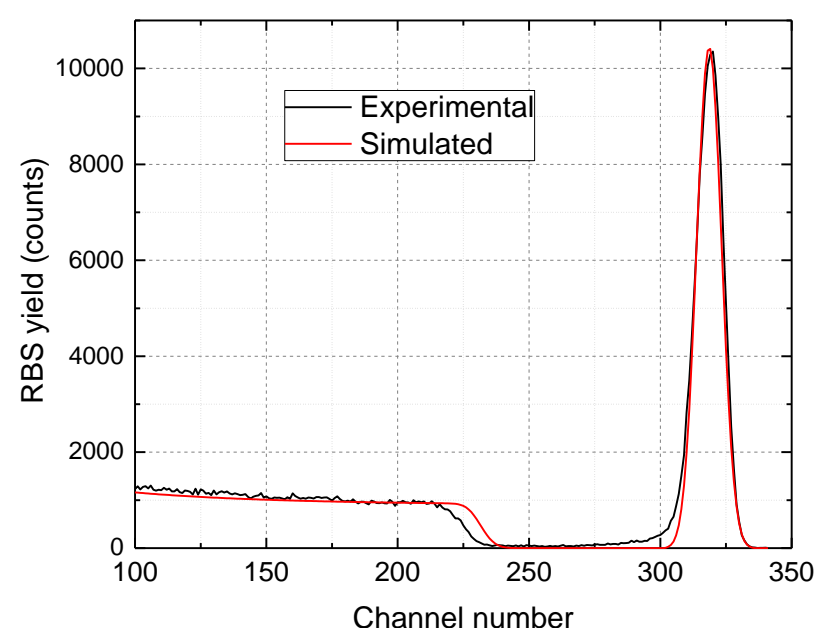


Рис. 2. Экспериментальный RBS спектр (чёрный) и результат симуляции в программном пакете RUMP (красный).

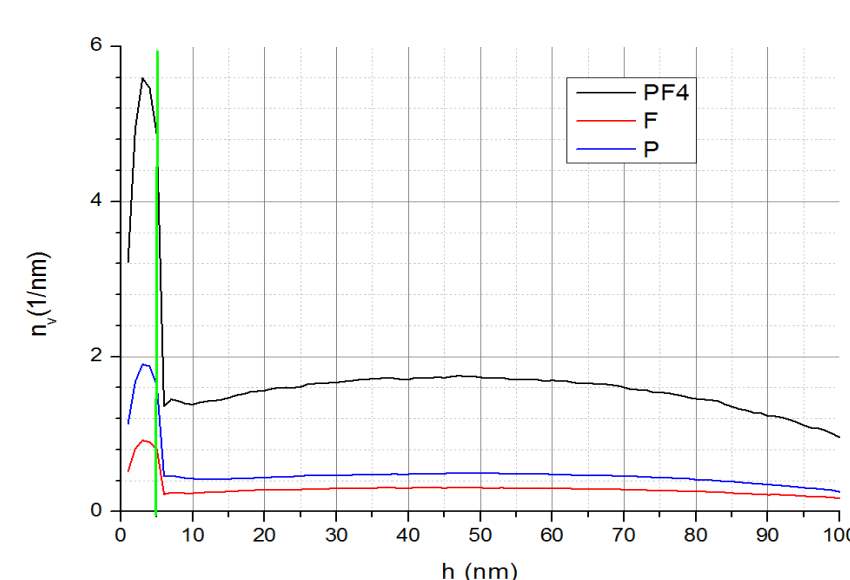


Рис. 3 Функция генерации смещения (симуляция кода TRIM). Граница раздела золотой пленки и поверхности кремния показана зеленой линией.

Полученные образцы облучали ионами P и PF₄. Энергия ионов составляла 1,3 кэВ / а.е.м. Дозы облучения подбирались таким образом, чтобы число смещений атомов золота в пленке после облучения атомами и молекулами (displacement per atom[DPA] - смещения на атом) было одинаковым.

Таблица 1. Параметры облучения

ИОН	масса / а.е.м.	Энергия / КэВ	Ионный ток, μА	Доза, DPA _{Au}	0,27·10 ⁻⁴	0,54·10 ⁻⁴	0,27·10 ⁻³	0,54·10 ⁻³	0,54·10 ⁻²	0,27·10 ⁻¹	0,27
P	31	40	0.018	Флюенс, см ⁻²	-	22,58·10 ¹⁰	11,29·10 ¹¹	22,58·10 ¹¹	22,58·10 ¹²	11,29·10 ¹³	11,29·10 ¹⁴
PF ₄	107	131	0.006		4·10 ¹⁰	8·10 ¹⁰	4·10 ¹¹	8·10 ¹¹	-	4·10 ¹³	4·10 ¹⁴

Результаты и обсуждение

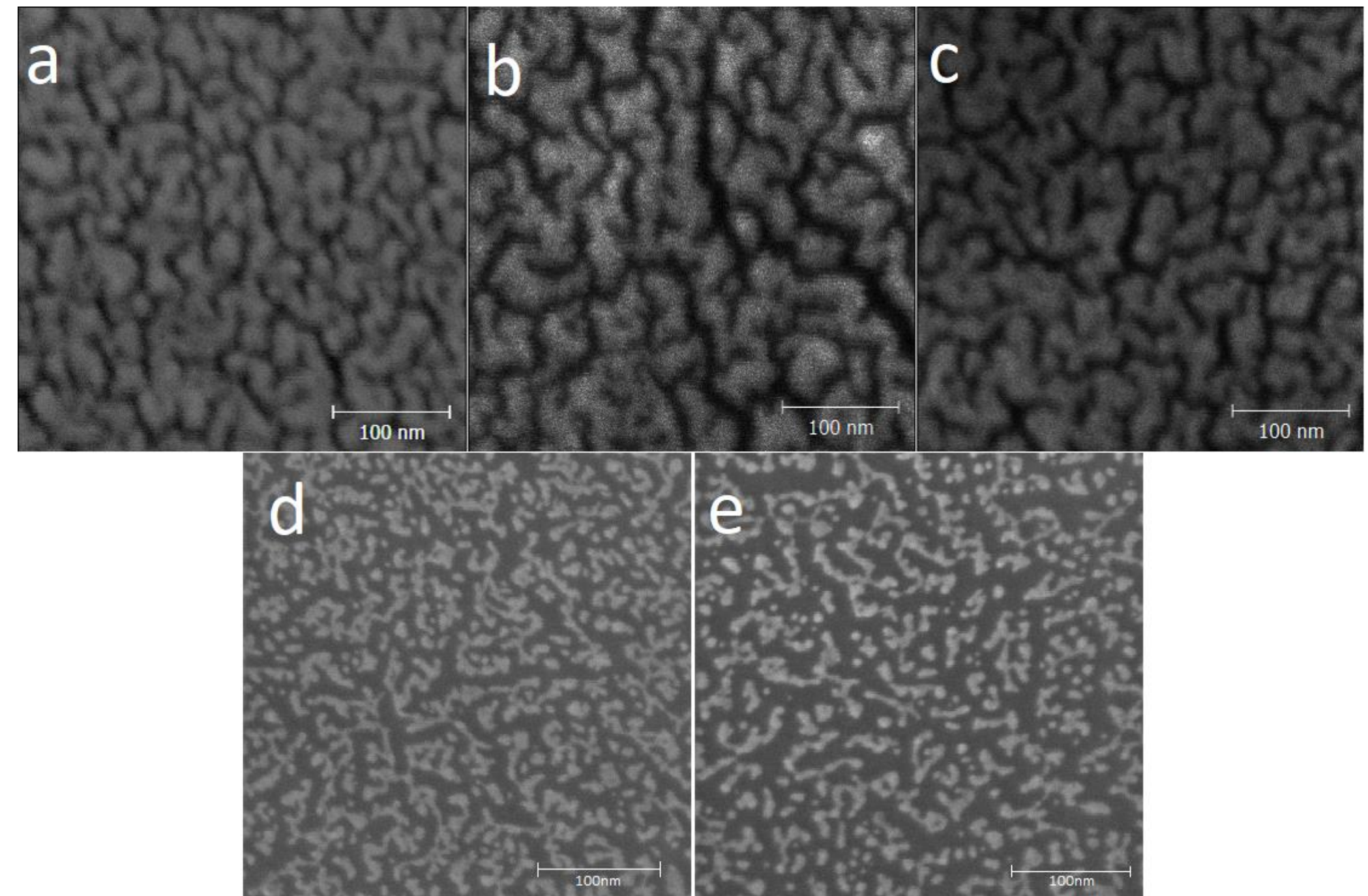


Рис. 4 SEM изображения поверхности а – без облучения; b,d – облучённых ионами P; c,e – облучённых молекулярными ионами PF₄. Образцы были облучены дозами в DPA_{Au} = 0,27 · 10⁻³ (b,c) и DPA_{Au} = 0,27 · 10⁻¹ (d,e)

После осаждения золотая пленка прерывистая, но покрывает почти всю поверхность. Видны изогнутые наноструктуры. Ионная бомбардировка изменяет морфологию пленки золота.

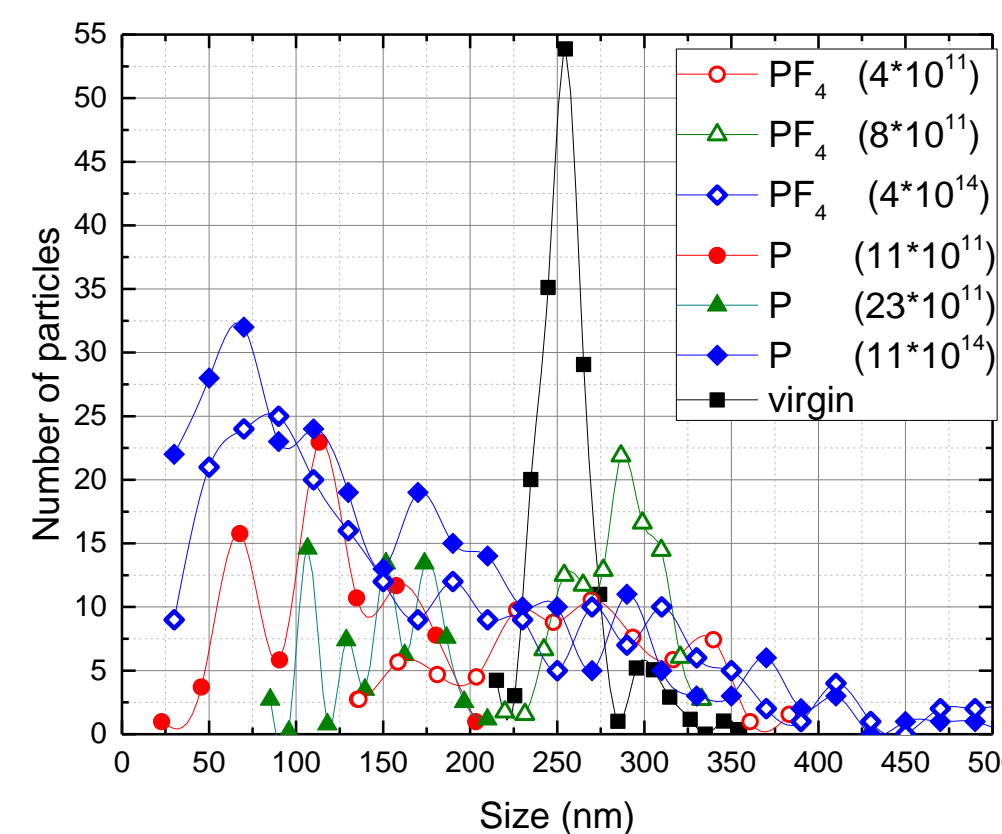


Fig.5. Количество частиц разного размера до облучения (черные) и после облучения ионами P (закрашенные символы) и PF₄ (выколотые символы) до разных доз. Подобные цвета соответствуют аналогичным значениям дозы. Соответствующие плотности энергии в см⁻² указаны в легенде.

Молекулярные ионы PF₄ при малых дозах выравнивают слой Au, увеличивая размер наночастиц. При достаточно высокой дозе ионов PF₄ слой золота быстро распадается на мелкие частицы. Напротив, одноатомные ионы P уменьшают размер наночастиц во всем исследованном диапазоне доз.

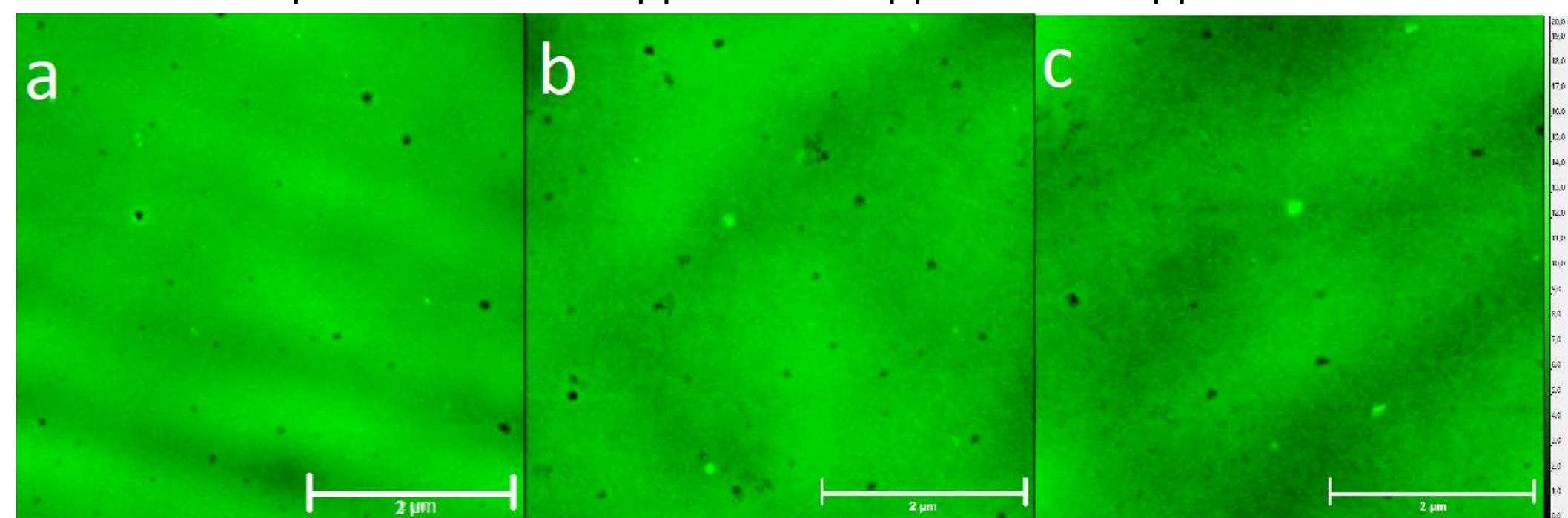


Рис. 6. ACM сканирование поверхности образца перед облучением (а) и после облучением ионами P (b) и PF₄ (c) до дозы 0,54 · 10⁻³ DPA. Длина масштабной линейки равна 2 мкм. Масштаб высоты около 20 нм для всех изображений.

Ионная бомбардировка влияет на морфологию слоя ПММА. Молекулярные ионы залечивают поры, одноатомные ионы расширяются.

Выводы

- Облучение пленки ионами позволяет управлять размером наночастиц золота на поверхности ПММА, варьируя параметры ионного облучения (тип иона, масса, доза облучения).
- Бомбардировка атомарными ионами разбивает слой Au на наночастицы во всем исследованном диапазоне доз.
- Облучение молекулярными ионами в малых дозах вызывает сглаживание золотого слоя; затем с увеличением дозы происходит быстрый распад на наночастицы.
- Дозы, необходимые для разделения золотого слоя на пленке ПММА, значительно выше, чем в случае на подложке из кремния.
- Облучение молекулярными ионами PF₄ приводит к залечиванию мелких пор в ПММА, а облучение атомарными ионами P увеличивает их.