

05;08;10;11;12

©1995

## ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА МОРФОЛОГИЮ ПОВЕРХНОСТИ ПЛЕНКИ ЗОЛОТА

*Г.Г.Владимиров, А.В.Дроздов, В.К.Дмитриев*

В последнее время заметно возрос интерес к изучению поверхности твердого тела с помощью сканирующего туннельного микроскопа (СТМ), позволяющего проводить уникальные исследования проводящих объектов в различных средах с пространственным разрешением порядка атомных размеров [1]. Экспериментальные исследования показывают, что результаты существенно зависят от чистоты поверхности образца и острия. При работе на воздухе нередко для очистки поверхности применяют ультразвуковую обработку в жидкости. Однако последовательное изучение воздействия ультразвуковых колебаний на рельеф поверхности не проводилось. В связи с этим целью настоящей работы являлось исследование влияния ультразвуковых колебаний на морфологию поверхности пленок золота.

Образец представлял собой реплику со скола монокристалла КВт, полученную напылением толстого слоя золота (около 1 мкм) в вакууме с последующим переносом ее на стеклянную подложку. Электронограмма пленок свидетельствовала о гладкости и монокристалличности поверхности пленки. Установка для ультразвуковой обработки была изготовлена на основе преобразователя фирмы Bgranon, частота колебаний составляла 33 кГц. В качестве рабочей жидкости использовалась дистиллированная вода. Время воздействия составляло 60 с. Интенсивность кавитации [2] регулировалась напряжением питания установки  $U$ . Уровень кавитации, определявшийся кавитометром, линейно зависел от напряжения питания в интервале от 30 до 200 В. В работе использовался СТМ обычной конструкции [3]. Изображения были получены при разности потенциалов между острием и образцом 0.1 В и токе 1 нА. Полярность напряжения смещения не влияла на результаты. Острия изготавливались из  $W$ -проволоки диаметром 0.14 мм методом электрохимического травления в 3%-м растворе NaOH.

Методика эксперимента заключалась в изучении рельефа поверхности пленки золота до и после воздействия

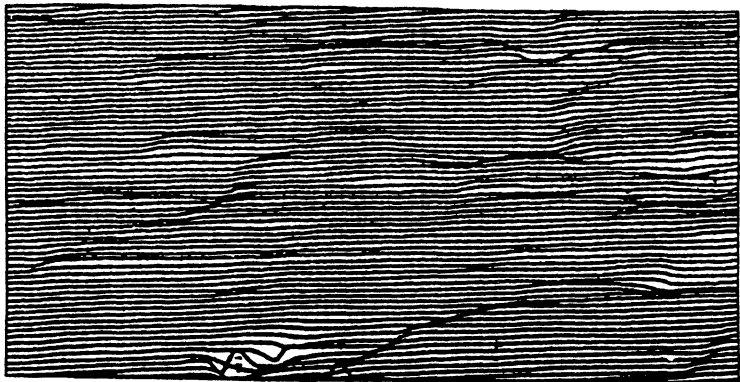


Рис. 1. Поверхность пленки золота до ультразвуковой обработки.

ультразвуковыми колебаниями. Ввиду малых размеров исследуемого участка не было гарантии, что последующие измерения проводились в том же месте, что и предыдущие. Поэтому изучался рельеф на различных участках и представленные ниже изображения являются типичными. На рис. 1 приведено такое изображение, полученное до ультразвуковой обработки. При уровне кавитации, соответствующем  $U = 50$  В, изменений рельефа поверхности не наблюдалось, хотя при наблюдении поверхности в оптическом микроскопе с увеличением  $40\times$  наблюдалось очищение поверхности образца от загрязнений типа пыли. По всей видимости, этот режим для данных экспериментальных условий соответствует так называемой мягкой кавитации, когда энергия излучателя недостаточна для схлопывания пузырьков, образующихся в жидкости под действием ультразвуковых колебаний. Пузырьки просто совершают колебания с заданной частотой, удаляя тем самым крупные загрязнения поверхности образца.

После обработки образца в ванне при  $U = 75$  В было обнаружено резкое изменение рельефа поверхности пленки золота. Типичное изображение приведено на рис. 2. Рельеф представляет собой поверхность, испещренную лунками и холмами с наиболее часто встречающимися размерами порядка 200 нм в плоскости  $X, Y$  и порядка 50 нм по  $Z$ . При увеличении напряжения питания до 100 В и 150 В изменения рельефа имеют тот же качественный и количественный характер, т. е. размеры характерных особенностей имеют такую же величину, что и при  $U = 75$  В. Дальнейшее повышение мощности излучения приводило к полному разру-

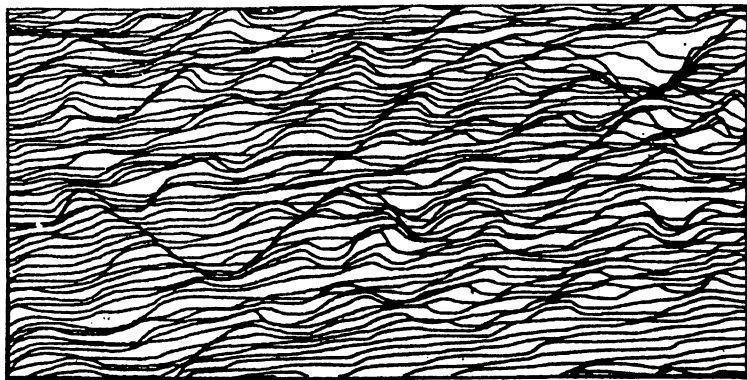


Рис. 2. Поверхность пленки золота после ультразвуковой очистки при  $U = 75$  В.

шению золотой пленки, и исследование поверхности с помощью СТМ не представлялось возможным.

Можно полагать, что изменение морфологии образца является результатом воздействия на поверхность образца ударных волн, создаваемых схлопыванием пузырьков в жидкости [4]. В момент кавитационного взрыва в непосредственной близости от поверхности образуется высокоскоростная куммулятивная микроструйка жидкости, направленная к поверхности [5]. Так как область действия ее локальна, то создаваемого давления может оказаться достаточно для пластической деформации. Также возможно разрушение ударной волной поверхности образца в местах дефектов, дислокаций и т. п.

Таким образом, из полученных результатов следует, что в случае мягкой кавитации происходит очищение поверхности от пыли без изменения ее топологии. При увеличении мощности ультразвуковых колебаний наблюдалось изменение рельефа поверхности пленки. Особенности имеют характерные размеры порядка 200 нм в плоскости основания и порядка 50 нм по нормали к ней. Не было замечено изменения этих размеров при увеличении мощности ультразвуковых колебаний вплоть до уровня, при котором начиналось полное разрушение пленки золота.

## Список литературы

- [1] *Wiesendanger R., Göntherodt H.J. (Eds.) // Springer Series in Surface Sciences. 1992. N 28.*
- [2] *Хорбенко И.Г. // В мире неслышных звуков. М.: Машиностроение, 1971.*
- [3] *Адамчук В.К., Ермаков А.В., Любинецкий И.В. // ПТЭ. 1990. № 1. С. 230–235.*
- [4] *Кроуфорд А.Э. // Ультразвуковая техника. М.: Изд-во иностр. лит., 1958.*
- [5] *Кувшинов Г.И., Проторенко П.П. // Акустическая кавитация у твердых поверхностей. Минск: Наука и техника, 1990.*

Санкт-Петербургский  
государственный университет  
НИИ физики

Поступило в Редакцию  
24 февраля 1995 г.

---