

## **Оптические свойства тонких металлических пленок в зависимости от толщины**

Д. И. Якубовский и Д. Ю. Федянин

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Тонкие металлические пленки являются неотъемлемой компонентой устройств плазмоники и нанофотоники. Позволяющие локализовать свет на наномасштабе и усиливать взаимодействие излучения с нанообъектами, пленки металла различной толщины используются во многих задачах, таких как создание сенсоров на поверхностном плазмонном резонансе, наноантенн, плазмонных волноводов и других применений. Эффективность основанных на металлическом отклике устройств ограничивается оптическим поглощением в металле, связанным с омическими потерями в результате рассеяния электронов проводимости. В оптике наиболее широкое применение приобрели благородные металлы, золото и серебро, в силу того, что они обладают высокой электрической проводимостью и низкими оптическими потерями. Из всех остальных металлов медь характеризуется наиболее близким к серебру значением проводимости, к тому же, недавно была продемонстрирована возможность достижения низких оптических потерь в медных пленках, близких по значениям к золоту [1,2]. Более того, совместимость меди с технологическими процессами КМОП индустрии, открывает перспективы для реализации на основе меди плазмонных оптических устройств на кремниевом чипе.

Известно, что оптические константы и электрическая проводимость тонких пленок одного металла могут различаться в зависимости от толщины и морфологии структуры пленки, которые можно контролировать параметрами процесса нанесения пленки. В поликристаллических тонких пленках эффект рассеяния электронов проводимости на границах кристаллитов внутри пленки и на ее поверхности вносят ощутимый вклад в потери на оптических частотах. При уменьшении толщины пленки средний размер зерен в ней также уменьшается, что ведет к снижению средней длины пробега электронов и, следовательно, к росту оптических потерь. В некоторых работах описываются методы получения тонких медных пленок с увеличенным размером зерен, в частности, с использованием технологии термического отжига [3]. Однако, детальное исследование оптических констант подобных пленок не представлено.

В настоящей работе изучается зависимость оптических свойств тонких медных пленок, полученных на кремниевой подложке в результате напыления при одинаковых параметрах, от толщины. Было продемонстрировано снижение мнимой части

диэлектрической проницаемости медной пленки, отвечающей за величину оптических потерь, возникающее с ростом толщины. Обнаружено уменьшение параметра релаксации в модели Друде обратно пропорциональное квадрату толщины (Рис. 1).

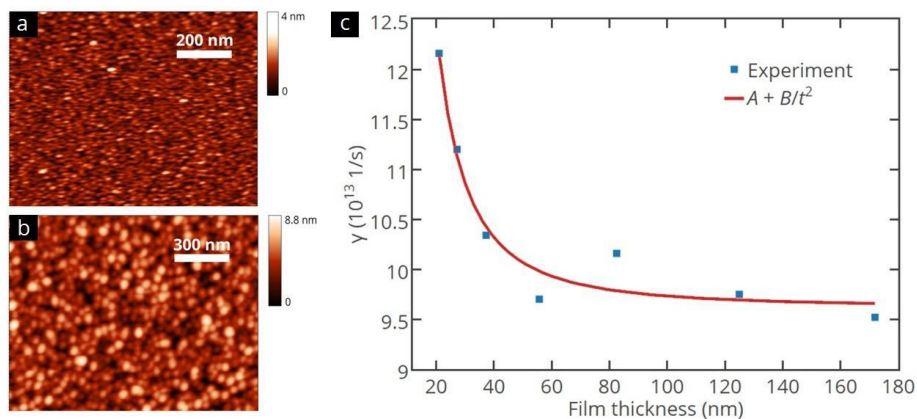


Рис. 1. АСМ изображение поверхности медных пленок толщины 21 нм (а) и 130 нм (б).  
Зависимость частоты релаксации в модели Друде от толщины (с).

#### Используемые источники

1. *Fedyanin D. Y., Yakubovsky D. I., Kirtaev R. V., Volkov V. S.*, Ultralow-loss CMOS copper plasmonic waveguides // *Nano Lett.* – 2016. – V. 16. – P. 362-366.
2. *McPeak K. M., Jayanti S. V., Kress S. J. P., Meyer S., Iotti S., Rossinelli A., Norris D. J.* Plasmonic films can easily be better: rules and recipes // *ACS Photon.* – 2015. – V. 2. – P. 326-333.
3. *Lee H., Kwon D., Park H., Kim H. W., Lee C.* Rapid thermal annealing treatment of electroplated Cu films // *J. Korean Phys. Soc.* – 2003. – V. 43. – N. 5. – P. 841-846.