

Исследователи из ФТИ им. А.Ф. Иоффе с коллегами предложили новый источник мощных пикосекундных импульсов деформации для акустической наноскопии

3 апреля 2020 года в журнале Nature Communications опубликована статья исследователей из ФТИ им. А.Ф. Иоффе и их коллег из Университета Ноттинггема и Университета Пуэрто-Рико, в которой сообщается об эффективном способе генерации мощных пикосекундных импульсов деформации, амплитуда которых близка к 1%, а генерация не сопровождается существенным нагревом. Полученные импульсы деформации могут найти применение в акустической наноскопии для изучения механических свойств таких чувствительных объектов, как живые клетки, или для управления различными свойствами материалов на пикосекундной временной шкале. Исследование поддержано международным грантом Российского Фонда фундаментальных исследований и Королевского общества Великобритании.

Звуковые волны применяются во многих областях жизни, например в УЗИ для исследования состояния внутренних органов живых существ или в дефектоскопии для изучения микроструктуры материалов и обнаружения скрытых трещин в конструкционных материалах. Увеличение частоты звуковых волн позволяет изучать с их помощью механические свойства объектов уже на нанометровых масштабах. Акустическая наноскопия применяется для изучения механических свойств таких объектов как графен и другие двумерные материалы, полупроводниковые гетероструктуры, полимерные покрытия и даже одиночные клетки.

В акустической наноскопии используются очень короткие импульсы продольной деформации. Они представляют собой нанометровую область чередующегося сжатия и растяжения, распространяющуюся в материале со скоростью звука. Для получения таких импульсов используют опто-акустические преобразователи. Чаще всего преобразователем служит тонкая пленка металла, который под действием фемтосекундного лазерного импульса быстро нагревается и расширяется, запуская в прилегающий материал импульс деформации. Но такой способ неизбежно связан с существенным, до сотен градусов, нагревом металла. Нагрев может приводить как к разрушению самого преобразователя, так и повреждению исследуемых чувствительных образцов.

В своей работе исследователи из лаборатории физики ферроиков (<http://www.ioffe.ru/ferrolab/>) ФТИ им. А.Ф. Иоффе вместе с коллегами из Университета Ноттинггема (Великобритания) и Университета Пуэрто-Рико (США) предложили отказаться от нагревания металлов для генерации импульса деформации. Они исследовали экспериментально и теоретически, какой импульс деформации можно получить при возбуждении фемтосекундным лазерным импульсом пленки особого материала – диоксида ванадия. Этот материал известен тем, что в нем возможен структурный переход первого рода, т.е. при определенных условиях ионы, составляющие его кристаллическую решетку, резко меняют свои положения. Исследователи предположили, что, если такой переход индуцировать за счет воздействия фемтосекундного импульса, то быстрая перестройка решетки приведет к генерации импульса деформации.

Проведя такой эксперимент в ФТИ им. А.Ф. Иоффе с тонкой пленкой диоксида ванадия, выращенной в Университете Пуэрто-Рико, аспирант Ярослав Могунов с коллегами смогли получить импульсы деформации с большой амплитудой, достигающей 1%. При этом энергия в

лазерном импульсе, используемом для генерации импульса деформации, была значительно меньше той, которая обычно используется в экспериментах с металлическими пленками. Далее исследователи из ФТИ вместе с коллегами из Университета Ноттингема провели теоретические расчеты и выяснили еще один важный факт, помимо очень большой амплитуды генерируемого импульса. Оказалось, что нагрев пленки диоксида ванадия, необходимый для генерации импульса деформации такой амплитуды, значительно слабее, чем типичный для металлических преобразователей. Это связано с тем, что при лазерно-индуцированном фазовом переходе первого рода значительная часть энергии, переданной лазерным импульсом материалу, затрачивается не на нагрев, а на то, чтобы такой переход запустить.

Таким образом, тонкие пленки диоксида ванадия — материала, который хорошо известен как материал для «умных окон» или для создания полевых транзисторов, оказались еще и перспективными преобразователями оптических импульсов в импульсы деформации.

Публикация:

Iaroslav A. Mogunov, Sergiy Lysenko, Anatolii E. Fedianin, Félix E. Fernández, Armando Rúa, Anthony J. Kent, Andrey V. Akimov, Alexandra M. Kalashnikova,

Large non-thermal contribution to picoseconds strain pulse generation using the photo-induced phase transition in VO₂,

Nature Communications **11**, 1690 (2020)

<http://doi.org/10.1038/s41467-020-15372-z>

Адрес для контактов:

Ярослав Могунов

младший научный сотрудник ФТИ им. А.Ф. Иоффе

mogunov@mail.ioffe.ru

Александра Калашникова, PhD

зав. лабораторией ФТИ им. А.Ф. Иоффе

kalashnikova@mail.ioffe.ru