

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Болгарская Академия наук
ООО «Научно исследовательское предприятие «Лазерные технологии»

ИННОВАТИКА-2018

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

**XIV Международной школы-конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых
26–27 апреля 2018 г.
г. Томск, Россия**

Под редакцией А.Н. Солдатова, С.Л. Минькова

Scientific & Technical Translations



ИЗДАТЕЛЬСТВО

Томск – 2018

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗОНАНСНОЙ АБЛЯЦИИ ПОЛИАМИДОВ

А. Укиметханкызы, Я.А. Лоева, А.Н. Солдатов

*Национальный исследовательский Томский государственный университет
ukimetkhan@mail.ru*

PERSPECTIVES OF LASER RESONANT ABLATION OF POLYAMIDES

A. Ukimetkhanikyzy, Ya.A. Loeva, A.N. Soldatov

National Research Tomsk State University

Laser processing, due to the high radiation power, has found wide application in the processing technology of various materials mainly in high-tech industries and serves both for the creation of new types of processing equipment and mass production of new products

Keywords: polymer, polyamide, resonant ablation, vaporization of the polymer, strontium vapor laser.

Одним из крупнейших достижений науки и техники XX века, наряду с другими открытиями, является создание лазеров. В настоящее время большое внимание уделяется исследованию процессов, происходящих при воздействии лазерного излучения с разной длительностью импульса и различными длинами волн на полимеры поскольку эти материалы широко используются в современных технологиях. Логично предположить, что используя лазерные методы обработки полимеров, возможно сократить время обработки, повысить ее точность [1].

Одним из популярных методов лазерной обработки материалов является метод лазерной абляции. Лазерная абляция или послойное удаление вещества при воздействии лазерного излучения является одним из основных эффектов, используемых для микро- и нано-структурирования поверхности полимерных материалов. В основе этой модели лежит представление о том, что причиной лазерной абляции является реакция разрыва полимерных цепей внутри облучаемого объема за счет реакции, активированной лазерным нагревом, результатом которых является удаление (унос) вещества с поверхности или из объема твердого тела [2].

В последние годы интерес к абляции полимеров лазерным излучением возрос, что стимулировано наметившимися перспективами практического использования этого метода и получаемых полимерных продуктов. Метод лазерной абляции позволяет обрабатывать участки от нескольких микрометров до нескольких десятков нанометров с типичной толщиной в несколько сотен микрометров, при этом точность обработки может ле-

жать в пределах нескольких нанометров и даже выше, что отвечает современным требованиям медицины, электроники, оптоэлектроники, микроэлектроники, вычислительной промышленности [3].

С 90-х годов прошлого века стали активно изучать резонансный вид абляции – процесс, который происходит при совпадении длины волны лазерного излучения с одной из полос поглощения мишени. Так, например, ИК-спектры поглощения капролона, как и других полиамидов, имеют отчетливые характерные полосы групп. Полосу при 1650 см^{-1} обозначают как Амид I, полосу при 1550 см^{-1} ($\lambda = 6.45 \text{ мкм}$) Амид II. Из литературы известно, что в полосу Амид II вносят вклад колебания различных групп: NH-деформационные колебания (50%), CN-валентные колебания (40%) и C=O валентные колебания (10%) (рисунок 1)[4].

На поглощении лазерного излучения на длине волне $\lambda = 6,45 \text{ мкм}$ полиамидом (рисунок 2) основан эффект резонансной абляции, который предлагается использовать при микро- и нанообработке данного материала. Исходя из этого, проанализировав все линии генерации излучения лазера на парах стронция, было установлено, что для нас наибольший интерес представляют линии генерации 6,45 мкм и 3 мкм так, как они соответствуют линиям поглощения такого класса пластмасс как полиамиды.

$\tilde{\nu}$, см^{-1} , интенсивность	Колебание	$\tilde{\nu}$, см^{-1} , интенсивность	Колебание
3304 о. с.	ν (NH)	1182 ср.	ν (CC), ν (CN),
3210 сл. (пл.)			γ_z (CH_2)
3062 ср.		1147 ср.	То же
2936 о. с.	ν_a (CH_2)	1140 ср.	» »
2877 с.	ν_s (CH_2)	1090 о. сл.	» »
2861		1066 ср.	» »
1636 о. о. с.	Амид I	1043 ср.	» »
1541 о. с.	Амид II	1015 сл.	» »
1475 с.	δ (CH_2), N-винци- нальный	988 о. сл.	δ (CONH), (Амид IV)
		938 с.	То же
1466 ср.	δ (CH_2)	907 сл.	
1438 сл.	То же	797 сл.	γ_z (CH_2)
1418 с.	δ (CH_2), CO-винци- нальный	731 ср.	То же
		692 с.	Амид V
1373 ср.	γ_{CP} (CH_2)	582 ср.	Амид VI
1332 сл.	То же	535 ср.	То же
1305 сл.	» »	409 ср.	Скелетные колебания
1279 с.	Амид III + γ_{CP} (CH_2) + + γ_z (CH_2)	358 ср.	Амид VII, скелетные колебания
			То же
1225 ср.	» »	331 сл. (пл.)	» »
1201 с.		234 сл.	

Рис. 1. Полосы в ИК-спектре Полиамида-6

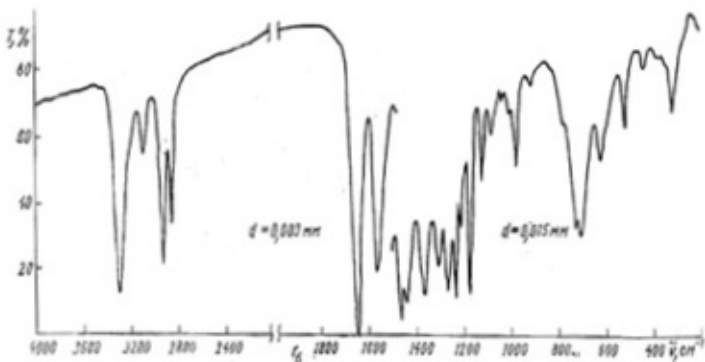


Рис. 2. ИК-спектры поглощения полиамида 6 толщиной 0.003 mm и 0.015 mm T-% поглощения, d – толщина слоя

В лаборатории лазерной физики и кристаллофизики ТГУ под руководством профессора А.Н. Солдатова была разработана установка для исследования процессов лазерной резонансной абляции. Основу лазерного оборудования, обеспечивающего получение излучения с высокой плотностью энергии для эффективного воздействия на полимеры и биоткань, составляет многоволновой лазер на парах стронция с наносекундной длительностью импульса. Спектр его генерации содержит 8 длин волн, из которых 6.45 мкм является основной и оптимальной длиной волны для резонансной абляции полиамидов [3].

Полиамиды – это пластические материалы, отличающиеся повышенной прочностью и термостойкостью, стойкостью к истиранию, хорошими антифрикционными и удовлетворительными электрическими свойствами. Кроме того, они способны выдерживать циклические нагрузки, сохранять свои характеристики в широком диапазоне температур, выдерживать стерилизацию паром до 140°C, сохранять эластичность при низких температурах.

Они успешно конкурируют с металлами и стеклом в автомобилестроении, в отраслях, связанных с электротехникой и электроникой, огнестойкий полиамид продолжает вытеснять дорогостоящий полипропиленсульфид и полибутилентерефталат. Его удельный вес в семь раз меньше удельного веса стали и бронзы.

Технология обработки полиамидов, в частности резка и сверление отверстий, прежде всего востребована в производстве деталей к которым

предъявляются повышенные требования по точности и качеству обработки, а также деталей сложной не стандартной формы. Полиамид-6 благодаря своим свойствам идеально подходит для таких деталей, как подшипники скольжения, направляющие узлов трения, блоков и роликов грузоподъемных механизмов, различных шестерен, звездочек с целью снижения уровня вибрации (размер изделий до 500 микрон). Заметим, что полиамидные подшипники и другие трущиеся детали могут работать без смазки или с небольшой смазкой. Поэтому применение трущихся деталей из полиамидов особенно рационально в текстильной и пищевой промышленности, где по условиям работы смазка нежелательна, а также в узлах, смазка которых затруднена [5].

Полиамиды также успешно используют при изготовлении MEMS систем. Микроэлектромеханические системы – это системы, состоящие из взаимосвязанных электрических и механических компонентов размеры, которых лежат в диапазоне от 1 микрометра до 100 микрометров. Одним из главных отличий МЭМС-технологии является использование жертвенного слоя для создания свободностоящих структур. Для создания подобных структур необходимо использовать промежуточный слой, называемый жертвенным, который будет механически поддерживать структуру на этапе нанесения пленки-основы для моста. В качестве жертвенного слоя выступают полиамиды. Полиамиды, можно производить в больших объемах с большим разнообразием характеристик материала.

МЭМС используют в различных областях техники, а наиболее часто в автомобильных, аэрокосмических и персональных навигационных устройствах. Одним из ведущих направлений применения МЭМС является создание роботизированных систем и киборгов.[6]Получение полиамидных микро деталей методом резонансной лазерной абляции, а также использование лазера на парах стронция для микрообработки полиамидов, которые можно применять в процессе производства компонентов MEMS систем является перспективным направлением, благодаря свойствам и характеристикам данного класса полимеров. Использование лазерной абляции повысит качество и точность обработки изделий.

Литература

1. История создания лазера [Электронный ресурс]. – URL:<http://www.metalforn.ru/> (дата обращения 01.04.2018).
2. Веденов А.А., Глуш Г.Г. Физические процессы при лазерной обработке материалов. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 207 с.

3. Уникальная лазерная установка для исследования лазерной резонансной абляции полимеров и биотканей [Электронный ресурс]. – URL: <http://ckp.tsu.ru/unu/unique-laser-system/> (дата обращения 01.04.2018).
4. Справочник химика. Химия и химическая технология [Электронный ресурс]. – URL: <http://chem21.info/info/743230/> (дата обращения 01.04.2018).
5. Современные полимерные материалы [Электронный ресурс]. – URL: <http://studbooks.net/2315173/nedvizhimost/poliamidu> (дата обращения 01.04.2018).
6. Гургов В.А., Беляев М.А., Бакшеева А.Г. Микроэлектромеханические системы : учебное пособие. – Петрозаводск : ПетрГУ, 2016. – 172 с.