

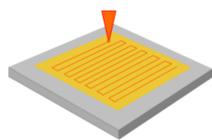


ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПЬЕЗОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПВДФ

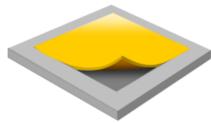
Лаборатория лазерно-индуцированных процессов СФ ФИАН

Поливинилиденфторид (ПВДФ) - фторопласт ($-\text{CF}_2 - \text{CH}_2 -$) с высокими пьезо- и пироэлектрическими свойствами.

Технология изготовления полимерных и керамополимерных пленок



Обработка спрессованного слоя полимера или керамополимерной композиции сканирующим лазерным излучением

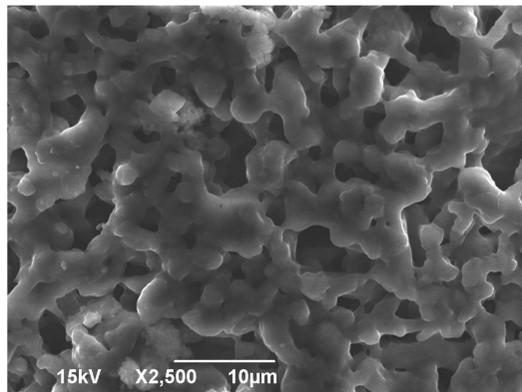


Отделение пленки от спрессованной основы

Патент РФ **RU 2 670 224** Способ изготовления композиционной керамополимерной пленки и композиционная керамополимерная пленка

Достоинства технологии

- Возможность изготовления свободных (не закрепленных на подложке) пленок из ПВДФ и композитов на его основе
- Содержание наполнителя до 70% масс.
- Пористость 10 – 50 %, пористость преимущественно открытая
- Толщина 50 – 250 мкм



СЭМ фотография поверхности пленки из ПВДФ, полученной методом лазерной обработки спрессованной композиции

Таблица. Основные характеристики пленок из ПВДФ и керамополимерной композиции состава ПВДФ : ЦТС = 2 : 1 по массе

Характеристики пленок	ПВДФ : ЦТС = 2 : 1	ПВДФ
Толщина пленок, мкм	50 – 200	60 – 220
Коэффициент открытой пористости Кп, %	20 – 45	35 – 60
Содержание гель – фракции G, %	8 – 20	менее 1,5 %
Размеры кристаллитов α - и β - фаз, нм	$D_\alpha = 3$; $D_\beta = 6$	$D_\alpha = 6-8$; $D_\beta = 6$
Относительное удлинение, %	4 – 6,8	15 – 25
Предельное напряжение на разрыв, МПа	6 – 9	12 – 15
Напряжение пробоя, кВ	13,1 – 13,4	11,5 – 12

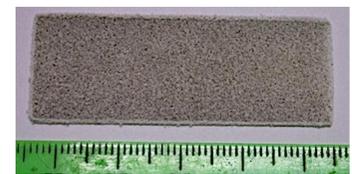
3D печать ПВДФ и керамополимерных композиций на основе ПВДФ



3D печать ПВДФ методом экструзии материала (MEX)



3D печать ПВДФ методом селективного лазерного спекания порошка



3D печать композита из ПВДФ + BaTiO_3 методом селективного лазерного спекания

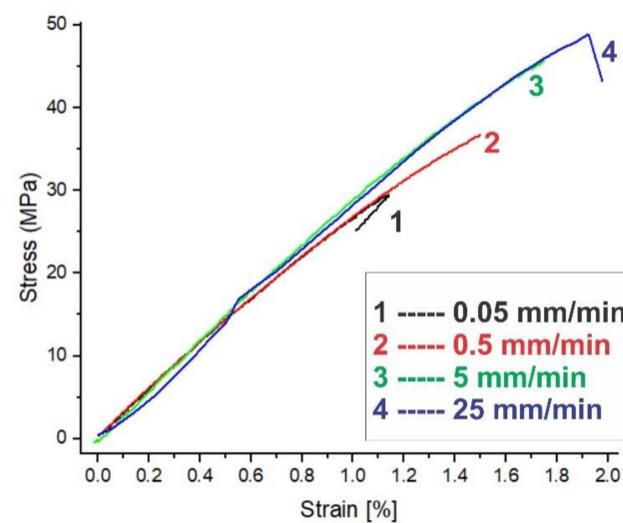


Диаграмма напряжение – деформация для 3D образцов, напечатанных методом экструзии материала (MEX) в зависимости от скорости печати

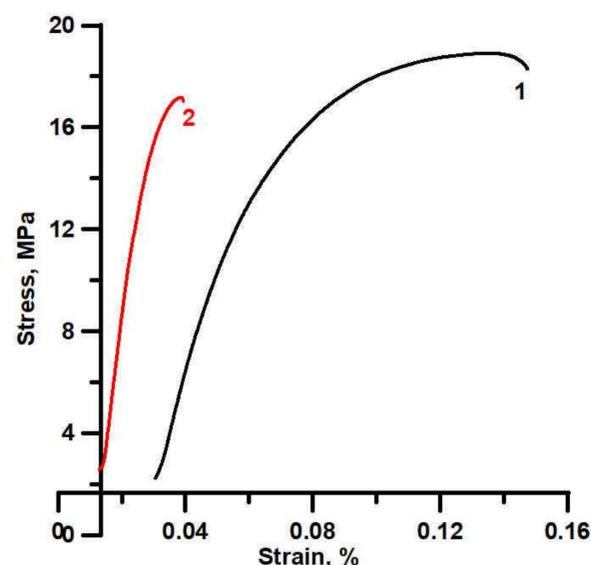


Диаграмма напряжение – деформация для 3D образцов, напечатанных методом селективного лазерного спекания, (1) – чистый ПВДФ; (2) – ПВДФ с наполнителем BaTiO_3

Области применения полимерных материалов и керамополимерных композитов на основе ПВДФ

Электроника

- Пьезодатчики давления и вибрации
- Пироэлектрические элементы тепловизоров
- Защитные покрытия солнечных батарей

Энергетика

- Связующий материал в литий-ионных аккумуляторах
- Мембраны в топливных элементах
- Активные элементы для сбора «мусорной» энергии вибраций, давления, освещенности

Робототехника

- Датчики измерения силы и давления, пьезоэлектрические моторы для управления манипуляторами и захватами
- Гибкая электроника в компонентах soft robotics

Медицина и биотехнологии

- Изготовление биосовместимых покрытий для медицинских имплантов
- Каркасы для регенерации тканей при реконструкции костей
- Отрицательно заряженная поверхность ПВДФ улучшает адгезию и пролиферацию клеток, обеспечивая направленный рост клеток миобластов
- Перспективный материал для нейропротезирования