

**АКТИВАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ РУЛОННЫХ  
ПОЛИИМИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ДУАЛЬНОГО МАГНЕТРОНА**

*ГНУ «Физико-технический институт  
Национальной академии наук Беларуси»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

На основе ароматических полиимидов (ПМА) получают технические материалы, предназначенные для длительной эксплуатации при повышенных для полимеров температурах 250–300 °С и более [1]. Указанные характеристики определяют применимость ПМА материалов при изготовлении пленок электроизоляционного назначения, длительно работающих при высоких температурах. Применение таких материалов сдерживается тем, что они имеют химически инертную и непористую поверхность с низким поверхностным натяжением, что затрудняет образование связей с подложками, печатными красками, покрытиями и клеями. Для использования ПМА пленок в сочетании с другими материалами требуется активация их поверхности для улучшения адгезии за счет повышения поверхностной энергии полимера. Одним из широко применяемых способов, в настоящее время, кроме грунтовки, огневой обработки или химического травления, является плазменное травление и коронный разряд при атмосферном давлении [2,3]. В настоящей работе предложен способ активации рулонных пленочных материалов плазменным потоком газового разряда, создаваемого с использованием дуального магнетрона, с широкой апертурой. В результате проведения экспериментов необходимо было выбрать состав и скорость подачи смеси рабочих газов для возникновения газового разряда, при соблюдении условий минимального распыления титановой мишени. Активацию полиимидных пленок проводили при варьировании различных технологических параметров процесса (таблица 1).

Эффективность процесса активации полиимида оценивалась по прочности соединения образцов ПМА пленки, ламинированной фторопластом с использованием компьютеризированной разрывной машины РТ-250 МЗ. Как показали эксперименты, для всех использованных режимов средние и медианные значения прочности со-

единения до расслоения значительно превосходят требуемые 0,3 Н/см и лежат в диапазоне 0,5–0,6 Н/см.

Таблица 1 – Технологические параметры процесса активации ПМА пленок

№ Режима	Расход технологических газов, л/час	Мощность разряда, кВт	Напряжение разряда, В	Ток разряда, А	Давление в камере, Па
1	N <sub>2</sub> – 3,6	1,75	420	5	$6,0 \times 10^{-1}$
2	N <sub>2</sub> – 7,2	10,4	650	20	$6,5 \times 10^{-1}$
3	N <sub>2</sub> – 3,6, O <sub>2</sub> – 0,45	1,72	412	5	$5,5 \times 10^{-2}$
4	N <sub>2</sub> – 3,6, O <sub>2</sub> – 0,45	14,5	655	30	$8,0 \times 10^{-2}$
5	N <sub>2</sub> – 2,52, O <sub>2</sub> – 0,45	17,3	730	30	$6,0 \times 10^{-2}$
6	N <sub>2</sub> – 3,6, O <sub>2</sub> – 0,45, Ar – 0,45	15,3	660	30	$7,0 \times 10^{-1}$

Как показали измерения по контролю изолирующих свойств обработанной пленки, все полученные образцы не имели признаков ухудшения сопротивления изоляции меньше  $2 \times 10^8$  Ом при напряжении измерения 500 В, что свидетельствует об отсутствии существенного распыления мишени и осаждения Ti на пленке. Также не установлено появления какой-либо проводимости пленки образца, несмотря на присутствие в смеси технологических газов Ar.

Полученные результаты могут быть использованы для производства активированных пленочных материалов широкого спектра применения таких, как полиграфия, в пищевой (упаковка), электротехнической (электрические кабели) и электронной (электронные платы, шлейфы и т. п.), оборонной и космической отраслях. Благодаря высоким механическим характеристикам при высокотемпературном воздействии ПМА пленка может рассматриваться в качестве основы для изготовления наружного элемента композиционного материала, отражающего тепловое излучение, при производстве специальной одежды для пожарных, работников нефтегазовой отрасли, сварщиков, металлургов и военных в т. ч. космического применения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров, А. И. Активация полиимидно-фторопластовой пленки в барьерном разряде / А. И. Егоров, О. А. Саркисов, А. А. Железняков, В. В. Щербаков // *Материалы, технологии, инструменты*. – 2003. – Т. 8, № 1. – С. 42–44.
2. Пискарев, М. С. Модифицирование поверхности пленок полифторолефинов в тлеющем разряде постоянного тока / М. С. Пискарев, А. Б. Яблоков, А. С. Гильман; под ред. А. С. Сигова. – Ч. 2: *Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения*. – 2010. – С. 274–278.
3. Саркисов, О. А. Морфология и молекулярная структура полиуретановых пленок, обработанных в плазме тлеющего разряда / О. А. Саркисов, А. А. Рогачев, А. В. Рогачев, М. А. Ярмоленко, Jiang Xiao-hong // *Журнал прикладной спектроскопии*. – 2007. – Т. 74, № 6. – С. 785–789.

УДК 621.762.4

Латушкина С. Д., Шкробот В. А., Жоглик И. Н.

### **ОСАЖДЕНИЕ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫМИ МЕТОДАМИ**

*ГНУ «Физико-технический институт  
Национальной академии наук Беларуси»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

В современном мире благодаря быстро растущим потребностям промышленности, а также стремительному развитию технологий разрабатывается все большее количество новых сталей и сплавов. Постепенно увеличивается как число легирующих элементов, так и их доля в общей массе материалов. Некоторые марки сталей и сплавов, прежде всего нержавеющей, жаропрочных, высокопрочных, уже содержат 4–5 контролируемых легирующих элементов массой до 30–40 %, высокопрочные алюминиевые сплавы – около 3 элементов по массе до 10–15 %, латуни и бронзы – до 40 и 15 % соответственно [1].

В связи с этим в последнее время получила развитие концепция так называемых высокоэнтропийных сплавов. Высокоэнтропийные