DEGREE STUDY OF PROTECTION EFFECTIVENESS OF METALLOALKOXYSILOXANE FILLERS WITH DIFFERENT STRUCTURES AGAINST ATOMIC OXYGEN

У.С.Андропова[1], О.А.Серенко[1], В.Н. Черник[2], Л.С. Новиков[2]

[1]*ИНЭОС РАН, Москва, Россия, andropova@ispm.ru*

[2] *НИИЯФ МГУ, Москва, Россия*

ВИП 2023
21-25 Августа, Ярославль, Россия

In this work, it is shown that, using the specific values of the erosion coefficient, calculated as the ratio of the obtained erosion coefficients to the concentration of the dispersed phase, expressed in mmol/g of the polyimide matrix, it is possible to compare the protection efficiency of metalloalkoxysiloxane fillers with different chemical structures

Цель работы-получение полимерных нанокомпозитов на основе полиимида (ПИ) и металлоалкосисилоксанов, исследование их устойчивости к атомарному кислороду, разработка подхода к оценке степени эффективности защитных свойств наполнителя

Металлоалкоксисилоксановые прекурсоры

синтез осуществляли в две стадии: получением органодиэтоксисиланолята натрия с последующей обработкой им хлорида металла

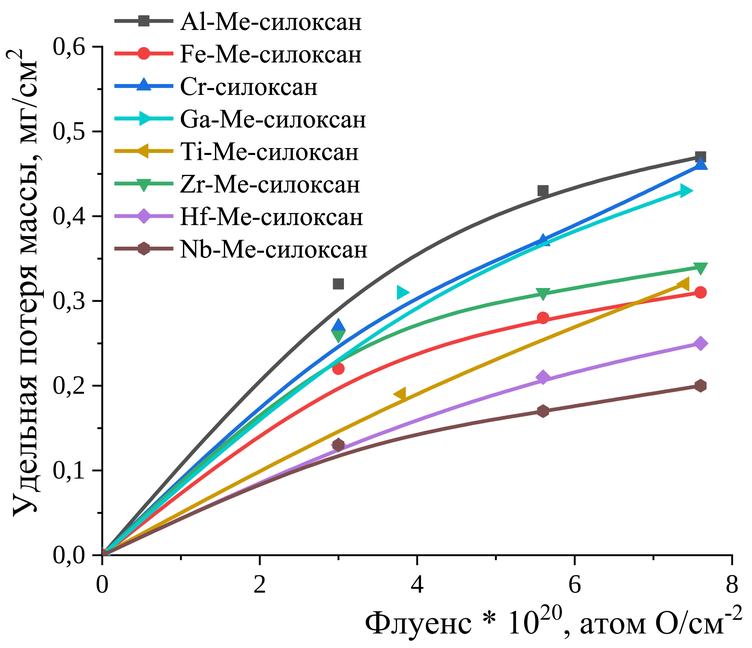
$$\mathbf{R}Si(OC_2H_5)_3 + NaOH \xrightarrow[-C_2H_5OH]{} NaO\overset{\mathbf{R}}{\overset{|}{Si}}(OC_2H_5)_2$$

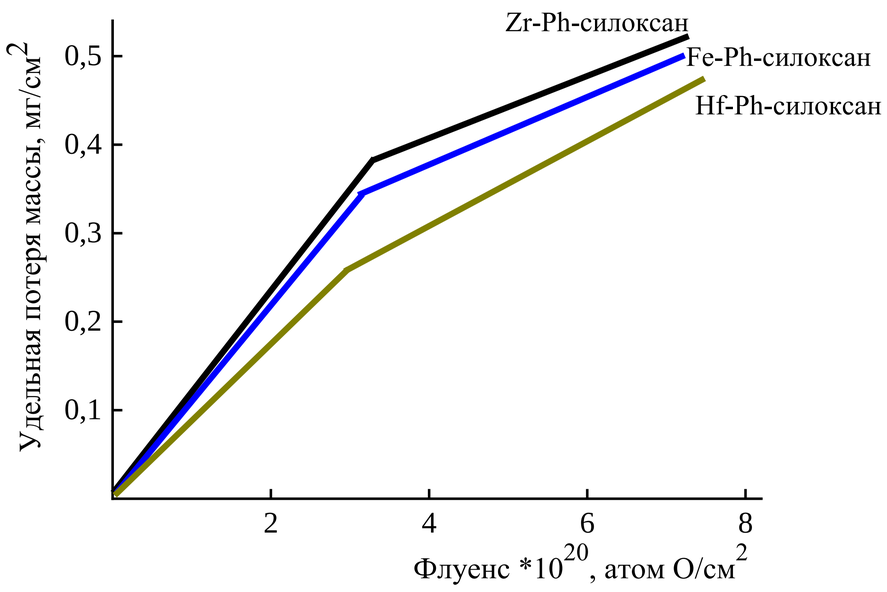
$$\mathbf{M}Cl_n + nNaO\overset{\mathbf{R}}{\overset{|}{Si}}(OC_2H_5)_2 \xrightarrow[-nNaCl]{} \mathbf{M}[O\overset{\mathbf{R}}{\overset{|}{Si}}(OC_2H_5)_2]_n$$

R = CH_3, C_6H_5, $C_3H_6NH_2$

M = Al, Fe, Cr, Ga, Ti, Zr, Hf, Nb

Все полученные образцы облучались потоком кислородной плазмы, формируемым в плазменном ускорителе на плазменно-пучковом стенде НИИЯФ МГУ, имитирующем условия на низкой околоземной орбите

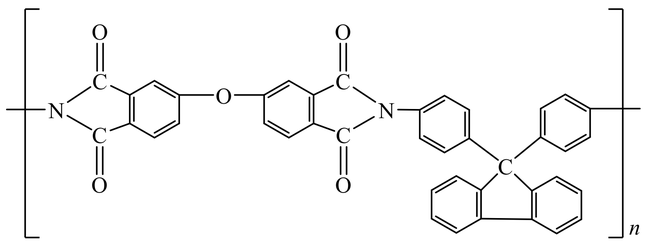




Dependences of the specific weight loss on the atomic oxygen fluence of nanocomposites based on PI obtained using various precursors. The precursor concentration is 14 wt.%

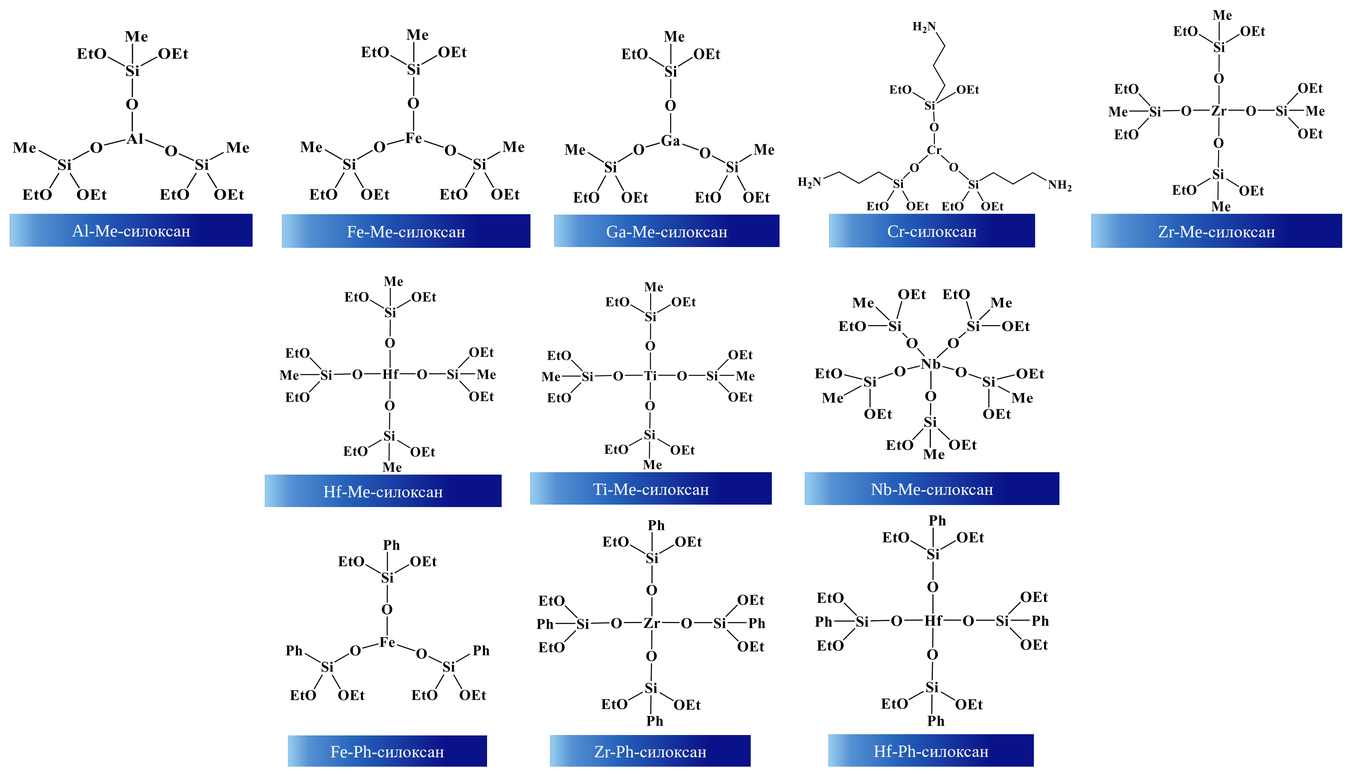
Полимерная матрица

термостойкий, органорастворимый полиимид (ПИ) 4,4'-(9-флуоренилиден)дианилина и 3,3',4,4'-дифенилоксида тетракарбоновой кислоты



Полиимид был синтезирован по известной методике лабораторией высокомолекулярных соединений ИНЭОС РАН

В итоге был получен ряд соединений, отличающихся типом металла, количеством силоксановых звеньев, соответствующим его валентности и заместителем у атома кремния



В данной работе в качестве показателя эффективности наполнителя в составе композита предложена новая характеристика - удельный коэффициент эрозии, определяемый как отношение экспериментально полученного коэффициента эрозии материала к концентрации наполнителя, выраженной в ммоль на 1 г полимера. Его значение позволяет выявить ключевые факторы направленного повышения эрозионной стойкости защитного полимерного покрытия.

$$E_{уд} = E_к / C_f$$

Здесь C_f – концентрация дисперсной фазы, ммоль/г(ПИ)

Образец	Удельный коэффициент эрозии, (см^3*г)/(атом О*ммоль)	
	F=5.6*10^{20} атом О/см^2	F=7.6*10^{20}атом О/см^2
ПИ - Fe-Me-силоксан	1.1*10^{-24}	1,0*10^{-24}
ПИ - Fe-Ph-силоксан	2.4*10^{-24}	2,0*10^{-24}
ПИ - Zr-Me-силоксан	1.4*10^{-24}	1,2*10^{-24}
ПИ - Zr-Ph-силоксан	3.6*10^{-24}	3,0*10^{-24}
ПИ - Hf-Me-силоксан	1.1*10^{-24}	1,0*10^{-24}
ПИ - Hf-Ph-силоксан	2.8*10^{-24}	2,6*10^{-24}
ПИ - Al-Me-силоксан	1.6*10^{-24}	1.3*10^{-24}
ПИ - Cr-силоксан	1.4*10^{-24}	1.3*10^{-24}
ПИ - Ga-Me-силоксан	1.5*10^{-24}	1.3*10^{-24}
ПИ - Ti-Me-силоксан	1.3*10^{-24}	1.2*10^{-24}
ПИ - Nb-Me-силоксан	1.0*10^{-24}	0.9*10^{-24}

ВЫВОДЫ:

- Величина удельного коэффициента эрозии позволяет оценить не только эффективность наполнителя в целом, но и выявить ключевые факторы направленного повышения эрозионной стойкости материала.
- Было показано, химическая структура кремний-органического обрамления центрального атома металла прекурсора в большей степени оказывается влияние на стойкость материалов к воздействию атомарного килорода. «Замена» фенильного заместителя при атоме кремния в составе прекурсора на метильный в 2.2-2.6 раза повышает устойчивость нанокомпозитов к АК.
- Природа центрального атома металла прекурсора относится к вторичным факторам. Его изменение позволяет уменьшить удельный коэффициент эрозии покрытий на основе полиимида и разветвленных функциональных металлосилоксановых олигомеров не более чем в 1,5 раза.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 18-03-00514