МОДИФИКАЦИЯ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛЕНОК ПОЛИИМИДА ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ ИОНОВ БОРА И АЗОТА

И.И. Азарко[1)], Ю.А. Бумай[2)], Лю Динчэн[1)], Ю.В. Сидоренко[1)], М.Г. Лукашевич[1)], В.Б.Оджаев[1)]
[1)]*Белорусский государственный университет, пр. Независимости 4, Минск 220030, Беларусь*
[2)]*Белорусский национальный технический университет, пр. Независимости 65, Минск 220013, Беларусь*

В диапазоне длин волн 200-3000 нм исследованы оптические характеристики (пропускание и отражение) тонких (40 мкм) пленок полиимида, последовательно имплантированных ионами бора и азота с энергией 40 кэВ в интервале доз $1\cdot10^{16}$ – $1.5\cdot10^{17}$ см$^{-2}$ при плотности тока в пучке 4 мкА/см^2. Уменьшение пропускания имплантированными пленками обусловлено карбонизацией приповерхностного слоя и формированием в нем борсодержащих включений. Характерные для исходной пленки полосы отражения в ультрафиолетовой области при λ_1 = 245 нм и λ_2 = 305 нм, не наблюдаемые от имплантированной стороны, проявляются при максимальной дозе. Обнаружено, что в отражении имплантированной стороной не наблюдается полоса λ_1, а полоса λ_2 сдвигается в длинноволновую область на 25 нм, в то время как с не имплантированной стороны не наблюдается полоса λ_2, а полоса λ_1 сдвигается на 10 нм. При падении света на не имплантированную сторону полосы отражения наблюдаются при всех дозах.

Ключевые слова: пленка; полиимид; последовательная имплантация; ион; бор; азот; пропускание; отражение.

MODIFICATION OF OPTICAL CHARACTERISTICS OF POLYIMIDE FILMS IN SERIAL BORON AND NITROGEN ION IMPLANTATIONS

I.I. Azarko[1)], Yu.A. Bumay[2)], Lyu Dinchen[1)], Yu.V. Sidorenko[1)], M.G. Lukashevich[1)], V.B. Odzaev[1)]
[1)]*Belarusian State University, 4 Nezavisimosti Ave., 220030 Minsk, Belarus, Lukashevich@bsu.by*
[2)]*Belarusian National Technical University, 65 Nezavisimosti Ave., 220013 Minsk, Belarus*

Optical characteristics (transmission and reflection) of thin (40 μm) polyimide films sequentially implanted with boron and nitrogen ions with an energy of 40 keV were studied in the wavelength range of 200-3000 nm in the dose range of 1 10^{16} - 1.5 10^{17} cm^{-2} at a density current in the beam 4 μA/cm^2. The decrease in transmission by implanted films is due to the carbonization of the near-surface layer and the formation of boron-containing inclusions in it. Reflection bands in the ultraviolet region characteristic of the original film at λ_1 = 245 nm and λ_2 = 305 nm, are not observed from the implanted side, appear at the maximum dose. It was found that the λ_1 band is not observed in the reflection by the implanted side, and the λ_2 band is shifted to the long wavelength region by 25 nm, while the λ_2 band is not observed from the non-implanted side, and the λ_1 band is shifted by 10 nm. When light falls on the non-implanted side, reflection bands are observed at all doses.

Keywords: film; polyimide; sequential implantation; ion; boron; nitrogen; transmission; reflection.

Введение

Как известно, имплантация полимеров приводит к карбонизации приповерхностного слоя и формированию в нем металлических включений имплантированных металлов. Последовательная ионная имплантация в полимеры в основном используется для создания электрических контактов к заглубленному модифицированному слою. Ранее нами изучены оптические характеристики пленок полиимида (ПИ), имплантированные разными бора [1]. В данной работе изучены спектральные зависимости пропускания и отражения пле-

нок ПИ, последовательно имплантированных ионами бора и азота, с целью изучения изменения оптической щели Тауца и отражения имплантированной и не имплантированной сторонами.

Методика эксперимента

Однозарядные ионы B^+, N^+, ускоренные до энергии 40 кэВ, были последовательно имплантированы в пленки ПИ – $(C_{22}H_{10}O_5N_2)n$ толщиной 40 мкм в интервале доз $1\cdot10^{16}$ – $1.5\cdot10^{17}$ см$^{-2}$ при плотности ионного тока в пучке j= 4 мкА/см^2 . Имплантация проводилась на ионно-лучевом ускорителе ИЛУ-3 при комнатной температуре. Спектры отражения и пропускания регистрировались при комнатной температуре в диапазоне длин волн 200-3000 нм на однолучевом спектрофотометре PHOTON RT.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 показаны спектральные зависимости пропускания исходной (кривая 1) и имплантированных B^+ и N^+ (кривые 2 - 5) пленок ПИ. В исходной пленке в области прозрачности величина коэффициента пропускания близка к 85 %, и он практически не зависит от длины волны до $\lambda \approx$ 2500 нм. Последовательная имплантация приводит к существенному уменьшению пропускания в интервале длин волн до $\lambda \approx$ 2000 нм, а при больших длинах волн пропускание имплантированных пленок близко к пропусканию исходной.

Сравним характеристики последовательно имплантированных пленок с характеристиками имплантированных ионами бора [3]. Имплантация ионов бора приводит к сильному уменьшению пропускания. Дозовая зависимость пропускания при последовательной имплантации показана на рис. 2. Видно незначительное уменьшение пропускания, в то время как при имплантации бора оно уменьшалось почти на порядок.

Определенная в [1] щель Тауца в зависимости от дозы изменялась в интервале 0.6-1.75 эВ, а при последовательной имплантации она практически не зависела от дозы и была около 2.5 эВ.

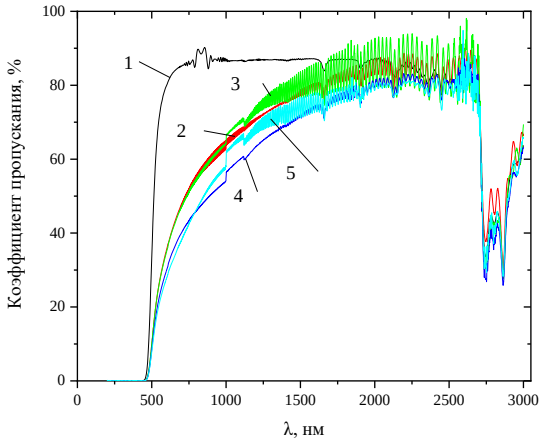

Рис. 1. Спектральная зависимость пропускания исходной (1) и последовательно имплантированных ионами бора и азота пленок полиимида. D, см$^{-2}$: 2 – $1\cdot10^{16}$; 3 – $5\cdot10^{16}$; 4 – $7.5\cdot10^{16}$; 5 – $1.5\cdot10^{17}$

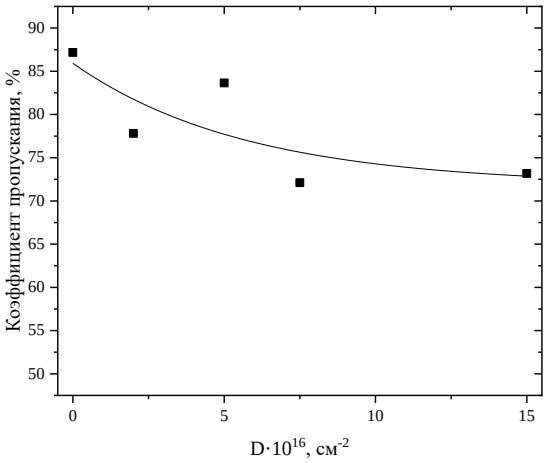

Рис. 2. Зависимость коэффициента пропускания полиимида от дозы имплантации при последовательной имплантации ионов бора и азота на длине волны λ=1000 нм

На рис. 3 и 4 показано отражение пленок при падении света на разные стороны. Имплантация приводит к уменьшению крутизны наклона спектральной зависимости отражения с увеличением дозы (кривые 2-4), а при максимальной дозе наклон возвращается к исходному значению (кривые 1 и 5 на рис. 3 и 4). При этой дозе можно видеть существенный сдвиг отражения в коротковолновую область, достигающий $\Delta\lambda$ = 110 и $\Delta\lambda$ =26 нм при падении света на имплантированную и не имплантированную стороны.

Модификация приповерхностного слоя приводит к тому, что характерные для исходной пленки полосы отражения λ_1 = 245 нм и λ_2 = 305 нм не наблюдаются с имплантированной стороны до дозы $7.5\cdot10^{16}$ см$^{-2}$, а его реструктуризация при дозе $1.5\cdot10^{17}$ см$^{-2}$ приводит к их появлению. При этом не наблюдается полоса λ_1, а полоса λ_2 сдвигается в длинноволновую область на $\Delta\lambda_2$ = 25 нм, в то время как с не имплантированной стороны не наблюдается полоса λ_2, а полоса λ_1 сдвигается на $\Delta\lambda_1$ =10 нм (кривые 1 и 5 на рис. 3 и 4).

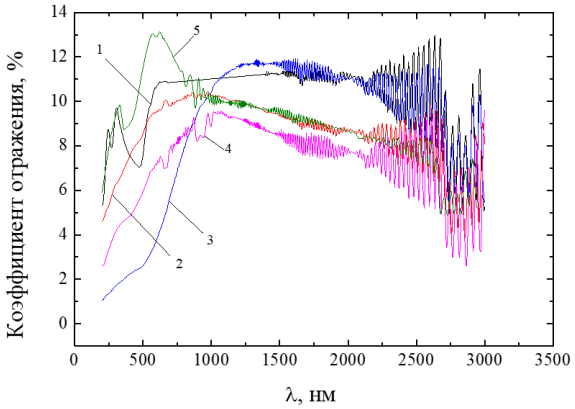

Рис. 3. Спектральная зависимость отражения исходной (1) и последовательно имплантированных ионами бора и азота (2-5) пленок полиимида при падении света на имплантированную сторону. D, см$^{-2}$: 2 – $1\cdot10^{16}$, 3 – $5\cdot10^{16}$, 4 – $7.5\cdot10^{16}$, 5 – $1.5\cdot10^{17}$

Заключение

Последовательная имплантация ионов бора и азота в пленки полиимида приводит к уменьшению и трансформации спектральной зависимости пропускания и отражения при падении света на имплантированную и не имплантированную стороны. При последовательной имплантации наблюдается значительно меньшее

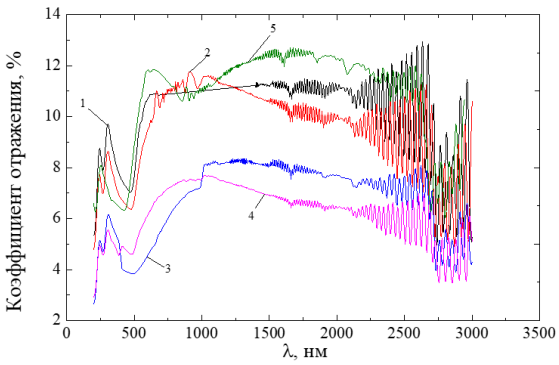

Рис. 4. Спектральная зависимость отражения исходной (1) и имплантированных ионами бора и азота пленок ПИ с не имплантированной стороны. D, см$^{-2}$: 2 – $1\cdot10^{16}$, 3 – $5\cdot10^{16}$, 4 – $7.5\cdot10^{16}$, 5 – $1.5\cdot10^{17}$

уменьшение коэффициента пропускания. Обнаружено, что при последовательной имплантации максимальной дозой $1.5\cdot10^{17}$ см$^{-2}$ в спектрах отражения имплантированной стороны появляется полоса λ_2 = 305 нм, сдвинутая в длинноволновую область на 25 нм, и отсутствует полоса λ_1 = 245 нм. В отражении не имплантированной стороной, полоса λ_1 сдвигается на 10 нм в длинноволновую область, а полоса λ_2 не наблюдается.

Библиографические ссылки

1. Бумай Ю.А., Долгих Н.И., Харченко А.А., Лукашевич М.Г., Оджаев В.Б. Оптические характеристики пленок полиимида, имплантированных ионами B^+ и Ag^+. *Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 1, Физика. Математика. Информатика* 2011; (2): 41-44.
2. Robertson, J., O'Reilly E. Electronic and atomic structure of amorphous carbon. *Physical Review B* 1987; 35(6): 2946-2957.