

## ЭЛЕКТРОФИЗИКА, ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

УДК 541.183

DOI 10.52928/2070-1624-2024-43-2-34-40

### ИНФРАКРАСНАЯ ФУРЬЕ-СПЕКТРОСКОПИЯ ДИФФУЗНОГО ОТРАЖЕНИЯ ПЛЕНОК НЕГАТИВНЫХ ФОТОРЕЗИСТОВ СЕРИИ AZ nLOF НА МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ КРЕМНИИ

канд. физ.-мат. наук Д. И. БРИНКЕВИЧ, канд. физ.-мат. наук, доц. В. С. ПРОСОЛОВИЧ  
(Белорусский государственный университет, Минск);

канд. техн. наук В. В. КОЛОС, О. А. ЗУБОВА  
(ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ», Минск);

канд. физ.-мат. наук, доц. С. А. ВАБИЩЕВИЧ  
(Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой)

Методом ИК-Фурье-спектроскопии диффузного отражения исследованы пленки негативных фоторезистов (ФР) AZ nLOF 2020, AZ nLOF 2070 и AZ nLOF 5510 толщиной 0,95 – 6,1 мкм, нанесенные на поверхность пластин кремния методом центрифугирования. В спектрах диффузного отражения структур фоторезист/Si полосы поглощения наблюдались на фоне интерференционных полос, что позволяет использовать методику для измерения толщины пленки или ее показателя преломления. Наиболее интенсивными в спектрах ФР серии AZ nLOF являются полосы валентных колебаний ароматического кольца, нульсационных колебаний углеродного скелета ароматического кольца, широкая структурированная полоса с несколькими максимумами в диапазоне 1050 – 1270 см<sup>-1</sup> и полоса, связанная с СН<sub>2</sub>-мостиком. Структура спектра поглощения фоторезистов серии AZ nLOF схожа со структурой спектра фенолформальдегидного фоторезиста ФП9120. Показано, что полоса колебаний СН<sub>3</sub>-групп при 2945 см<sup>-1</sup> обусловлена растворителем.

**Ключевые слова:** негативный фоторезист, ИК-спектроскопия, диффузное отражение, растворитель.

**Введение.** Негативные фоторезисты AZ nLOF 2020, AZ nLOF 2070 и AZ nLOF 5510 (производитель MicroChemicals GmbH, Германия) предназначены для использования в процессах обратной (lift-off) литографии и обладают высокой (до 250 °С и выше) термической стабильностью<sup>1</sup>. Они разработаны под *i*-линию (365 нм) дуговой лампы, при этом не чувствительны к *g*- и *h*-линиям (435 и 404 нм соответственно). Указанные резисты устойчивы к большинству органических растворителей, но в тоже время не обладают стабильностью по отношению к кремниевым травителям на основе КОН. Они чувствительны к электронному облучению, что позволяет комбинировать ультрафиолетовую и высокоразрешающую электронную литографию. В качестве растворителя используется пропиленгликоль ацетат монометилового эфира (PGMEA) (рисунок 1). PGMEA применяют для удаления бортиков по краям, поскольку низкое давление его паров предотвращает дальнейшее уменьшение толщины нанесенной пленки фоторезиста.

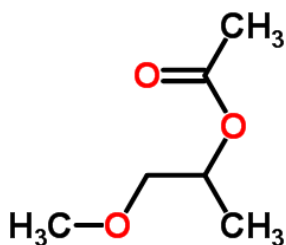


Рисунок 1. – Структурная формула пропиленгликоля ацетата монометилового эфира (PGMEA)

Фоторезисты AZ nLOF 2020, AZ nLOF 2070 и AZ nLOF 5510 имеют различную вязкость и рассчитаны на разные толщины пленки. Так, при скорости вращения центрифуги 3000 об/мин толщина фоторезистивной пленки для AZ nLOF 2070 составляет 7,0 мкм, для AZ nLOF 2020 – 2,0 мкм и для AZ nLOF 5510 – 0,90 мкм.

<sup>1</sup> AZ nLOF 20xx negative resist [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.microchemicals.com/PRODUCTS/Photochemicals/Photoresist/Negative-Resist> (дата обращения 06.11.2024).

Метод нарушенного полного внутреннего отражения широко применяется при исследованиях жидких пленок [1], поскольку в этом случае имеет место хороший контакт пленки с измерительной призмой. При измерении твердых пленок для исключения зазора между образцом и призмой необходимо обеспечить идеальное усилие прижима. При недостаточном прижимном усилии снижается интенсивность полос поглощения, а сам спектр искажается. Чрезмерное усилие приводит к царапанию призмы и/или разрушению образца. Указанные обстоятельства существенным образом влияют на воспроизводимость результатов измерений и осложняют их анализ.

Целью настоящей работы являлось исследование методом диффузного отражения оптических характеристик пленок негативных фоторезистов AZ nLOF 2020, AZ nLOF 2070 и AZ nLOF 5510 на кремнии.

**Методы исследования.** Пленки негативных фоторезистов марок AZ nLOF 2020, 2070 и 5510 толщиной 0,95 – 6,1 мкм наносились на поверхность Si с ориентацией (111) методом центрифугирования [2]. Перед нанесением ФР пластины кремния подвергались стандартному циклу очистки поверхности в органических и неорганических растворителях. После формирования пленки ФР проводилась ее сушка при температуре 90 – 110 °С. Измерение геометрической толщины пленок фоторезистов выполнялось на растровом электронном микроскопе.

ИК-Фурье-спектры структур фоторезист/Si регистрировались в диапазоне 400 – 4000 см<sup>-1</sup> при комнатной температуре спектрофотометром ALPHA (Bruker Optik GmbH) с приставкой для измерения диффузного отражения. Количество сканов – 24. Разрешение было не хуже 4 см<sup>-1</sup>. Коррекция фона проводилась перед каждым измерением.

**Экспериментальные результаты и их обсуждение.** В спектре диффузного отражения структур фоторезист/Si полосы поглощения наблюдаются на фоне интерференционных полос. Так, для пленок толщиной ~ (5-6) мкм (рисунок 2) наиболее интенсивные полосы видны на фоне первой и второй интерференционных полос в области 700 – 1700 см<sup>-1</sup>. Это обстоятельство осложняет анализ трансформации полос поглощения при различных воздействиях. Отметим, что в спектрах нарушенного полного внутреннего отражения пленок фоторезистов при  $\nu < 1800$  см<sup>-1</sup> наблюдается монотонное возрастание фонового поглощения, которое обусловлено проникновением ИК-излучения в кремниевую подложку и рассеянием/отражением на границах раздела фоторезист/Si и фоторезист/воздух [3; 4].

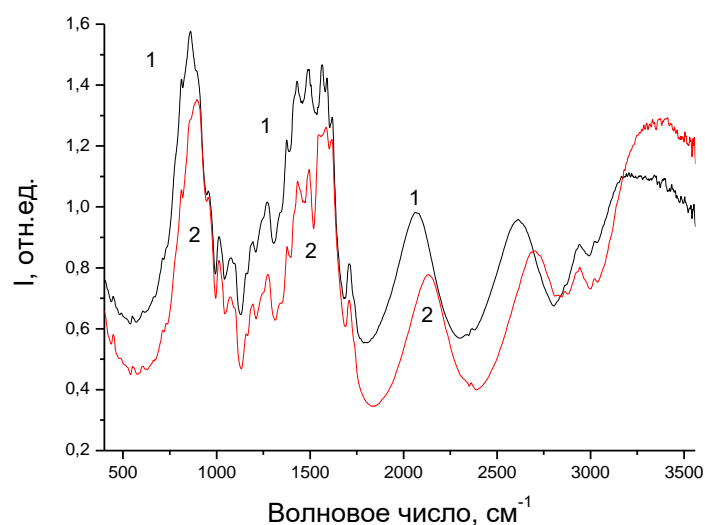


Рисунок 2. – Спектры диффузного отражения пленок фоторезистов AZ nLOF 2020 толщиной 6,0 мкм (1) и AZ nLOF 2070 толщиной 5,8 мкм (2)

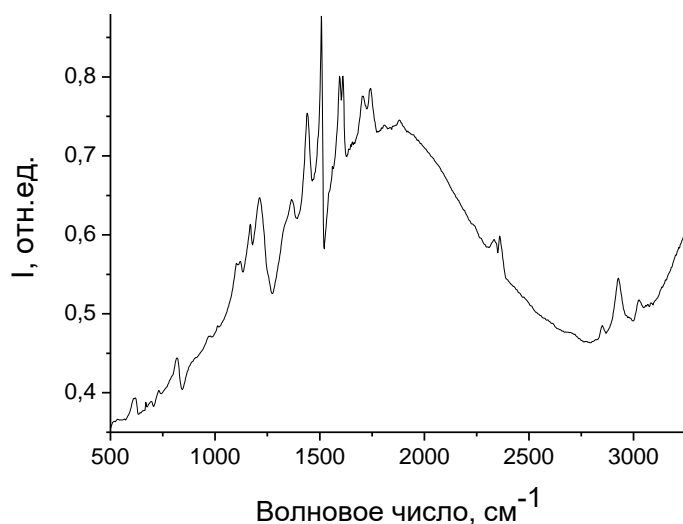
Наличие в спектрах диффузного отражения интерференционных полос открывает дополнительные возможности для исследования фоторезистивных пленок. Известно, что энергетическое положение максимумов этих полос определяется выражением

$$m\lambda = 2nd, \tag{1}$$

где  $m$  – номер максимума;  
 $\lambda$  – длина волны максимума;  
 $n$  – показатель преломления пленки;  
 $d$  – геометрическая толщина пленки.

Это позволяет при известном  $n$  измерить толщину пленки или при известной геометрической толщине пленки определить показатель преломления  $n$  фоторезистивной пленки. Отметим, что значения толщины пленок, полученные из измерений спектров диффузного отражения, совпадали с данными, определенными с помощью электронного микроскопа.

При уменьшении толщины пленки интерференционные полосы расширяются и смещаются в область больших волновых чисел. При толщинах ФР-пленок  $\sim 1$ -2 мкм полосы поглощения отчетливо проявляются на фоне первой интерференционной полосы (рисунок 3), что позволяет достаточно уверенно определять соотношение интенсивностей полос поглощения и анализировать изменение их интенсивности при внешних воздействиях.



**Рисунок 3.** – Спектр диффузного отражения пленок негативного фоторезиста AZ nLOF 5510 толщиной 0,99 мкм

Экспериментальные значения частот полос ИК-поглощения фоторезистов серии AZ nLOF и их соответствие функциональным группам приведены в таблице. Наиболее интенсивными в спектре диффузного отражения фоторезистивных пленок являются полосы валентных колебаний ароматического кольца ( $\sim 1500$   $\text{см}^{-1}$ ), пульсационных колебаний углеродного скелета ароматического кольца (двойный максимум  $\sim 1595$  и  $1610$   $\text{см}^{-1}$ ) и полоса с максимумом  $\sim 1430$   $\text{см}^{-1}$ , обусловленная колебаниями бензольного кольца, связанного с  $\text{CH}_2$ -мостиком [5; 11]. Эти полосы характерны для фенолформальдегидной смолы [5] и наблюдались ранее в различных позитивных [4; 12] и негативных [13] фоторезистах на основе фенолформальдегидных смол. Это обстоятельство позволяет утверждать, что основным компонентом фоторезистов серии AZ nLOF является фенолформальдегидная смола.

Таблица. – Экспериментальные значения частот ИК-поглощения функциональных групп в негативных фоторезистах серии AZ nLOF

Энергетическое положение	Интенсивность	Функциональная группа, тип колебаний	Примечание
1	2	3	4
770 $\text{см}^{-1}$	слабая	Внеплоскостные колебания С–Н-связей орто- и пара-замещенного кольца [5]	
810 $\text{см}^{-1}$	сильная		
860 $\text{см}^{-1}$	слабая	Нет данных	
895 $\text{см}^{-1}$	слабая	Нет данных	
958 $\text{см}^{-1}$	слабая	С–О–С-связи в растворителе [6–8]	
1010 $\text{см}^{-1}$	средняя	Колебания С–С-связей [4]	
1070 $\text{см}^{-1}$	средняя	С–О–С в растворителе [6–8]	
1100 $\text{см}^{-1}$	слабая	Валентные колебания Si–О-связей в кремнии [9]	
1166 $\text{см}^{-1}$	сильная	Валентные колебания С–О [7; 9]	Широкая бесструктурная полоса
1180 $\text{см}^{-1}$			
1240 $\text{см}^{-1}$			
1280 $\text{см}^{-1}$			
1320 $\text{см}^{-1}$	слабая	Нет данных	

Окончание таблицы

1	2	3	4
1380 см <sup>-1</sup>	средняя	Деформационные плоскостные колебания ОН-связей [6]	
1440 см <sup>-1</sup>	сильная	Валентные колебания ароматического кольца, связанные с СН <sub>2</sub> -мостиком [6]	2 максимума близко расположены
1502 см <sup>-1</sup>	сильная	Валентные колебания ароматического кольца [6]	
1566 см <sup>-1</sup>	сильная	Пульсационные колебания углеродного скелета ароматического кольца [7]	
1595 см <sup>-1</sup>	средняя		
1610 см <sup>-1</sup>	средняя		
1715 см <sup>-1</sup>	слабая	С=О-валентные колебания в сложных ароматических эфирах [7; 10]	Интенсивность «плавает» от образца к образцу
~ 2850 см <sup>-1</sup>	слабая	Симметричные валентные колебания СН <sub>2</sub> -групп [7]	
~ 2865 см <sup>-1</sup>	слабая	Симметричные валентные колебания СН <sub>3</sub> -групп [7]	
2926 см <sup>-1</sup>	средняя	Асимметричные валентные колебания СН <sub>2</sub> -групп [7]	
2945 см <sup>-1</sup>	средняя	Асимметричные валентные колебания СН <sub>3</sub> -групп [7]	
3010 см <sup>-1</sup>	слабая	Валентные колебания СН-групп [7]	
3300 см <sup>-1</sup>	слабая	О–Н-валентные колебания, водородная связь [7]	Широкая

Во всех спектрах диффузного отражения исследованных фоторезистивных пленок наблюдалась интенсивная широкая структурированная полоса с несколькими максимумами в диапазоне 1050 – 1270 см<sup>-1</sup>. В этом диапазоне наблюдаются колебания С–О- и С–С-связей в растворителе и плоскостные деформационные колебания С–О-связей фенольной группы фенолформальдегидной смолы [13]. Кроме того, в диапазоне волновых чисел 1700 – 1720 см<sup>-1</sup> наблюдалась полоса, обусловленная валентными колебаниями С=O<sub>str</sub> в сложных ароматических эфирах. Отметим, что в пленке AZ nLOF F5510 толщиной 0,99 мкм она имела 2 максимума (см. рисунок 3). Это может быть обусловлено образованием адгезионной связи с кремнием. Отметим, что растворитель фоторезистов серии AZ nLOF – ацетат монометилового эфира пропиленгликоля (PGMEA), широко используется для улучшения адгезии к поверхности кремния.

Наблюдался также ряд полос средней и малой интенсивности в области волновых чисел  $\nu = 400–900$  см<sup>-1</sup>, энергетическое положение и принадлежность которых к функциональным группам были подробно рассмотрены в [4; 13]. Наиболее сильной из них была полоса деформационных колебаний С–Н-связей с максимумом при 810 см<sup>-1</sup>, обусловленная внеплоскостными колебаниями С–Н-связей ароматического кольца.

В области валентных колебаний С–Н-связей в спектрах диффузного отражения ФР-пленок наблюдались полосы с максимумами при ~ 2870 и 2925 см<sup>-1</sup>, обусловленные ассиметричными и симметричными валентными колебаниями С–Н<sub>2</sub>-связей, и полоса с максимумом при 3010 см<sup>-1</sup>, связанная с валентными колебаниями С–Н-связи. Отметим, что интенсивность полос колебаний С–Н<sub>2</sub>-связей была существенно выше интенсивности полосы колебаний С–Н-связей (см. рисунок 3). В спектрах всех ФР-пленок также присутствовала широкая слабая полоса с максимумом в области ~ 3300 см<sup>-1</sup>, обусловленная валентными колебаниями О–Н-связи.

Структура спектра поглощения фоторезистов серии AZ nLOF схожа со структурой спектров позитивного фенолформальдегидного советского фоторезиста ФП9120 [14] и негативных фоторезистов различных производителей: NFR 016D4 (JSR, Япония) [13] и КМР Е3502 (Kempur Microelectronics, Китай). Так, во всех этих резистах самыми интенсивными являются полосы валентных колебаний ароматического кольца, пульсационных колебаний углеродного скелета ароматического кольца, широкая структурированная полоса с несколькими максимумами в диапазоне 1050 – 1270 см<sup>-1</sup> и полоса, связанная с СН<sub>2</sub>-мостиком. Кроме того, наблюдался ряд относительно слабоинтенсивных полос колебаний О–Н- и С–Н-связей. Производитель фоторезистов серии AZ nLOF (MicroChemicas GmbH, Германия) не раскрывает их состав, но из анализа спектра поглощения можно с достаточной долей уверенности утверждать, что основу ФР составляют фенолформальдегидные смолы.

Различия в спектрах диффузного отражения фоторезистов серии AZ nLOF (рисунки 4 и 5) связаны, на наш взгляд, с особенностями технологий получения фенолформальдегидной смолы, используемой в ФР, и наличием в пленках остаточного растворителя. В толстых пленках AZ nLOF 2070 и AZ nLOF 2020 различается только интенсивность отдельных полос (соотношения интенсивностей близкорасположенных полос); энергетическое положение полос идентично (см. рисунок 4). Более существенные различия имели место между тонкими и толстыми пленками (см. рисунок 5). Так, в области колебаний С=О-связей в пленках AZ nLOF 5510 толщиной 0,99 мкм появляется дополнительная полоса с максимумом при ~ 1650 см<sup>-1</sup> (см. рисунок 5, а). В отдельных толстых пленках эта полоса возникает после облучения ультрафиолетом с  $\lambda = 404$  нм и дополнительной сушки в течение 60 с при 115 °С.

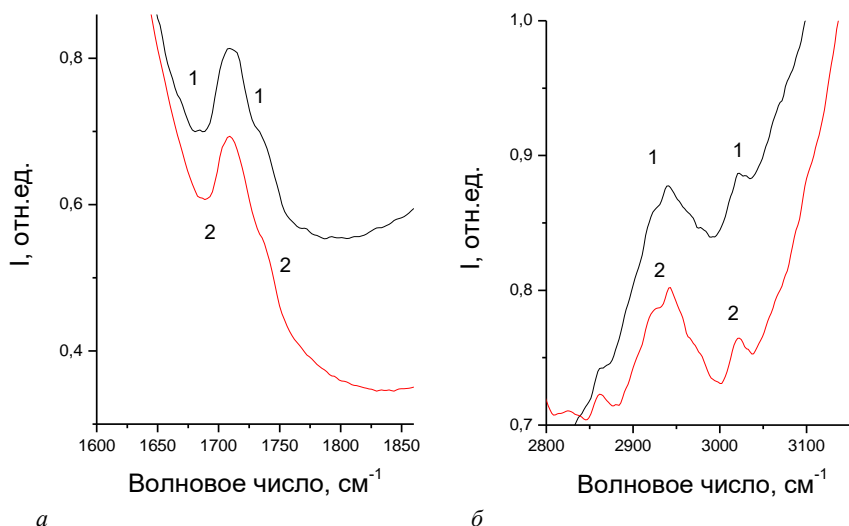


Рисунок 4. – Спектр диффузного отражения пленок фоторезистов AZ pLOF 2070 толщиной 5,8 мкм (2) и AZ pLOF 2020 толщиной 6,0 мкм (1) в области валентных колебаний C=O- (а) и C–H- (б) связей

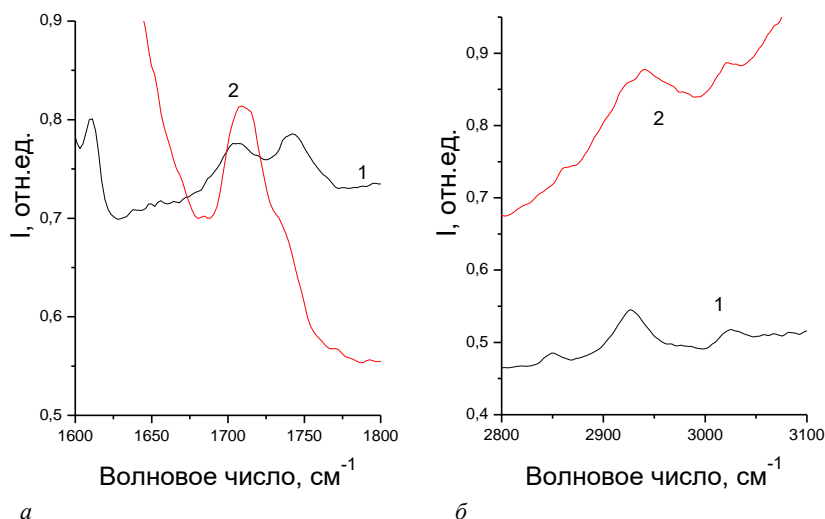


Рисунок 5. – Спектр диффузного отражения пленок фоторезистов AZ pLOF 5510 толщиной 0,99 мкм (1) и AZ pLOF 2020 толщиной 6,0 мкм (2) в области валентных колебаний C=O- (а) и C–H- (б) связей

Существенные отличия также имели место в области валентных колебаний C–H-связей (см. рисунок 5, б). В этой области наблюдались 4 полосы: средней интенсивности при 2926 и 2945  $\text{см}^{-1}$  (асимметричные валентные колебания  $\text{CH}_2$ - и  $\text{CH}_3$ -групп); слабой интенсивности при 3010  $\text{см}^{-1}$  (валентные колебания  $\text{CH}$ -групп) и ~ 2865  $\text{см}^{-1}$  (симметричные валентные колебания  $\text{CH}_2$ - и  $\text{CH}_3$ -групп). Близкорасположенные полосы при 2926 и 2945  $\text{см}^{-1}$  слабо различимы вследствие низкого разрешения использовавшегося прибора (4  $\text{см}^{-1}$ ). В толстых пленках доминирующей является полоса колебаний  $\text{CH}_3$ -групп при 2945  $\text{см}^{-1}$ . Колебания  $\text{CH}_2$ -групп проявляются в виде перегиба на низкоэнергетическом плече полосы колебаний  $\text{CH}_3$ -групп (см. рисунок 5, б, кривая 2). В тонких пленках полоса колебаний  $\text{CH}_3$ -групп при 2945  $\text{см}^{-1}$  пропадает из спектра (см. рисунок 5, б, кривая 1), а полосы колебаний  $\text{CH}_2$ - и  $\text{CH}$ -групп сохраняются практически без снижения интенсивности. При этом слабоинтенсивная полоса при ~ 2865  $\text{см}^{-1}$ , обусловленная симметричными валентными колебаниями  $\text{CH}_2$ - и  $\text{CH}_3$ -групп, смещается в низкоэнергетическую область до 2850  $\text{см}^{-1}$ . Снижение интенсивности полосы колебаний  $\text{CH}_3$ -групп при 2945  $\text{см}^{-1}$  наблюдалось также в толстых пленках после облучения ультрафиолетом с  $\lambda = 404$  нм и дополнительной сушки в течение 60 с при 115 °С. Приведенные экспериментальные результаты, а также наличие трех  $\text{CH}_3$ -групп в составе PGMEA, позволяют с большой достоверностью утверждать, что полоса колебаний  $\text{CH}_3$ -групп при 2945  $\text{см}^{-1}$  обусловлена растворителем.

**Заключение.** Экспериментально установлено, что в спектрах диффузного отражения структур фоторезист/Si полосы поглощения наблюдались на фоне интерференционных полос, что позволяет использовать методику для измерения толщины пленки или ее показателя преломления. Наиболее интенсивными

в спектрах ФР серии AZ nLOF являются полосы валентных колебаний ароматического кольца, пульсационных колебаний углеродного скелета ароматического кольца, широкая структурированная полоса с несколькими максимумами в диапазоне 1050 – 1270 см<sup>-1</sup> и полоса, связанная с CH<sub>2</sub>-мостиком. Структура спектра поглощения фоторезистов серии AZ nLOF схожа со структурой спектра фенолформальдегидного фоторезиста ФП9120. Показано, что полоса колебаний CH<sub>3</sub>-групп при 2945 см<sup>-1</sup> обусловлена растворителем. Различия в спектрах диффузного отражения фоторезистов серии AZ nLOF связаны с особенностями технологий получения фенолформальдегидной смолы, являющейся основой фоторезистов указанных марок, и наличием в пленках остаточного растворителя.

Работа выполнена в рамках задания 2.16 Государственной программы научных исследований «Материаловедение, новые материалы и технологии», подпрограмма «Наноструктурные материалы, нанотехнологии, нанотехника («Наноструктура»).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Трансформация спектров нарушенного полного внутреннего отражения в процессе сушки диазохинон-новолачного фоторезиста / Д. И. Бринкевич, С. Д. Бринкевич, А. Н. Петлицкий и др. // Микроэлектроника. – 2021. – Т. 50, № 4. – С. 274–280. – DOI: [10.31857/S0544126921040037](https://doi.org/10.31857/S0544126921040037).
2. Модификация спектров отражения пленок диазохинон-новолачного фоторезиста при имплантации ионами бора и фосфора / Д. И. Бринкевич, А. А. Харченко, В. С. Просолович и др. // Микроэлектроника – 2019 – Т. 48, № 3. – С. 235–239. – DOI: [10.1134/S0544126919020029](https://doi.org/10.1134/S0544126919020029).
3. Бринкевич С. Д., Бринкевич Д. И., Просолович В. С. Модификация пленок диазохинон-новолачного фоторезиста имплантацией ионов сурьмы // Микроэлектроника. – 2021. – Т. 50, № 1. – С. 36–42. – DOI: [10.31857/S0544126920060022](https://doi.org/10.31857/S0544126920060022).
4. Модификация пленок диазохинон-новолачного фоторезиста за областью внедрения ионов В<sup>+</sup> / С. Д. Бринкевич, Е. В. Гринюк, Д. И. Бринкевич и др. // Химия высоких энергий. – 2020. – Т. 54, № 5. – С. 377–386. – DOI: [10.31857/S0023119320050046](https://doi.org/10.31857/S0023119320050046).
5. Poljansek I., Sebenik U., Krajnc M. Characterization of phenol–urea–formaldehyde resin by inline FTIR spectroscopy // Journal of Applied Polymer Science. – 2006. – Vol. 99, iss. 5. – P. 2016–2028. – DOI: [10.1002/app.22161](https://doi.org/10.1002/app.22161).
6. Преч Э., Бюльманн Ф., Афгольтер К. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных. – М.: Мир: БИНОМ. Лаб. знаний, 2006. – 439 с.
7. Тарасевич Б. Н. ИК спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы. – М.: МГУ, 2012. – 55 с.
8. Механизм адгезионного взаимодействия пленок диазохинон-новолачного фоторезиста с монокристаллическим кремнием / С. Д. Бринкевич, Е. В. Гринюк, Р. Л. Свердлов и др. // Журнал прикладной спектроскопии. – 2020. – Т. 87, № 4. – С. 589–594.
9. Спектры нарушенного полного внутреннего отражения азотированных структур SiO<sub>2</sub>/Si / В. Б. Оджаев, А. Н. Петлицкий, В. С. Просолович и др. // Журнал прикладной спектроскопии. – 2022. – Т. 89, № 4. – С. 498–504. – DOI: [10.47612/0514-7506-2022-89-4-498-504](https://doi.org/10.47612/0514-7506-2022-89-4-498-504).
10. Модификация спектров нарушенного полного внутреннего отражения пленок диазохинон-новолачного резиста при облучении γ-квантами <sup>60</sup>Со / С. Д. Бринкевич, Д. И. Бринкевич, В. С. Просолович и др. // Химия высоких энергий. – 2021. – Т. 55, № 1. – С. 66–75. – DOI: [10.31857/S0023119321010071](https://doi.org/10.31857/S0023119321010071).
11. Спектры нарушенного полного внутреннего отражения пленок диазохинон-новолачного резистов / С. Д. Бринкевич, Д. И. Бринкевич, В. С. Просолович и др. // Журнал прикладной спектроскопии. – 2020. – Т. 87, № 6. – С. 941–948.
12. Garcia I. T. S., Zawislak F. C., Samios D. The effects of nuclear and electronic stopping powers on ion irradiated novolac-diazoquinone films // Applied Surface Science. – 2004. – Vol. 228, iss. 1–4. – P. 63–76. – DOI: [10.1016/j.apsusc.2003.12.027](https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2003.12.027).
13. Инфракрасная Фурье-спектроскопия структур фоторезист/кремний, используемых для обратной литографии / Д. И. Бринкевич, Е. В. Гринюк, С. Д. Бринкевич и др. // Журнал прикладной спектроскопии. – 2023. – Т. 90, № 6. – С. 863–869.
14. Бринкевич Д. И., Просолович В. С., Янковский Ю. Н. Модификация пленок диазохинон-новолачного фоторезиста имплантацией ионов бора // Журнал Белорусского государственного университета. Физика. – 2020. – № 2. – С. 62–69. – DOI: [10.33581/2520-2243-2020-2-62-69](https://doi.org/10.33581/2520-2243-2020-2-62-69).

## REFERENCES

1. Brinkevich, D. I., Brinkevich, S. D., Petlitsky, A. N., & Prosolovich, V. S. (2021). Transformation of the Spectra of a Attenuated Total Reflection when Drying a Diazoquinone-Novolac Photoresist. *Russian Microelectronics*, 50(4), 239–245. DOI: [10.1134/S106373972104003X](https://doi.org/10.1134/S106373972104003X).
2. Brinkevich, D. I., Kharchenko, A. A., Prosolovich, V. S., Odzhaev, V. B., Brinkevich, S. D., & Yankovski, Yu. N. (2019). Reflection spectra modification of diazoquinone-novolac photoresist implanted with B and P ions. *Russian Microelectronics*, 48(3), 197–201. DOI: [10.1134/S1063739719020021](https://doi.org/10.1134/S1063739719020021).
3. Brinkevich, S. D., Brinkevich, D. I., & Prosolovich, V. S. (2021). Modification of Diazoquinone-Novolac Photoresist Films by the Implantation of Antimony Ions. *Russian Microelectronics*, 50(1), 33–38. DOI: [10.1134/S1063739720060025](https://doi.org/10.1134/S1063739720060025).
4. Brinkevich, S. D., Grinyuk, E. V., Brinkevich, D. I., & Prosolovich V. S. (2020). Modification of Diazoquinone–Novolac Photoresist Films beyond the Region of Implantation of B<sup>+</sup> Ions. *High energy chemistry*, 54(5), 342–351. DOI: [10.31857/S0023119320050046](https://doi.org/10.31857/S0023119320050046).

5. Poljansek, I., Sebenik, U., Krajnc, M. (2006). Characterization of phenol–urea–formaldehyde resin by inline FTIR spectroscopy. *Journal of Applied Polymer Science*, 99(5), 2016–2028. DOI: [10.1002/app.22161](https://doi.org/10.1002/app.22161).
6. Pretsch E., Bühlmann, P., & Affolter C. (2000). *Structure Determination of Organic Compounds. Tables of Spectral Data*. Berlin – Heidelberg: Springer – Verlag.
7. Tarasevich, B. N. (2012). *ИК спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы*. Moscow: MGU. (In Russ.).
8. Brinkevich, S. D., Grinyuk, E. V., Brinkevich, D. I., Sverdlov, R. L., Prosolovich, V. S., & Pyatlitski, A. N. (2020). Mechanism of the Adhesive Interaction of Diazoquinone–Novolac Photoresist Films with Monocrystalline Silicon. *Journal of Applied Spectroscopy*, 87(4), 647–651. DOI: [10.1007/s10812-020-01049-4](https://doi.org/10.1007/s10812-020-01049-4).
9. Odzhaev, V. B., Pyatlitski, A. N., Prosolovich, V. S., Kovalchuk, N. S., Soloviev, Ya. A., Zhygulin, D. V., ... Brinkevich, D. I. (2022). Attenuated Total Reflection Spectra of Nitrided SiO<sub>2</sub>/Si Structures. *Journal of Applied Spectroscopy*, 89(4), 665–670. DOI: [10.1007/s10812-022-01408-3](https://doi.org/10.1007/s10812-022-01408-3).
10. Brinkevich, S. D., Brinkevich, D. I., Prosolovich, V. S., & Sverdlov, R. L. (2021). Radiation-Induced Processes in Diazoquinone–Novolac Resist Films under Irradiation with <sup>60</sup>Co  $\gamma$ -Rays. *High Energy Chemistry*, 55(1), 65–74. DOI: [10.1134/S0018143921010070](https://doi.org/10.1134/S0018143921010070).
11. Brinkevich, S. D., Brinkevich, D. I., Prosolovich, V. S., Lastovskii, S. B., & Pyatlitski, A. N. (2021). Frustrated total internal reflection spectra of diazoquinone–novolac photoresist films. *Journal of Applied Spectroscopy*, 87(6), 1072–1078. DOI: [10.1007/s10812-021-01111-9](https://doi.org/10.1007/s10812-021-01111-9).
12. Garcia, I. T. S., Zawislak, F. C., & Samios, D. (2004). The effects of nuclear and electronic stopping powers on ion irradiated novolac–diazoquinone films. *Applied Surface Science*, 228(1–4), 63–76. DOI: [10.1016/j.apsusc.2003.12.027](https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2003.12.027).
13. Brinkevich, D. I., Grinyuk, E. V., Brinkevich, S. D., Prosolovich, V. S., Kolos, V. V., Zubova, O. A., & Lastovskii, S. B. (2024). Fourier-IR spectroscopy of photoresist/silicon structures for explosive lithography. *Journal of Applied Spectroscopy*, 90(6), 1223–1228. DOI: [10.1007/s10812-024-01657-4](https://doi.org/10.1007/s10812-024-01657-4).
14. Brinkevich, D. I., Prosolovich, V. S., & Jankovskij, Ju. N. (2020). Модификация пленок diazohinonnovolachnogo fotorezista implantaciej ionov bora [Modification of diazoquinone–novolac photoresist films by boron ion implantation]. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Fizika [Journal of the Belarusian State University. Physics]*, (2), 62–69. DOI: [10.33581/2520-2243-2020-2-62-69](https://doi.org/10.33581/2520-2243-2020-2-62-69).

Поступила 16.09.2024

#### INFRARED FOURIER SPECTROSCOPY OF DIFFUSE REFLECTION OF THE AZ nLOF SERIES NEGATIVE PHOTORESISTS FILMS ON MONOCRYSTALLINE SILICON

**D. BRINKEVICH, V. PROSOLOVICH**  
(Belarusian State University, Minsk);

**V. KOLOS, O. ZUBOVA**  
("INTEGRAL" Joint Stock Company, Minsk);

**S. VABISHCHEVICH**  
(Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk)

*Films of the AZ nLOF 2020, AZ nLOF 2070 and AZ nLOF 5510 negative photoresists (PR) with a thickness of 0,95 – 6,1  $\mu\text{m}$ , deposited on the surface of silicon wafers by the centrifugation method, were studied by the method of IR-Fourier diffuse reflection spectroscopy. In the diffuse reflectance spectra of PR/silicon structures, absorption bands were observed against the background of interference fringes. It allows the technique to be used to measure film thickness or its refractive index. The most intense bands in the AZ nLOF series PR spectra are the bands of stretching vibrations of the aromatic ring, pulsation vibrations of the carbon skeleton of the aromatic ring, a wide structured band with several maxima in the range of 1050 – 1270  $\text{cm}^{-1}$  and a band associated with the CH<sub>2</sub> bridge. The structure of the absorption spectrum of photoresists of the AZ nLOF series is similar to the structure of the spectrum of phenol-formaldehyde photoresist FP9120. It was shown that the vibration band of CH<sub>3</sub> groups at 2945  $\text{cm}^{-1}$  is due to the solvent.*

**Keywords:** negative photoresist, IR spectroscopy, diffuse reflection, solvent.