

109431, Москва, Привольная ул., д.70
тел.: (495) 972-54-10; 972-54-75
тел./факс: 705-05-20
info@academline.com

Радиохромная дозиметрическая пленка GAFCHROMIC HD-810

Дозиметрическая пленка HD-810 используется в процедурах пленочной дозиметрии и предназначена для определения параметров, калибровки и качественного анализа промышленных, терапевтических, радиологических источников излучений и проведения измерений поглощенной дозы в самых широких диапазонах.

Основные достоинства

- | | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Диапазон измерения доз: от 10 до 400 Гр | <input checked="" type="checkbox"/> Самопроявляющаяся - не требует химреактивов |
| <input checked="" type="checkbox"/> Пространственное разрешение – менее 1 микрон | <input checked="" type="checkbox"/> Светоустойчива - не требует темной комнаты |
| <input checked="" type="checkbox"/> Широкий динамический диапазон | <input checked="" type="checkbox"/> Водостойчива – может применяться с водными фантомами |
| <input checked="" type="checkbox"/> Линейный отклик «доза-плотность» | <input checked="" type="checkbox"/> Отсутствие эффекта фракционирования |
| <input checked="" type="checkbox"/> Энергонезависимый отклик | <input checked="" type="checkbox"/> Отсутствие эффекта чувствительности к мощности дозы |
| <input checked="" type="checkbox"/> Размер: 20,3*25,4см (8*10") | <input checked="" type="checkbox"/> Допускает резку под иной размер |
| <input checked="" type="checkbox"/> Односторонний активный слой на полиэстере | <input checked="" type="checkbox"/> Тканеэквивалентная структура |

Технология пленочной дозиметрии GAFCHROMIC

Дозиметрические пленки GAFCHROMIC предназначены для использования с гамма- и рентгеновскими лучами, пучками электронов, протонов, ионов, α -частиц и нейтронов, и могут быть использованы для измерения и составления карт источников всех видов, охватывающих широкий диапазон энергий.

Активный компонент пленок состоит из кристаллов радиационно-чувствительного мономера субмикронных размеров. Когда пленка подвергается воздействию ионизирующего излучения, запускается реакция полимеризации, в результате чего производится краситель-полимер синего цвета. Количество полимера и глубина изменения цвета пропорциональна поглощенной дозе в активном слое.

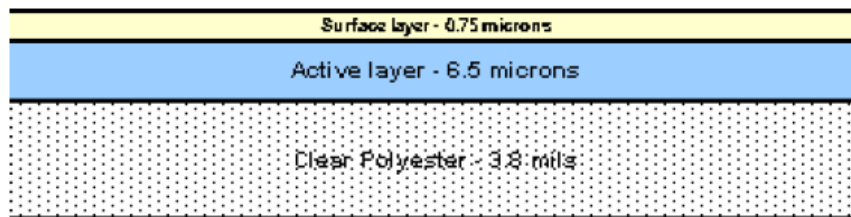
Дозиметрические пленки GAFCHROMIC по своей сути имеют высокое пространственное разрешение и выходят за рамки возможностей обычных пленок из серебра. Поскольку процесс полимеризации не передается от кристалла к кристаллу, а также отсутствует процесс проявления после воздействия излучения, который мог бы изменить размер или форму частиц, то данные пленки имеют микронное разрешение. Пространственное разрешение ограничено главным образом только источником излучения.

Изменение цвета пленки может быть измерено любым денситометром, цветным сканером или спектрофотометром. Однако, наилучший отклик пленки может быть получен при измерении на красной длине волны в диапазоне пика поглощения голубого полимера, т.е. около 675 нм.

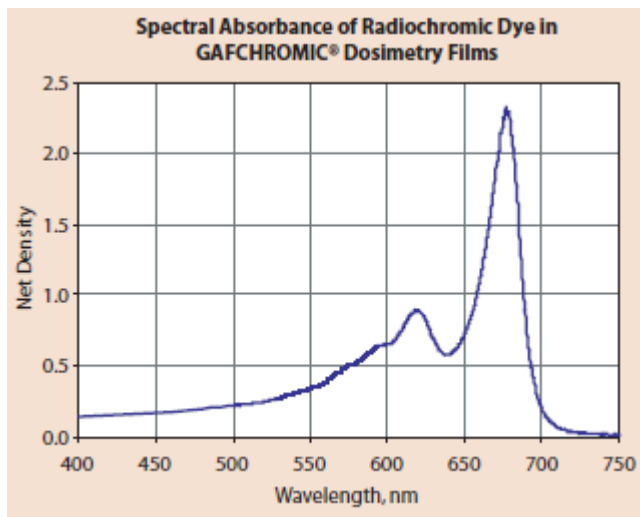
Таким оборудованием, в частности, является микроденситометр CCD100 (Photoelectron Corporation), Radlink LaserPro 16TM, Radiochromic Densitometer Model 37-443 (Nuclear Associates) или любой планшетный сканер, например, «Epson Expression 10000 XL FOTO».

Структура радиохромной дозиметрической пленки HD-810:

Активный слой, толщиной примерно 6,5 микрон, размещен на чистом и прозрачном полиэстере с толщиной слоя примерно 97 микрон. Поверхностный желатиновый слой составляет приблизительно 0,75 микрон. Толщина активного слоя может незначительно отличаться от партии к партии.



Оборудование для проведения измерений



Для проведения измерений можно использовать просвечивающие денситометры, сканеры или спектрофотометры. Активный слой из полимера, подвергшийся воздействию излучения, формирует полимер голубого цвета с максимальной поглощающей способностью приблизительно в значениях 615 нм и 675 нм.

Поэтому, отклик пленки повышается при измерении в красном свете. Большинство денситометров позволяют проводить измерения в широкой полосе длин волн с избирательным измерением в пределах, например, видимого спектра, либо отдельно красного, зеленого или синего. Такие денситометры широко используются в фотографической промышленности.

Для сканирования фотографических отпечатков и прозрачных пленок широко используется цветной планшетный сканер «Epson Expression 10000 XL FOTO». При использовании таких устройств с пленкой HD-810 лучше сканировать ее в режиме просвечивания. Эти сканеры являются цветными и измеряют красную, зеленую и синюю составляющую пленки. Отклик HD-810 максимизирован при использовании данных из красного канала.

Также может использоваться специальный медицинский сканер пленок «VIDAR DosimetryPRO Advantage (Red)», который имеет светодиодные источники красного света. Использование красных светодиодных источников света в сканерах или денситометрах примерно в три раза повышает чувствительность дозиметрической пленки HD-810 по отношению к черно-белым денситометрам, или гелий-неоновым лазерным сканерам.

Некоторые сканирующие системы и денситометры, разработанные для обычных черно-белых медицинских рентгеновских пленок из галогенида серебра, проводят измерения практически во всем видимом спектре. Такое оборудование не является оптимальным при использовании с пленкой HD-810. Тем не менее, повышение чувствительности можно получить с помощью наложения глубокого оранжевого фильтра во время сканирования или ограничением измерения видимых длин волн не более чем 560 нм, где фотополимер поглощает наиболее сильно.

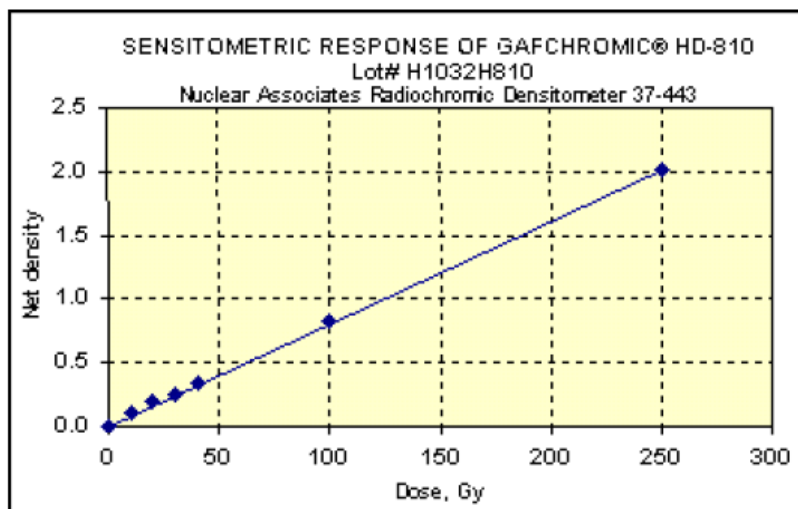
Практически говоря, реакция пленки может быть улучшена на 50-75% вышеуказанными способами в зависимости от характеристик сканирующего оборудования.

Спецификация

Наименование	HD-810
Конфигурация	Активный слой и поверхностный слой на полиэфирной подложке
Размер	8"x10" (203мм*254мм), другие размеры по запросу
Подложка	прозрачный полиэстер
Активный слой толщиной	Номинально 6,5 микрон ¹
Поверхностный слой	Номинально 0,75 микрон
Сенсометрический отклик	Чистая плотность ² 0,30 при 100 Гр и 1,15 при 500 Гр
Энергетическая зависимость	<5% разницы в чистой плотности ² для экспозиций 250 Гр на 1 МэВ и на 18 МэВ
Чувствительность к фракционированию дозы	<5% разницы чистой плотности ² для одной дозы 40 Гр и пяти кумулятивных доз 8 Гр с 30-ти минутными интервалами
Чувствительность к мощности дозы	<5% разницы чистой плотности ² на экспозициях 10 Гр со скоростью 3,4 Гр / мин. и 0,034 Гр / мин.
Стабильность на свету	изменение плотности <0,005 на 1000 люкс-день ^{2,4}
Стабильность в темноте (экспонированная)	изменение плотности <0.5x10 ⁻³ в сутки при 23 ° С изменение плотности <0.2x10 ⁻³ в день в условиях рефрижератора
Однородность на одном листе	<8%
Однородность от листа к листу	<5%
Однородность от партии к партии	<10%
Рост плотности после экспозиции	<12% от 1 часа до 1 дня после экспонирования; <4% от 1 дня до 4 дней после экспонирования

1. Фактическая толщина может незначительно отличаться от партии к партии для того, чтобы соответствовать максимальной чувствительности.
2. Визуальная плотность передачи измерена денситометром X-Rite 310T. Чистая плотность – изменение в плотности за счет поглощенной дозы облучения.
3. По результатам 49 измерений по сетке 7x7 на листе размером 5"x 5"
4. Холодный белый флуоресцентный свет

Сенситометрический отклик



Информация на рисунке HD-2 приведена для гамма-излучения Co⁶⁰, воздействовавшего на пленку HD-810 (партия H1032H810). Измерения плотности были выполнены на радиохромном денситометре Ядерной ассоциации модели 37-443. Чистая плотность - изменение плотности из-за дозы облучения, то есть плотность после воздействия минус (первоначальная плотность + туман),

Отклик пленки HD-810 практически линейен с минимальной дозы до 250 Грей при измерении с этим типом денситометра.

Рис. HD-2: Сенситометрический отклик пленки HD-810

Энергетическая зависимость

Пленка HD-810 была разработана для проведения измерений поглощенной дозы высокоэнергетических фотонов. В этой связи, отклик пленки энергонезависим при энергии фотонов выше примерно 0,2 МэВ.

По материалам г-на Маклафлин и др. (Figure 14 in Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A302 (1991) 165-176) показано, что реакция пленки HD-810 энергонезависима для гамма-излучения Co60 и 10МэВ электронов.

Г-н Мюнх и др. (Medical Physics, 18, 769-775 (1994)) показали, что отклик HD-810 уменьшается примерно на 30%, когда эффективная фотонная энергия уменьшается с 1710 кэВ (4 MV x-rays) до 28 кэВ (60 kVp x-rays, 2 mm Al filtration).

Чувствительность к фракционированию дозы

Г-н Чу и др. (Radiation Physics and Chemistry, 35, 767-773 (1990)) изучали фракционирование дозы дозиметрической пленки HD-810. Были сделаны две экспозиции. В одной из них доза была разделена на пять фракций с двенадцатиминутными интервалами а в другой доза была получена за одну экспозицию. Уровни поглощения фракционированного и нефракционированного образцов находились в пределах 1%, что указывает на отсутствие эффекта фракционирования. Аналогичный результат был получен при облучении с прерыванием на 24 часа.

Дальнейшие измерения были сделаны с определения отклика пленки в зависимости от фракционирования дозы. Начальная плотность пяти образцов пленки была измерена денситометром 37-443. Каждый образец пленки измерялся 5 раз. Всем пленкам была дана общая доза облучения порядка 100 Гр (120 kVp x-rays, 2mm aluminum filtration). Трём образцам общая доза была фракционирована за пять экспозиций с шагом в 20 Гр каждая с интервалом 30 минут. Два других образца получили дозу 100 Гр за одну экспозицию. Образцы переизмерялись спустя 24 часа после экспонирования, каждый образец вновь был считан в 5 разных местах. Разность в плотности была рассчитана путем вычитания плотности до облучения от плотности после облучения. Так как общее воздействие на двух образцах было немного различное, чистые значения плотности были нормированы к поглощенной дозе в 100 Гр. Полученные средние изменения плотности представлены в таблице 1. Результаты для одного и фракционированного воздействия неразличимы и демонстрируют, что эффект фракционирования дозы отсутствует.

Таблица 1: Влияние фракционирования дозы на реакцию пленки HD-810

Фракционирование дозы HD-810 (Партия #N1032H810)			
Общая доза, Гр	Кол-во фракций	Кол-во измерений	Чистое (конечное) изменение плотности
100	1	10	0,694
100	5 с 30-ти минутным интервалом	15	0,693

Чувствительность к мощности дозы

Г-н Сейлор и др., (Radiation Physics and Chemistry, 31, 529-536, (1988)) сообщили, что какого-либо измеримого эффекта зависимости чувствительности пленки к мощности дозы гамма-излучения Co⁶⁰ не выявлено для воздействия от 0,02 Гр / мин и 200 Гр в минуту.

Рост плотности после экспонирования

Активный компонент в данной пленке является радиационно чувствительным мономером. Под воздействием излучения, активный компонент полимеризуется с образованием цветного полимера. Полимеризация была исследована г-ном Маклафлином и др (ACS Symposium Series, "Irradiation of Polymers, Fundamentals and Technological Applications", Chapter 11, American Chemical Society 1996). Эта работа показала, что плотность пленки после облучения выражено изменяется в первые минуты. Тем не

менее, скорость изменения поглощения быстро уменьшается со временем и оптическое поглощение становится практически постоянным примерно через 2 дня после облучения.

Если измерения необходимо производить в течение нескольких часов после облучения, то практичный и эффективный метод для устранения ошибки из-за последствий постэкспонированного изменения плотности – проведение измерений с одинаковым интервалом после воздействия для всех пленок в измерениях. Кроме того, ошибки, вызванные рассинхронизацией измерений можно практически

исключить, если такие измерения будут отложены на 24 часа после экспозиции или более.

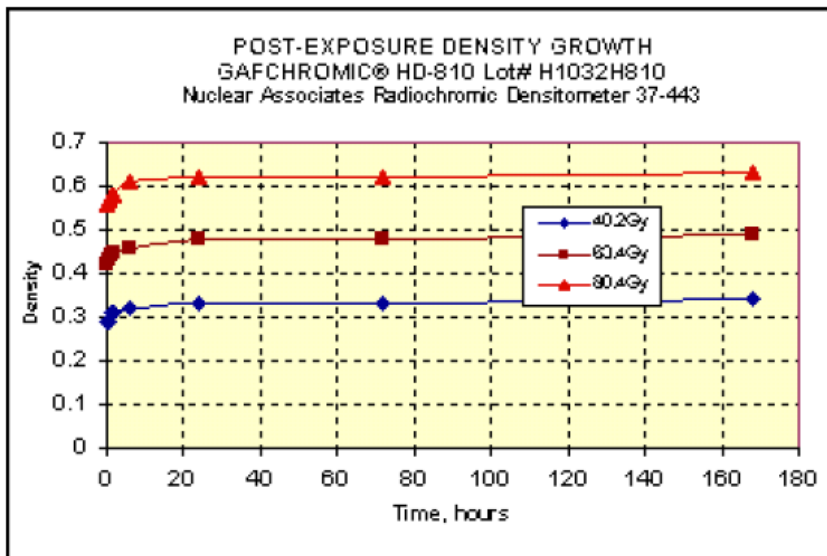


Figure HD-3: Post-exposure density growth of GAFCHROMIC HD-810 film

Данные на графиках HD-3 и HD-4 показывают рост плотности HD-810 после экспозиции. На рисунке HD-3 показана плотность нескольких образцов пленки подверженных различным дозам рентгеновского излучения. На графике видно, что скорость изменения плотности быстро меняется в первое время после экспонирования и непрерывно уменьшается, а затем становится значительно замедленным после примерно 24 часов.

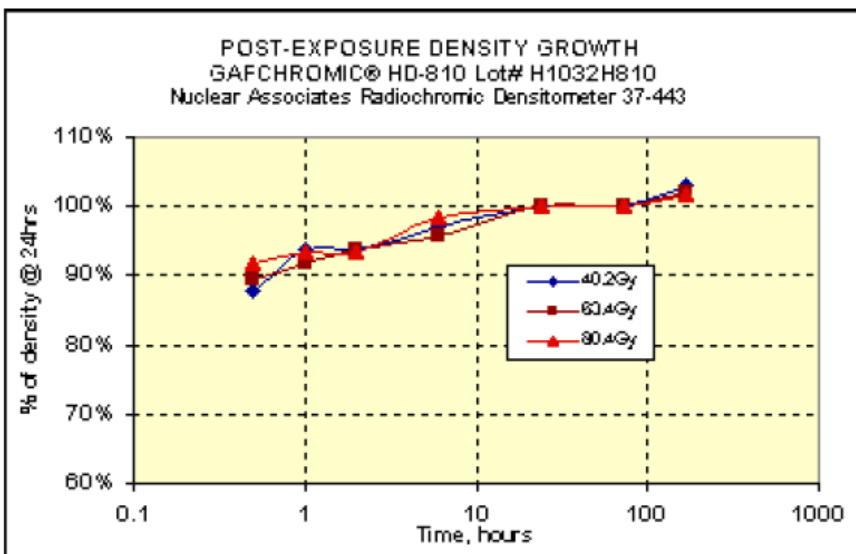


Figure HD-4: Normalized post-exposure density growth of GAFCHROMIC HD-810 film, measured with Nuclear Associates Radiochromic Densitometer 37-443

На рисунке HD-4, данные плотности для каждой отдельной экспозиции были нормированы к уровню плотности при 24 часах после облучения.

Этот график показывает, что послеэкспонированный рост плотности соотнесенный с ростом плотности через 24 часа, практически не зависит от дозы облучения. Плотность изменяется приблизительно на 8% в период между 1 часом после облучения и через 24 часа после облучения, но скорость уменьшается, а плотность меняется менее чем на 2% в течение следующих 96 часов.

Однородность в поперечном и продольном направлениях

Четыре листа пленки HD-810 размером 5x5" были сложены друг на друга и получили поглощенную дозу около 40 Гр в Университете Висконсина. Размер поля пучка составлял примерно 6" квадратного сечения.

Пленки имели маркировку, указывающую направление покрытия. До экспозиции оптическая плотность каждого листа была измерена в сорока девяти местах, расположенных равномерно по сетке 7x7. Измерения проводились денситометром модели 37-443.

Через семь дней после облучения были измерены плотности всех образцов (49 мест на одном листе), а также было рассчитано изменение плотности в каждой из точек измерения. Затем для каждого листа, было рассчитано среднее значение и стандартное отклонение для обоих направлений, а также общее среднее значение и стандартное отклонение по данному листу, затем были рассчитаны общие закономерности.

Таблица 2: Однородность пленок HD-810, экспонированных дозой 25 Гр

Однородность HD-810 (Лот № H1032H810)			
Направление	Кол-во измерений	Однородность (2X std.dev./average)	Диапазон значений
Поперечное	14 x 7	2.6%	1.6% - 4.5%
Продольное	14 x 7	2.6%	0.8% - 4.1%
Весь лист	2 x 49	3.2%	3.0% - 3.4%

Чувствительность к белому свету

Многочисленные тесты и наблюдения четко установили, что в то время как активный компонент в дозиметрических пленках не особенно чувствителен к видимому свету и сравнительно более чувствителен к короткой длине волны света, чем к длинной световой волне. Внутреннее освещение в помещениях, в основном осуществляется лампами накаливания или холодными белыми люминесцентными лампами. Последние производят большую долю синего света и формируют высокий процент красного света. Поэтому, при измерении белой светочувствительности пленки HD-810, испытания были проведены в более требовательных условиях, подвергая пленку свету от холодного белого цвета флуоресцентных ламп.

Офисы и лаборатории, как правило, освещены холодным белым светом люминесцентных ламп. Интенсивность освещения на рабочих поверхностях, таких как настольные компьютеры и лабораторные скамьи была измерена в репрезентативном количестве офисов и лабораторий. Оказалось, что интенсивность света была в диапазоне примерно от 600 люкс до 1000 люкс. Таким образом, для целей оценки белой светочувствительности пленок предполагалось, что "стандартная" интенсивность освещения в закрытых помещениях составляет 1000 люкс.

В качестве испытательного стенда был использован световой стол состоящий из холодного белого люминесцентного источника, освещающую стеклянную поверхность. Интенсивность света на поверхности стекла составила примерно 2900 люкс. Образцы дозиметрической пленки HD-810 были порезаны на квадраты размером примерно 1"x1" и затем измерены денситометром X-Rite 310T в красном цвете. Образцы были помещены на поверхность светового стола и покрыты черным листом, чтобы оградить их

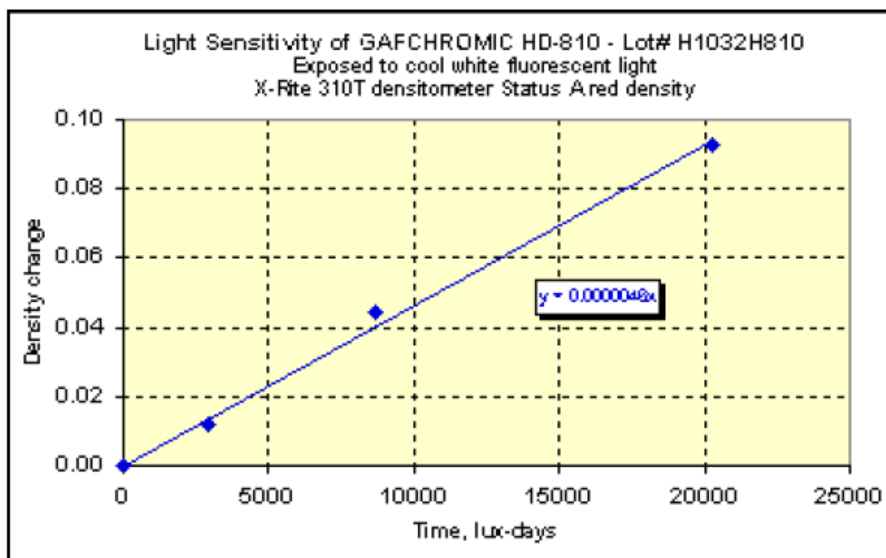


Figure HD-5: White light sensitivity of GAFCHROMIC HD-810 dosimetry film

от внешнего освещения. Температура образцов составляла $23 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение всего тестового периода. В разные промежутки времени (до 26 дней) проводилось измерение плотности образцов. Значения изменения плотности были рассчитаны и нормированы к интенсивности света в 1000 люкс и построены к экспозиции в люкс-днях. Экспозиция 1000 люкс-дней представляет количество видимого света, который получит образец пленки, если будет подвергаться освещению в "стандартном" помещении в течение 24 часов.

Тенденция точек данных позволяет предположить, что скорость изменения плотности уменьшается со временем экспозиции. Такое поведение неизменно мы видели в предыдущих измерениях. Тем не менее, для упрощения, было сделано предположение, что изменение плотности линейно со временем. Линия тренда имеет наклон 0,0046 единицы плотности на 1000 люкс-дней. Низкая чувствительность пленки к белому свету показывает, что дозиметрическая пленка HD-810 может обрабатываться в нормальной освещенной комнате, по крайней мере, несколько часов без заметного эффекта. Однако, это также позволяет предположить, что пленку нельзя оставлять без упаковки в освещенной комнате на неопределенный срок, а, скорее следует хранить в темноте, когда она не обрабатывается.

ПРАВОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Информация, содержащаяся в этой брошюре, является переводом брошюры «GAFCHROMIC® HD-810 Radiochromic Dosimetry Film. Configuration, Specifications and Performance Data». Перевод выполнен компанией ЗАО «Академлайн» и максимально приближен к оригинальному тексту, однако не является его полной копией. Автор перевода периодически пересматривает данный текст с целью нахождения недочетов, однако, в переводе могут встречаться неточности или опечатки. Автор перевода не несет ответственности за использование приведенной в переводе информации в любых целях.

Приведенная информация предназначена для использования только лицами, имеющими технические навыки и на их собственный риск и усмотрение, и только после того, как они выполнили необходимые технические исследования, испытания и оценку данных пленок и возможности их использования.

Несмотря на то, что приведенная здесь информация считается надежной, мы не гарантируем ее точность и покупатель должен провести свое собственное определение пригодности продукта для использования, для защиты окружающей среды, а также для здоровья и безопасности своих сотрудников и покупателей своей продукции. Ни производитель, ни его филиалы, ни дистрибьюторы и дилеры, распространяющие данную продукцию, не несут ответственности за использование данной информации или какого-либо продукта, способа, разработки, или устройства, описанного в этой брошюре.

МЫ НЕ ДАЕМ НИКАКИХ ГАРАНТИЙ, ЯВНЫХ ИЛИ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫХ, О ПРИГОДНОСТИ КАКОЙ-ЛИБО ПРОДУКЦИИ ДЛЯ КОНКРЕТНЫХ ИСПОЛЬЗОВАНИЙ ИЛИ ЦЕЛИ. Кроме того, мы не даем никаких гарантий против нарушения каких-либо патентов по причине использования покупателем какой-либо информации, продукции, метода или устройства, описанных в этой брошюре.