

Рисунок 2 – Различные типы первичных преобразователей

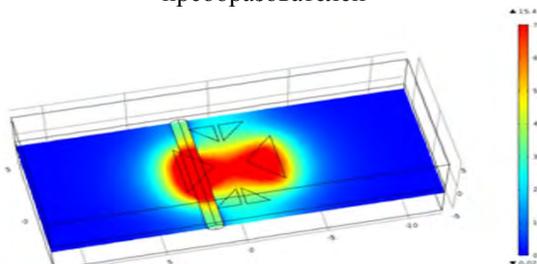


Рисунок 3 – Результат моделирования

Были рассчитаны чувствительности метода для различных типов дефектов (отверстие, шар и полость, заполненные воздухом) как по изменению амплитуды измерительного сигнала, так и по изменению его фазы.

1. Баженов В.Г., Ивицкая Д.К., Грузин С.В., патент Украины на изобретение №107893 «Елек-тростатичний спосіб неруйнівного контролю», от 25.02.2015, бюл. №4.
2. Баженов В.Г., Ивицкая Д.К., Овчарук С.А., Муненко В.Л., патент Украины на изобретение №109357 «Електростатичний амплітудно-фазовий спосіб неруйнівного контролю», от 10.08.2015, бюл. №15.

УДК 621.317.39

МИКРОВОЛНОВЫЕ ДАТЧИКИ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ МАССЫ В СОСТАВЕ ВОДНО-БУМАЖНОЙ ПУЛЬПЫ ДЛЯ БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Белячиц А. Ч., Титовицкий И. А., Сердюк В. М.

*Институт прикладных физических проблем им. А. Н. Севченко БГУ
Минск, Республика Беларусь*

Качество производимых бумажных материалов в значительной степени определяется концентрацией водно-бумажной пульпы, которая подается на сетку бумагоделательной машины. Поэтому на производстве большое внимание уделяется точному контролю и стабилизации твердого вещества в исходной целлюлозно-водной суспензии на разных этапах технологического процесса. Традиционные механические датчики концентрации, использующие измерение вязкости бумажной массы, не удовлетворяют современным требованиям. Здесь более эффективными оказываются микроволновые датчики, принцип действия которых основан на изменении диэлектрической проницаемости суспензии в зависимости от концентрации твердой фазы. В данной работе описаны серийные микроволновые датчики концентрации бумажного материала в водных суспензиях, которые разработаны для нужд целлюлозно-бумажной промышленности.

Основное преимущество микроволнового метода измерения концентрации целлюлозы в суспензии – отсутствие механических деталей, препятствующих движению суспензии. Микроволновой датчик нечувствителен к турбулентности потока, цвету суспензии, давлению в трубопроводе, сортности целлюлозы, длине волокон, отражательной способности. В отличие от механических и оптических методов измерения, в мик-

роволновом методе при увеличении концентрации поглощение излучения уменьшается, а не увеличивается. Данное обстоятельство позволяет применять данный метод даже при больших концентрациях, используя значительные расстояния между излучателем и приемником. Это уменьшает ошибку измерения, а также уменьшает влияние засоренности стенок трубопровода и окон чувствительных элементов. Указанные преимущества особенно предпочтительны при работе в тяжелых условиях производства бумаги и картона из макулатурной массы.

Принцип работы микроволнового датчика концентрации сводится к следующей простой модели. Если диэлектрический материал поместить между двумя излучателями, один из которых подключен ко входу СВЧ усилителя, а другой – к его выходу, то в такой системе могут возникать автоколебания. Условием их появления является совпадение фаз колебаний на входном и выходном излучателях, т.е. возникает генерация, которая возможна на любой частоте, кратной основной. Если нашей задачей является определение физических параметров диэлектрика, помещенного между излучателями по измерению частоты автоколебаний, то необходимо осуществлять возбуждение системы только на одной выбран-

ной частоте. Чтобы устранить возможность возбуждения на нескольких частотах, следует использовать полосовой фильтр, пропускающий излучение только в очень узкой частотной полосе. Роль такого фильтра могут выполнять сами излучатели, если они имеют резонансную характеристику.

В реальных условиях при проведении акваметрических измерений необходимо учитывать, что

диэлектрическая проницаемость воды сильно зависит от температуры. Например, на частоте около 1,5 ГГц изменение температуры воды на 1°C может приводить к погрешности измерения концентрации на 0,25%. Поэтому в датчике концентрации используется прецизионный термометр для компенсации влияния температуры су-

Таблица 1 – Технические характеристики микроволновых датчиков концентрации

Микроволновый датчик	«А-343» (рисунок 1)	«А-344» (рисунок 2)
Диапазон измерения концентрации	0-8%	0-6 %
Повторяемость	±0.01%(абс.)	±0.02 % (абс.)
Температура процесса	+5-70°C	+5-60°C
Температура окружающей среды	+0-50°C	+0-50°C
Проводимость среды макс.	15 мСм/см	10 мСм/см
Давление в трубопроводе	150-1000 кПа	150-600 кПа
Скорость потока	< 4 м/с	< 4 м/с
Диаметр трубопровода Ду	≥ 200 мм	150 мм
Выход	4-20 мА	4-20 мА
Коммуникация	RS-232, RS-485	RS-232, RS-485
Степень защиты	IP 65	IP 54
Питание	100-260 В 25 ВА	100-260 В 25 ВА



Рисунок 1 – Микроволновый датчик концентрации бумажной массы в водно-бумажной пульпе «А-343»



Рисунок 2 – Микроволновый датчик концентрации бумажной массы в водно-бумажной пульпе «А-344»

пензии. Еще одним негативным фактором оказывается влияние проводимости воды на ее эффективную диэлектрическую проницаемость, что особенно проявляется при работе датчика концентрации с макулатурными массами. В этом случае для учета проводимости воды используется датчик проводимости, контактирующий с протекающей по трубопроводу суспензией. Компенсация всех дестабилизирующих факторов на процесс измерения концентрации в совокупности с использованием микропроцессорной техники позволила создать микроволновые датчики концентрации с техническими характеристиками, представленными в таблице 1.

Конструктивно датчик концентрации состоит из измерительного блока, устанавливаемого на трубопроводе, и блока индикации (рисунки 1 и 2). Измерительный блок содержит излучатель и приемник микроволнового излучения, датчики температуры и проводимости бумажной массы, а также микропроцессорный модуль, предназначенный для измерения диэлектрической проницаемости бумажной массы с учетом ее температуры и проводимости, расчета концентрации и передачи измеренных данных в блок индикации. Блок индикации предназначен для приема данных с измерительного блока, отображения текущего значения концентрации, температуры, проводимости, формирования трендов измеряемых величин и сигналов токового выхода, а также для ввода настроечных коэффициентов.

В заключение следует отметить, что применение микроволнового метода оказывается очень эффективным для измерения концентрации твер-

дой фазы в водных суспензиях. Датчики, разработанные на основе указанного метода, могут встраиваться в технологическую линию подачи пульпы на бумагоделательную машину и работают в реальном времени в течение всего технологического процесса. Помимо высокой точности измерения концентрации твердой фазы, такие приборы нечувствительны к типу целлю-

лозных волокон, их длине, составу, степени помола, цвету, скорости потока и особенно незаменимы при измерении концентрации макулатурных потоков массы. Высокое качество данных приборов подтверждается тем фактом, что более 150 таких датчиков работают на целлюлозно-бумажных предприятиях Беларуси, России, Казахстана, Украины и Литвы.

УДК 621.383.52

МНОГОЭЛЕМЕНТНЫЙ P-I-N ФОТОПРИЕМНИК ДЛЯ ОПТИЧЕСКОЙ ЛОКАЦИИ

Блынский В.И.

Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

В системах оптической локации широко используется излучение с длиной волны $\lambda=1,06$ мкм. Это объясняется тем, что с одной стороны ему соответствует край одного из окон прозрачности атмосферы, с другой - существуют мощные полупроводниковые источники излучения с данной длиной волны.

Кремниевые фотодиоды активно используются для приема излучения в ближней ИК области спектра, в том числе и излучения с $\lambda=1,06$ мкм.

Из-за малого коэффициента поглощения данного излучения в кремнии оно лишь частично поглощается в подложке фотоприемника [1]. Это является одной из основных причин, приводящих к низкой чувствительности кремниевых фотодиодов на данной длине волны. В многоэлементных фотоприемниках (МЭФП) приходится также учитывать фотоэлектрическое взаимодействие между соседними *p-i-n* переходами [2-4].

Для увеличения спектральной чувствительности фотоприемника используются контакты различной формы, отражающие излучение от тыльной стороны подложки обратно в кремний. [5]. Однако они мало пригодны для использования в интегральных МЭФП, так как их присутствие в конструкции наряду с увеличением спектральной чувствительности приводит к увеличению фотоэлектрической связи (ФЭС) между *p-i-n* переходами и соответственно ухудшению пороговых характеристик.

В работе рассматривается влияние формы металлизации на обратной стороне подложки на спектральную чувствительность и фотоэлектрическую связь между *p-i-n* переходами в МЭФП, предназначенном для приема излучения с $\lambda=1,06$ мкм. Коэффициент фотоэлектрической связи определялся по отношению фототока *p-i-n* перехода, фоточувствительная поверхность которого закрыта экраном, край которого расположен посередине зазора между переходами, к фототоку соседнего освещенного *p-i-n* перехода.

Исследуемый фотоприемник состоял из двух ортогонально расположенных в одном кристалле матриц *p-i-n* переходов. Он предназначался для работы в системе оптической локации, включающей светоделительное устройство, разлагающее отраженный от объекта локации оптический луч в 2 взаимно-перпендикулярных направлениях. Местоположение этих лучей, каждый из которых попадает на отдельную матрицу фотодиодов, позволяет получить необходимую информацию относительно координат объекта.

Фотоприемник формировался в кремнии *p*-типа с удельным сопротивлением 200 Ом см толщиной 200 мкм. Каждая матрица фотодиодов включала 12 расположенных параллельно друг к другу *p-i-n* переходов, расположенных с шагом 300 мкм (рисунок 1).

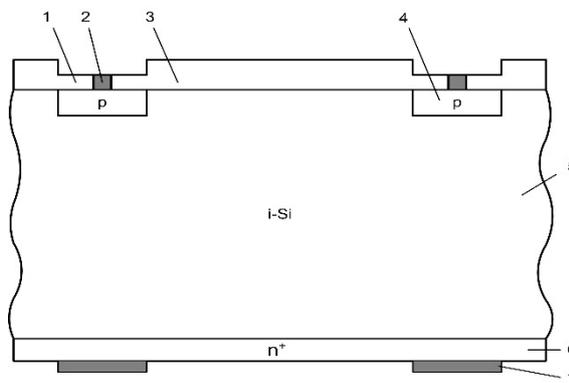


Рисунок 1 – Фрагмент конструкции МЭФП.
1- просветляющее покрытие, 2 – электрод к *p*-области, 3 – защитный окисел, 4 – *p*-область, 5 – подложка, 6 – геттерирующий слой, 7 – контакт к подложке

Для стабилизации поверхности кремния и уменьшения поверхностной составляющей темнового тока фотоприемника его фоточувствительная поверхность легировалась фосфором до концентрации 10^{15} см⁻³. *P*-области *p-i-n* переходов формировались имплантацией бора.