



Твердотельный датчик приходит на смену гальваническому

Илья Осташов ■ Фото из архива автора

Твердотельный датчик использует для измерения количества кислорода в смеси принципиально другое физическое явление и поэтому лишен недостатков, характерных для гальванического датчика.

Твердотельный датчик — новое слово в технологии дайвинга на закрытом цикле. Кто знаком с технологией, прекрасно знает, что главная проблема аппарата — достоверность показаний кислородных датчиков гальванического типа.

Тонкий момент в гальваническом датчике — кислородопроницаемая мембрана и, собственно, сам электролит. Изменение свойств мембраны и старение электролита приводит к неверным показаниям датчиков. Также свой вклад вносят переменные условия — изменяющиеся температура, давление и влажность. Конечно, существуют таблицы корректировочных коэффициентов для разной температуры, есть методика корректировки показаний датчика в зависимости от давления, и каждый из этих факторов в отдельности не так уж и страшен. Но, во-первых, эти вещи не приходят в дайвинге по отдельности, а во-вторых, есть и неуправляемые факторы, такие, как запотевание или

ошибка калибровки перед погружением. Совокупность этих факторов приводит к тому, что оценить достоверность показаний датчика в данный конкретный момент времени во время погружения весьма непросто.

Наиболее надежной системой измерения парциального давления кислорода на сегодняшний день является запатентованная фирмой *Poseidon* система проверки и продувки датчиков, реализованная в 2008 году. Но и эта система не дает никакой гарантии работоспособности датчиков, а только вовремя предупреждает об ошибке. Система точно обнаруживает факт неверной работы датчиков и сообщает об этом дайверу, но ремонтировать их «на лету» не умеет.

Твердотельный датчик использует принципиально другое физическое явление для измерения содержания кислорода в исследуемом газе и лишен вышеперечисленных недостатков. Измерение основывается на изменении интенсивности отраженного от специальной мембраны монохромного света в присутствии кислорода.

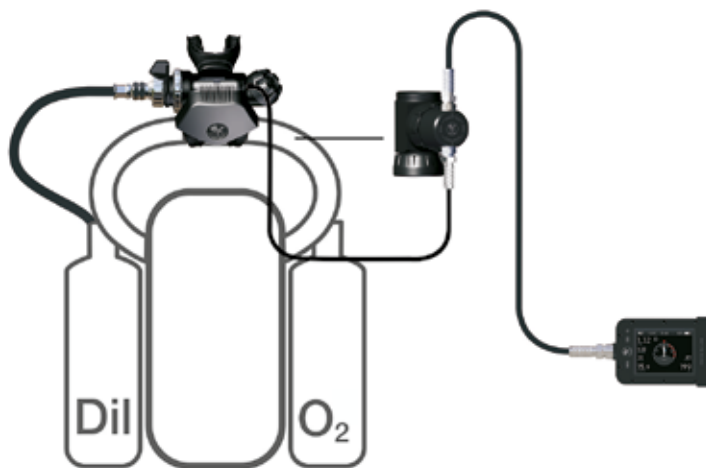
Имеется источник света, который освещает мембрану, и приемник, который принимает отраженный сигнал. Как источник, так и мембрана, и приемник могут быть очень компактными.

Мембрана представляет собой полимер с напыленным на него тонким слоем редкоземельного металла. Это могут быть осмий или рутений. Молекулы таких металлов являются электрическими диполями. На полимерной подложке такие молекулы начинают в присутствии кислорода поворачиваться и меняют отражающие свойства поверхности.

Таким образом, измерив интенсивность или фазовый угол отраженного монохромного излучения, можно судить о концентрации кислорода в исследуемой смеси.

Одно из первых описаний этой техники измерения было опубликовано в ноябре 1996-го.

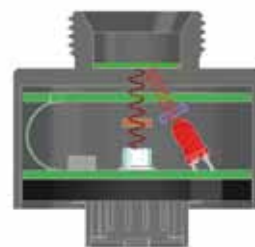
В этом году компания *Poseidon Diving Systems* довела эту технологию до промышленного производства. Здесь нужно особо отметить, что данный датчик разрабатывался и испытывался специально для применения в дайвинге, хотя сама технология позволяет измерять содержание кислорода в любой газовой или жидкой среде. Поэтому данный продукт является с самого начала адаптированным к аппаратам закрытого цикла.



В качестве преимуществ данного датчика можно отметить отсутствие кислородопроницаемой мембраны. Кислород поступает с одной стороны, а свет — с другой. То есть датчик можно затапливать, и потом, после очистки, он снова работоспособен. Некритичное загрязнение мембраны тоже не повлияет на работу датчика.

Также датчик не является расходным материалом. Конечно, мембрана со временем будет выгорать, но это значительно дольше времени жизни электролита в гальваническом датчике.

Прогнозируемый срок службы датчика составляет более 10 лет.



Твердотельный датчик



CPD – общий вид. Это устройство можно построить в контур любого аппарата

Установка твердотельного датчика в CPD



Возможны два варианта измерения: по изменению интенсивности и по изменению фазового угла. Если мы измеряем интенсивность, то требуется калибровка датчика перед измерением — т.е. мы должны учитывать изменение свойств мембраны со временем. В случае же измерения фазового угла калибровка требуется только на заводе, и она будет оставаться актуальной в течение всего срока службы датчика. Таким образом, мы можем получить аппарат замкнутого цикла, который не требует калибровки датчиков перед погружением.

Энергопотребление датчика невозможно сделать нулевым, но понижать его можно практически до бесконечности. В пределе на приемнике достаточно получить «один фотон». Это, конечно, на сегодняшний день невыполнимо, но суть явления отражает довольно четко. То есть возможности миниатюризации датчика достаточно широки.

Немаловажным фактором является быстродействие датчика. Время перерегулирования составляет миллисекунды, в отличие от секунд для гальванического датчика. Поскольку датчик работает быстрее, соответственно меняется расчет времени декомпрессии. На твердотельном датчике она несколько сокращается. Безусловно, все зависит от конкретного плана погружения, где-то это будет незначительно, но где-то и ощутимо.

Также изменение давления, температуры, влажности не влияет на показания датчика. Воспрепятствовать работе датчика может



СРОD – устройство для установки твердотельного датчика в контур в качестве резервной системы

только полная блокировка доступа кислорода к мембране. Если блокировка частичная, например запотевание, при котором мембрана еще не полностью покрыта слоем воды, датчик будет работать исправно.

Твердотельный датчик имеет ту же форму и размеры корпуса, что и гальванический, и должен в скором будущем полностью заменить гальванические датчики на аппаратах *Poseidon*. На сегодняшний день датчик можно приобрести, но только в качестве резервной системы, которая будет работать только с компьютером *Poseidon M28*. Датчик имеет цифровой выходной сигнал, поэтому его можно подключить только к компьютеру *Poseidon*. Однако в качестве бонуса для пользователей аппаратов других производителей есть держатель, который позволит с минимальными доделками встроить датчик в контур любого аппарата и получить надежную резервную систему измерения парциального давления кислорода.



Профили: пилообразный профиль, долгое неглубокое погружение, декомпрессионное погружение. Работа твердотельного датчика показана черным цветом, а гальванических – синим и голубым.

- 1. Пилообразный профиль** – это водолазные работы подо льдом.
- 2. Неглубокое погружение** – это погружение в надголовной среде (Ординская пещера).
- 3. Декомпрессионное погружение** – это использование твердотельного датчика и гальванических, у которых заканчивается срок годности (на графике видны скачки показаний)

**Андрей Димитревич, Rebreather
Full Cave Instructor # 16429,
CCR Trimix Instructor Trainer # 583:**

Вот уже год, как я с периодичностью примерно 2–3 раза в неделю испытываю твердотельный датчик в различных конфигурациях с моим ребризерам *Poseidon SE7EN*. Условия также различны: температура воды от 0 до 30 градусов, пресная и соленая, при глубине до 120 м, а также в надголовных средах и при выполнении водолазных работ.

Точность датчика и отсутствие необходимости в калибровке – его несомненные досто-

инства – подтверждаются неизменно четким отражением доли кислорода в атмосфере или в любом газе, выпущенном на мембрану датчика. В итоге – это легкий газоанализатор, который теперь у меня всегда с собой.

Первое, что было мною отмечено в работе датчика, – это более быстрая реакция на изменение содержания кислорода в контуре: датчик способен отражать буквально каждое открытие соленоидного клапана в аппарате. Это видно в конфигурации, когда и электронный модуль ребризера, и твердотельный датчик подключены к компьютеру *M28*. Размеренные колебания, синхронизированные с работой соленоидов, не сбиваются даже в условиях образования конденса-

Твердотельный датчик, CPOD и компьютер *Poseidon M28* позволяют построить резервную систему измерения парциального давления кислорода, которую можно встроить в дыхательный контур любого аппарата замкнутого цикла.

та при перепаде температур, чего не скажешь о работе гальванических датчиков, начинающих расходиться в показаниях.

В конфигурации, когда твердотельный датчик с *M28* и электронный модуль ребризера измеряли показания кислорода в контуре независимо друг от друга, при глубоководных погружениях с V-образным профилем рассчитанное компьютером с твердотельным датчиком время декомпрессии снижалось на 10–15 %.

За все время моих погружений с твердотельным датчиком данное устройство показало себя как исключительно надежное и точное, что при погружениях на аппаратах замкнутого цикла жизненно важно.