

Практика в НИЯУ МИФИ

Устройство и принцип работы МДП-сенсора



Практикант: Заведенский Кирилл Евгеньевич класс "10"

Школа № 29 город Подольск учитель: Царьков Игорь Сергеевич

Руководитель практики: Литвинов Артур Васильевич

Кафедра № 70 "Физика твердого тела и наносистем".

Москва
14-22 июня 2012

Во время практики в НИЯУ МИФИ на кафедре № 70 "Физика твердого тела и наносистем" я был ознакомлен с устройством и принципом работы МДП-сенсора (металл-диэлектрик-полупроводник).

1. Назначение МДП-сенсоров

МДП-сенсора предназначен для определения концентрации газов в воздухе. В зависимости от используемой МДП-структуры в сенсоре, датчик может улавливать концентрацию различных газов (универсальный) или же какого-то одного, определенного газа в воздухе (например, только водорода). Также следует отметить, что такие сенсоры отличаются между собой по чувствительности.

Таким образом, МДП-сенсоры применяются в тех областях, где необходимо точно, по какой-либо причине, знать концентрацию того или иного газа в воздухе. Данные сенсоры используются: в различных отраслях химической промышленности (определение ПДК), в промышленности (например, на ТЭЦ используется датчик для определения концентрации водорода), в медицине (анализируя концентрацию газов в выдыхаемом воздухе, можно прогнозировать некоторые болезни на ранних стадиях развития).

2. Устройство МДП-сенсора

По физическим характеристикам сенсор представляет собой конденсатор.

Рассмотрим устройство сенсора на примере структуры Pd-Ta₂O₅-SiO₂-Si:

1) Тонкая пленка палладия (состоящая из кристаллитов размером 10-100 нм);

2) Слой диэлектрика (Ta₂O₅);

3) Слой SiO₂ (~ 0,1 мкм);

4) Полупроводник (кремний с проводимостью n-типа, ~0,4 мм);

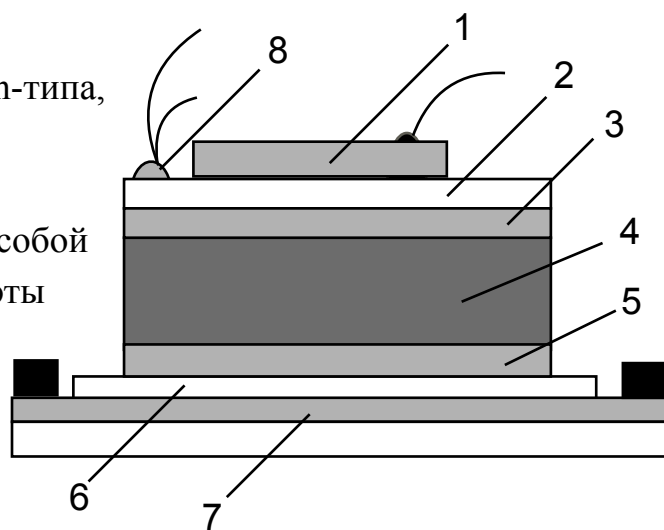
5) Омический слой.

Пять слоев, приведенных выше, представляют собой МДП-структуру, однако для ее корректной работы необходимо постоянно поддерживать температуру в области 100-150 С°, в связи с этим в МДП-сенсор входят также:

6) Изолирующая пластина;

7) Резистивный нагреватель;

8) Терморезистор.



3. Принцип работы МДП-сенсора

Чувствительный МДП-сенсор представляет из себя структуру, состоящую из слоев металл-диэлектрик-полупроводник. По своим физическим характеристикам и свойствам такая структура - конденсатор.

Принцип работы датчика заключается в следующем: молекулы газа диффундируют через слой напыленного палладия к границе раздела "металл-диэлектрик", где захватываются ловушками. В связи с тем, что молекулы обладают дипольным моментом, они начинают действовать на свободные заряды в полупроводнике. В результате этого действия фактически изменяется толщина диэлектрика, что ведет за собой изменение емкости МДП-структуры. Это изменение емкости далее переводится в изменение напряжения, и уже по нему определяется концентрация попавшего в воздух газа.

В связи с особенностями используемой МДП-структуры, достоинствами данного типа сенсоров являются:

- высокая чувствительность;
- долговременная стабильность работы;
- продолжительный срок службы.

4. Сборка МДП-сенсора

Сборку МДП-сенсора условно можно разделить на несколько этапов:

- 1) Нижняя часть корпуса изолируется посредством наклеивания на нее пластины слюды (рис. 1). Затем на пластину помещается резистивный нагреватель.
- 2) На резистивный нагреватель помещается изолирующая пластина (слюда), причем все пространство между ними должно быть заполнено клеем для достижения лучшего теплообмена. На изолирующую пластину помещается непосредственно МДП-структура.
- 3) На МДП-структуру приклеивается термодатчик.

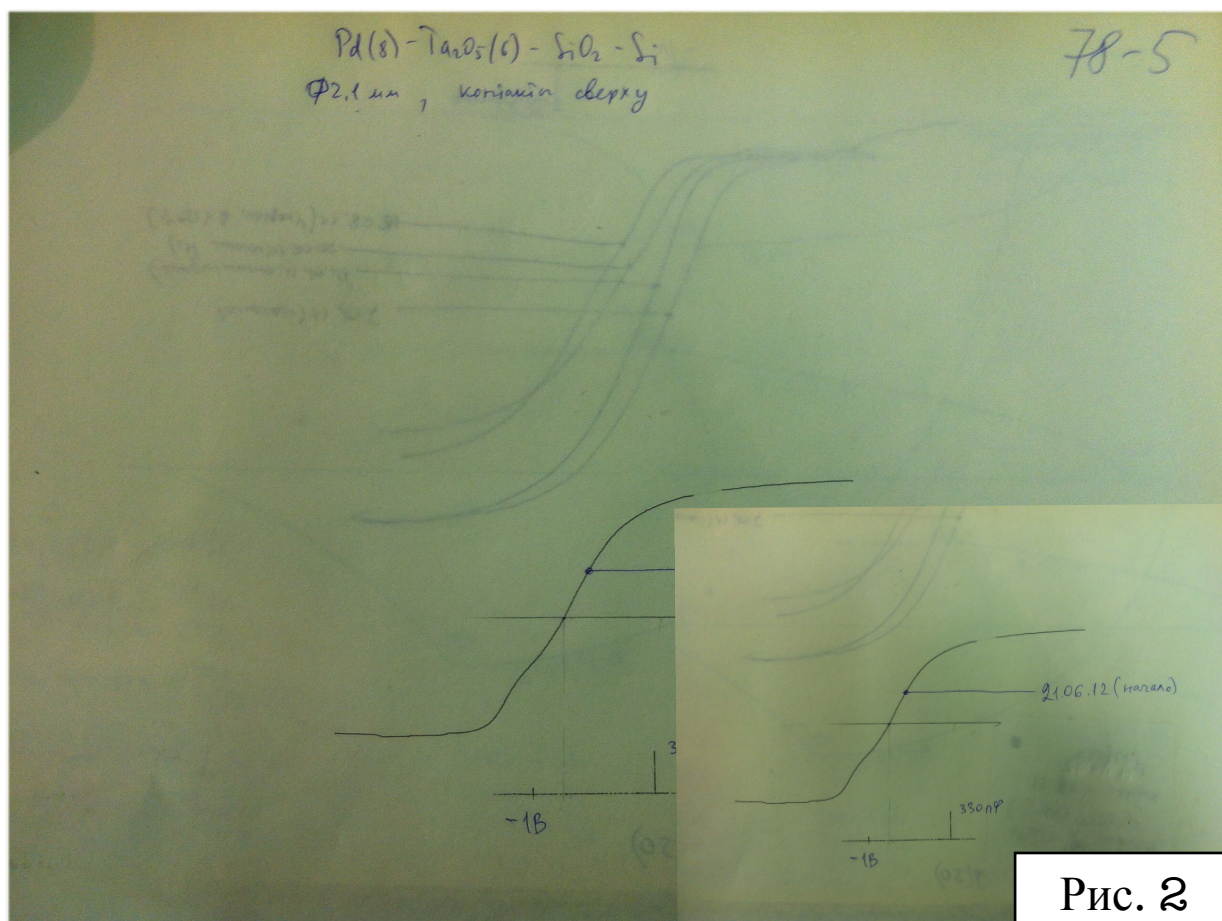


Рис. 1

5. Проверка работоспособности сенсора

Процесс проверки работоспособности МДП-сенсора заключается в снятии C-V характеристик, которые представляют собой график зависимости электроемкости сенсора (C) от напряжения (V).

Для того, чтобы снять данные характеристики, датчик помещают в специальный прибор, который затем при помощи самописца строит график зависимости (рис. 2).



Далее, для того, чтобы снять тестовые показания, выбирается рабочая точка (напряжение смещения) на линейной части C-V характеристики (рис. 2).

6. Снятие тестовых показаний

Для того, чтобы снять тестовые показания реакции сенсора на водород, датчик подключается к специальному прибору (рис. 3), затем опускается в емкость известного объема (в данном случае -1000 см³).

После помещения датчика, в емкость вводится водород известной концентрации (в данном случае - 1 см³ 0,5%)¹. После того, как прибор построит график, показывающий реакцию на введенный газ, по формуле²

$S = \Delta V / K$ вычисляется чувствительность. В данном случае чувствительность МДП-сенсора на водород равна 916 mV/ppm.

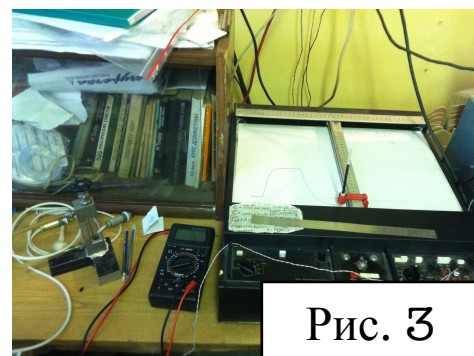


Рис. 3

Снятие тестовых показаний для сероводорода (и других газов) проводится аналогично.

Чувствительность данного МДП-сенсора на сероводород оказалась равной 480 mV/ppm.

После снятия тестовых показаний, по полученному графику (рис. 4), определяется время отклика и релаксации сенсора на газ (например, на водород). Причем подсчитывается не все время изменения, а та часть, за которую происходят наибольшие изменения - $T_{0,9}$ и $T_{0,1}$.

Для данного МДП-сенсора времена отклика составили 2,3 мин и релаксации 2,6 мин (рис. 4).

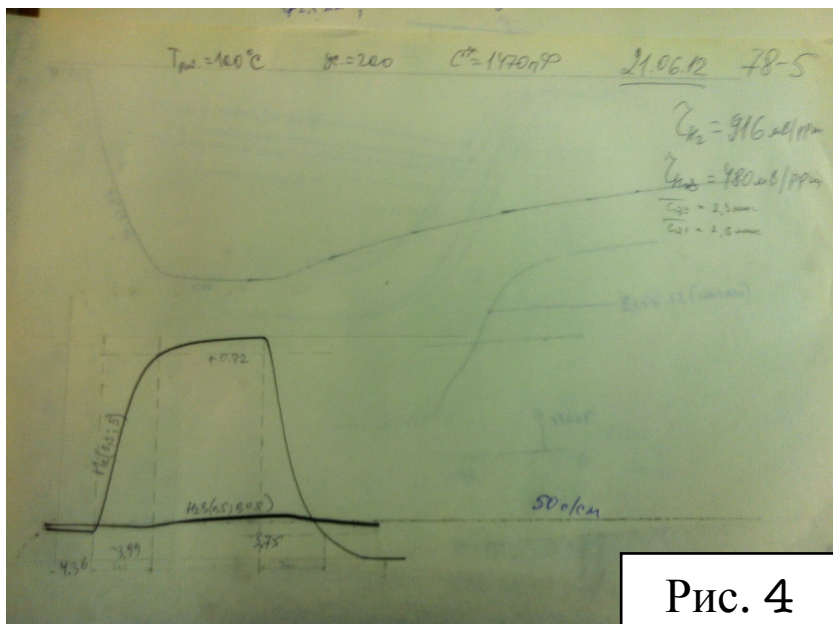


Рис. 4

¹ Концентрация водорода в емкости составила 5 ppm

² Где ΔV - разность напряжений, вольт; K - концентрация газа, ppm