

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗОТОПИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА НА ТЕМПЕРАТУРУ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА МЕТАЛЛ – ДИЭЛЕКТРИК В ОКИСЛАХ ВАНАДИЯ

Е. Вольф¹⁾, Г. Опперманн¹⁾, В. Райхельт¹⁾ Е. И. Теруков

Исследовано влияние изотопического эффекта на температуру фазового перехода металл – диэлектрик в окислах ванадия с целью выяснения вклада фононной подсистемы в механизм фазовых переходов подобного типа. Показано, что для всех исследованных окислов ванадия закономерным является сдвиг температуры фазового перехода в сторону высоких температур при замещении кислорода O^{16} на его изотоп O^{18} .

Существует большая группа соединений переходных и редкоземельных металлов, в которых наблюдается фазовый переход металл – диэлектрик (ФПМД) [1]. Особенностью этих соединений, в отличие от обычных классических полупроводников, является, с одной стороны, наличие кулоновского взаимодействия между электронами, а с другой – взаимодействие электронов с решеткой. Относительная роль этих факторов при интерпретации ФПМД неясна и представляет большой интерес.

С этой целью нами было впервые осуществлено замещение кислорода O^{16} на его изотоп O^{18} в решетке V_2O_3 , V_3O_5 и VO_2 и исследовано влияние изотопического эффекта на температуру фазового перехода.

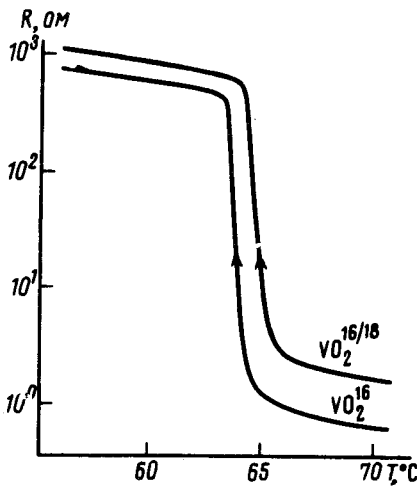
Известно, что на характеристики соединений переходных металлов, обладающих ФПМД, и в частности, на температуру фазового перехода сильное влияние оказывает стехиометрия исследуемых образцов, а также наличие в них неконтролируемых примесей. В каждом конкретном случае это влияние различно и должно быть учтено при проведении экспериментов по замещению O^{16} на O^{18} . Предпринятые с этой целью меры будут описаны в последующей работе. Там же будет представлена технология получения образцов, содержащих O^{18} .

Влияние изотопического эффекта на температуру ФПМД исследовалось методом дифференциального термического анализа и путем измерения температурной зависимости сопротивления исследуемого вещества. Точность измерения температуры фазового перехода в обоих случаях была не хуже $\pm 0,1^\circ\text{C}$.

На рисунке приведена температурная зависимость сопротивления монокристаллов VO_2^{16} и $VO_2^{16/18}$ верхней границы области гомогенности. Концентрация ионов O^{18} составляла $\sim 20\%$ от общего количества ионов кислорода. Из рисунка видно, что при замещении O^{16} на O^{18} происходит сдвиг температуры фазового перехода в сторону высоких температур на $(0,8 \pm 0,1)^\circ\text{C}$. В случае V_2O_3 и V_3O_5 также наблюдалось увеличение температуры ФПМД на $(2,1 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ и $(0,4 \pm 0,1)^\circ\text{C}$, соответственно.

Таким образом, проведенные эксперименты показали, что для всех

¹⁾Сотрудники центрального института Физики твердого тела и материаловедения АН ГДР, Дрезден.



Температурная зависимость сопротивления нормального и замещенного образцов VO_2

исследованных окислов ванадия закономерным является сдвиг температуры фазового перехода в сторону высоких температур при замещении O^{16} на его изотоп O^{18} . Не исключено, что величина сдвига температуры фазового перехода является мерой участия решетки и электрон-фононного взаимодействия в механизме ФПМД, так как концентрация замещенных ионов кислорода во всех рассматриваемых окислах была приблизительно одинакова.

В заключение отметим, что известно довольно много механизмов ФПМД, однако, за редким исключением теоретическое описание этих механизмов очень несовершенно и носит, к сожалению, качественный характер [2]. Роль фононов и электрон-фононного взаимодействия рассматривалась, в частности, в работах [3, 4]. Однако, формулы, полученные для температуры ФПМД в обоих случаях содержат, как среднюю частоту фононов, так и параметр электрон-фононного взаимодействия, оценка изменения которого в этих соединениях при замещении O^{16} на O^{18} представляет, по-видимому, принципиальную сложность. Это в конечном итоге не позволяет оценить ожидаемый теоретический эффект от замещения O^{16} на O^{18} и является, по-видимому, задачей дальнейших исследований.

Авторы благодарят Ф.А.Чудновского и М.Вольфа за полезное обсуждение результатов работы.

Настоящая работа выполнена в рамках договора между АН СССР и АН ГДР.

Физико-технический институт
им. А.Ф.Иоффе
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
18 декабря 1977 г.

Литература

- [1] J.M.Honig, H.L.Van Zandt. *Ann. Rev. Of Mat. Sci.*, 5, 225, 1975.
- [2] Ю.А.Фирсов. Экспериментальные и теоретические исследования оксидов и халькогенидов переходных металлов и редких земель. Материалы Зимней школы ФТИ, Л., 1971.
- [3] D.C.Mattis, W.D.Langer. *Phys. Rev. Lett.*, 25, 376, 1970.
- [4] А.Г.Аронов, Е.К.Кудинов. *ЖЭТФ*, 55, 1344, 1968.