

УДК 532.783+536

М. Б. МАРТИРОСЯН

ОДНОСТОРОННЯЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ЛЬДА

При поляризации молекул воды между одинаковыми металлическими электродами и фиксировании их положения с помощью замораживания система обладает свойством односторонней электропроводности (диодный эффект). Эффект обусловлен тем, что из отрицательного электрода в систему инжектируются электроны, которые и являются основными носителями тока. Электропроводность зависит от металла, из которого изготовлены электроды, расстояния между ними, температуры среды и потенциала поляризации.

В этой работе использована методика, примененная нами ранее в [1, 2], исследована односторонняя электропроводность льда, вольтамперная характеристика (ВАХ), зависящая от вида электродов (рис. 1), расстояния между электродами, температуры среды, поляризационного потенциала (ПП). Подробно изучена пара электродов из сплава железа с примесью (хром-кобальт-никель), снята ВАХ для разных потенциалов поляризации в пределах 5—50 В на 10^{-2} м при температуре среды 263 К (рис. 2).

Исследована ВАХ для пары электродов из золота при температуре среды 253 К (рис. 3), расстояние между которыми— 10^{-2} м. Изучены четырех-, пятиэлектродные системы, при помощи которых возможно было экспериментально установить роль электродов в отмеченном явлении. Получается, что вокруг положительного электрода образуется запирающий слой, а отрицательный электрод служит эмиттером для электронов. Обычный лед в зависимости от вида электродов обладает неодинаковой электропроводностью. В доказательство приведем значения плотности тока ($\times 10^{-5}$ Ам $^{-2}$) при потенциале на электродах $3 \cdot 10^3$ В (расстояние 10^{-2} м между электродами).

T (K)	Никель	Молибден	Вольфрам	Платина	Сплав железа
263	7,6	8,1	8,4	9,5	9,3
253	3,6	3,8	4,1	4,5	4,2

В таких же условиях поляризованная система в прямом направлении пропускает ток на два порядка больше (рис. 1, 2). Экспериментально установлено, что при малейшем загрязнении системы это явление не обнаруживается.

Молекулы воды обладают сильными полярными свойствами. Для них наиболее характерна ориентационная поляризация. Используя наши экспериментальные результаты, с учетом существующих физических закономерностей попытаемся дать объяснение односторонней электропроводности необычного льда.

1. Когда в систему включается ПП, поверхности электродов гидратируются: к поверхности положительно заряженного электрода приближаются молекулы воды с отрицательными концами, а к отрицатель-

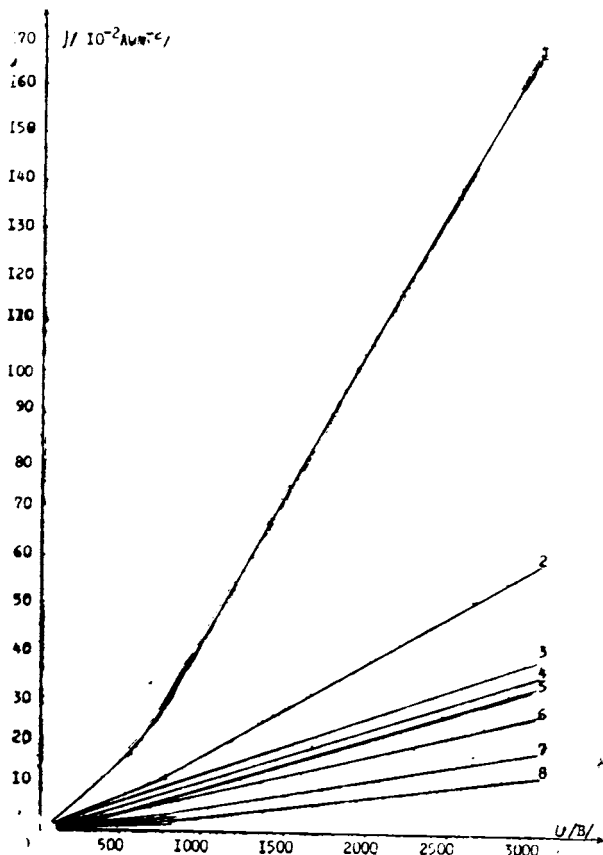


Рис. 1. Зависимость плотности тока от напряжения на электродах: 1,5—платина; 2,6—вольфрам; 3,7—молибден; 4,8—никель; расстояние между электродами: 1 ÷ 4— $5 \cdot 10^{-3}$ м; 5 ÷ 8— 10^{-2} м; $T = 263$ К.

ным электродам—положительными концами, и вся система поляризуется в направлении электрического поля. Чем больше ПП, тем больше и поляризуемость системы, т. е. больше энергия гидратации электродов. Действительно, фиксированная с помощью замораживания система должна работать как односторонний проводник, если в системе нет других токоносителей. Основными носителями тока в такой системе являются электроны, которые инжектируются из отрицательного электрода. Наш эксперимент подтверждает это. Положительный электрод покрыт отрицательными концами молекул воды, следовательно, выход электронов из положительного электрода в систему закрыт, а отрицательный электрод покрыт положительными концами молекул воды, которые возбуждают и всасывают в систему электроны из электрода. Зависимость этого явления от следующих физических величин (температуры, вида электродов, расстояния между электродами и ПП) можем объяснить так: при поляризации системы и фиксации этого положения упорядочение диполей молекул воды создает, по-видимому, своеобразный проводящий канал для электронов, инжектируемых из отрицательного электрода. Этот канал имеет свое электрическое сопротивление, которое зависит от температуры среды. При изменении температуры среды меняются внутренние электронные параметры молекул воды, которые, в свою очередь, приводят к изменению сопротивления канала. При изменении расстояния между электродами изменяются

сопротивление канала и характер действия ПП, что приводит к нелинейному изменению плотности тока в системе. При увеличении ПП по-

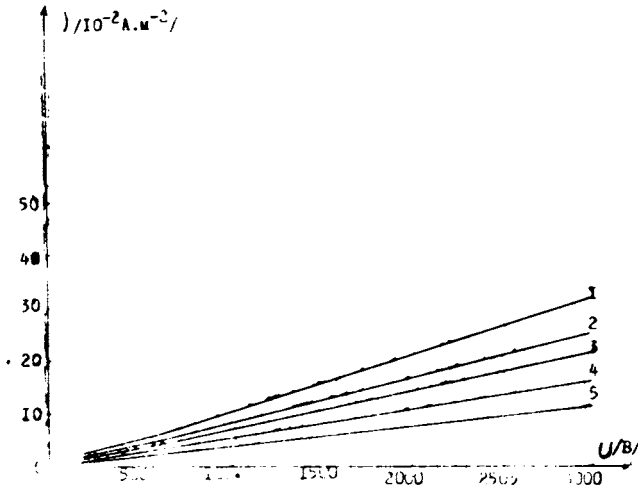


Рис. 2. Зависимость плотности тока для электродов сплава железа с примесью хром—кобальт—никель от напряжения на электродах: значения ПП следующие: 1— $5 \cdot 10^{-3} \text{ В/м}$; 2— $4 \cdot 10^{-3} \text{ В/м}$; 3— $2 \cdot 10^{-3} \text{ В/м}$; 4— 10^{-3} В/м ; 5— $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ В/м}$; $T = 253 \text{ К}$.

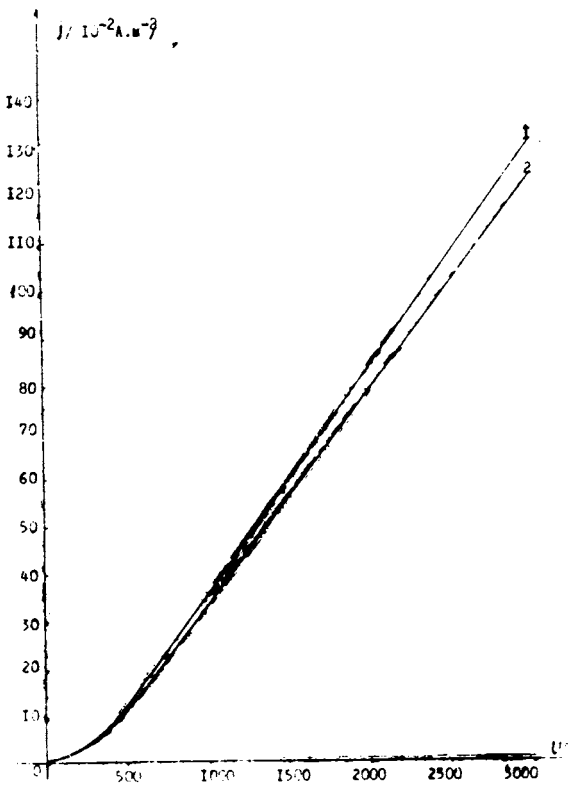


Рис. 3. Зависимость плотности тока от напряжения на электродах: 1—золото; 2—платина; $T = 253 \text{ К}$. Расстояние между электродами 10^{-2} м . ПП— 10^{-3} В/м .

вышается степень гидратации и упорядоченность поляризованного льда, что приводит к увеличению плотности тока в системе. Зависимость плотности тока от разных электродов связана, по-видимому, с контактными явлениями. ВАХ для разных металлических систем располагается по порядковым номерам данного металла, т. е. чем больше порядковый номер металла электрода, тем больше крутизна ВАХ образца. При увеличении напряжения на электродах ($50-3 \cdot 10^3 \text{ В}$) при любом расстоянии между ними тока насыщения не наблюдается. Чтобы опровергнуть точку зрения, при которой полученное явление связывается с растворенными в металлах протонами, нами поставлен эксперимент с электродами золота, которое не растворяет протоны (рис. 3). Явление при этом повторяется.

II. Известно [3, 4], что в обычных условиях из металла электроны проникают в воду, растворяются, следовательно, заданный ПП препятствует проникновению электронов из положительных электродов в систему, электроны же отрицательного электрода возбуждаются положительными вершинами гидратного слоя молекул воды, и ускоряется их проникновение в систему, что приводит к получению диодного эффекта (односторонняя электропроводность). Такой подход доказывает, что носителями тока в системе являются электроны, инжектирующиеся из отрицательного электрода.

Кафедра общей физики

Поступило 18.05.1987

ЛИТЕРАТУРА

1. Мартиросян М. Б. Односторонняя электропроводность льда.—Уч. записки ЕГУ, 1985, № 3 (160), с. 151—152.
2. Мартиросян М. Б. Исследование односторонней электропроводности льда.—Межвуз. ж. (сер. Физика). Изд-во ЕГУ, 1987, № 7, с. 202—206.
3. Онзагер Л. Электроны в жидкостях.—В кн.: Современная квантовая химия. М.: Мир, 1968, т. 2, с. 129—135.
4. Джортнер Дж. и др. Электроны в жидкостях.—В кн.: Современная квантовая химия. М.: Мир, 1968, т. 2, с. 140—169.

Ա մ փ ն փ ու մ

Մետաղյա միատեսակ էլեկտրոդների միջև ջրի մոլեկուլները բևեռացնելով և այդ վիճակը սառեցման միջոցով կայունացնելով՝ համակարգը օժտում ենք միակողմանի էլեկտրահաղորդականությամբ (դիոդային էֆեկտ):

Սրբույթը պայմանավորված է նրանով, որ բացասական բևեռից համակարգ են ներմուծվում (լուծվում) էլեկտրոններ, որոնք և համարվում են համակարգի հիմնական հոսանքակիրները:

Համակարգի էլեկտրահաղորդականությունը կախված է էլեկտրոդների տեսակից, միջավայրի ջերմաստիճանից, միջէլեկտրոդային հեռավորությունից և բևեռացման լարումից:

SUMMARY

In the paper it has been shown that when water molecules are polarized by identical metal electrodes and then their depositions are fixed by freezing, the system gets a property of the unilateral conductivity (diode effect). The effect is due to the electrons injected into the system from the negative electrode and these electrons are the main carriers of conductivity. The ice conductivity in these conditions depends on the type of the electrode metal, the medium temperature, the distance between the electrodes, the polarization potential and the potential of electrodes to take out the voltage characteristics of the system.