

Академик АН КазССР М. И. КОРСУНСКИЙ, В. В. СОКОЛЬСКИЙ,
В. П. СОЛОДУХИН, А. Д. ВОЛЧЕК

ИССЛЕДОВАНИЕ АНОМАЛЬНО ФОТОПРОВОДЯЩИХ ПЛЕНОК МЕТОДОМ АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА

Известные свойства аномальной фотопроводимости ⁽¹⁾ наблюдаются в пленках аморфного селена, выдержанных определенное время в парах ртути. Отсутствие данных о количественном содержании ртути, необходимым для аномальной фотопроводимости, затрудняет обсуждение механизма и природы этого явления. До настоящего времени были известны лишь оценки изменения фотопроводящих свойств образцов в зависимости от времени их выдержки в парах или от величины конечного сопротивления селеновых пленок. Однако величина проводимости и длительность выдержки не позволяют оценить концентрацию ртути в образцах, а следовательно, не позволяют судить о характере формирования проводящего слоя на поверхности селена. В связи с этим возникла необходимость разработки метода количественного определения ртути в пленках аморфного селена.

Определение содержания ртути в образцах аморфного селена проводилось методом нейтронного активационного анализа.

Исследуемые образцы представляли собой тонкие (0,3–0,5 мкм) слои селена, нанесенные вакуумным напылением на полиэтиленовую подложку в виде пятна диаметром 15 мм. Для измерения проводимости предварительно наносились два алюминиевых электрода. Образцы выдерживались в парах ртути при комнатной температуре и атмосферном давлении ⁽¹⁾. Время выдержки изменялось от одной до нескольких десятков минут, в результате чего в образцах устанавливалось некоторое значение проводимости в интервале 10^{10} – 10^6 ом.

Активация нейтронами проводилась в течение 20–50 час. в канале реактора ВВР-К с потоком $5 \cdot 10^{12}$ нейтрон/см²·сек. Такой режим облучения позволяет получить достаточную активность анализируемого изотопа, а также избежать радиационного разрушения образца.

Исследование гамма-спектров нескольких образцов, измеренных с помощью Ge(Li) детектора объемом 20 см³ и разрешением 5 кэв, показало наличие большого фона от селена, что затрудняет идентификацию ртути. Поэтому в дальнейшем измерения проводились на тороидальном магнитном бета-спектрометре со светосилой 20% от 4л и разрешением 2%. На рис. 1 приведен бета-спектр одного из исследуемых образцов, на котором отчетливо выражены пики электронов внутренней конверсии ⁷⁷L и ⁷⁷M изотопа ¹⁹⁷Hg. Определив площадь этих пиков и сравнив с площадью пиков эталона, можно рассчитать содержание ртути, адсорбированной на поверхности селена. Так, в образце, спектр которого представлен на рис. 1, оказалось $1,4 \cdot 10^{-6}$ г ртути. Таким образом была измерена целая партия образцов и установлено, что аномальная фотопроводимость наблюдается в пленках аморфного селена, содержащих ртуть в количестве от 10^{-7} до 10^{-5} г.

Известно ⁽²⁾, что одной из характеристик аномальной фотопроводимости может служить величина конечного сопротивления пленки после ее выдержки в парах ртути. В этой же работе установлено, что существует некоторое оптимальное значение сопротивления аномально фотопроводящих пленок (10^8 – 10^9) ом, при котором образцы характеризуются максималь-

ной цветовой чувствительностью. Поэтому была поставлена задача по выяснению наличия некоторого оптимального содержания ртути, наиболее благоприятного для сопротивления свойств аномальной фотопроводимости в пленках аморфного селена. С этой целью было определено количество ртути в образцах с различным конечным сопротивлением R . Результаты измерений представлены в табл. 1.

В работе (3) содержатся данные, свидетельствующие об электрической неоднородности аномально фотопроводящих образцов. Это выражается в том, что сопротивление пленки селена между электродами, к которым во время выдержки в парах ртути при-

Таблица 1

Номер образца	Конечное сопротивление, ом	Содержание ртути, 10^{-7} г	Среднее значение содержания ртути, 10^{-7} г
1	10^6	15,8	15,4
2		12,2	
3		17,4	
4	10^7	16,6	12,9
5		14,0	
6		14,2	
7	10^8	14,5	11,3
8		9,2	
9		13,1	
10	10^9	14,3	9,2
11		7,0	
12		9,2	
13	10^{10}	8,1	8,3
14		8,4	
15		8,6	

ложено электрическое поле, меньше, чем сопротивление пленки в перпендикулярном направлении. Для изучения возможной причины этого эффекта было проведено определение распределения ртути по поверхности селенового образца. С этой целью образец перекрывали алюминиевым экраном с окном диаметром 3 мм. Перемещение окна позволяло получить бета-спектр и, следовательно, установить содержание ртути в различных участках селеновой пленки. На рис. 2, 3 и в табл. 2 приведены результаты (в единицах 10^{-7} г), характеризующие распределение ртути по поверхности образца.

Обсуждение результатов. На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Количество ртути, достаточное для возникновения аномальной фотопроводимости, составляет величину порядка 10^{-7} г; это говорит в пользу выдвинутого в работе (3) предположения об образовании на селене островковой проводящей пленки. Действительно, столь малое количество ртути не может образовать равномерно распределенную пленку даже в пределах монокристаллического слоя.

Поэтому при обсуждении природы аномальной фотопроводимости необходимо учитывать это обстоятельство. Возможно, что отдельные островки могут выполнять роль U -центров согласно модели, предложенной в (1).

В пользу существования на поверхности образца проводящей структуры типа островковой свидетельствует также полученное соотношение меж-

ду содержанием ртути на участках образца, расположенных вдоль осей AB и CD (10^{-7} г)

Таблица 2
Содержание ртути на участках образца, расположенных вдоль осей AB и CD (10^{-7} г)

AB					CD				
3	10	13	12	7	1	9	13	11	5
7,3	1,9	2,1	3,6	11,0	1,4	1,6	2,1	1,8	1,5

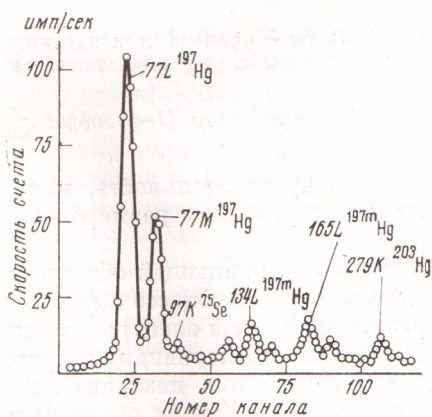


Рис. 1. Бета-спектр образца с содержанием ртути $1,4 \cdot 10^{-6}$ г

ду проводимостью образцов и содержанием в них ртути. Как следует из данных табл. 1, существенное (на несколько порядков) изменение проводимости обусловлено малым изменением количества ртути. Такого типа связь между количественным содержанием и проводимостью характерна для несплошных металлических пленок (⁴). По-видимому, в процессе выдержки образцов в парах ртути после формирования приповерхностного слоя происходит укрупнение и закорачивание элементов проводящей пленки, что обуславливает резкое изменение наблюдаемой проводимости. С этой точки зрения существование некоторого диапазона сопротивления,

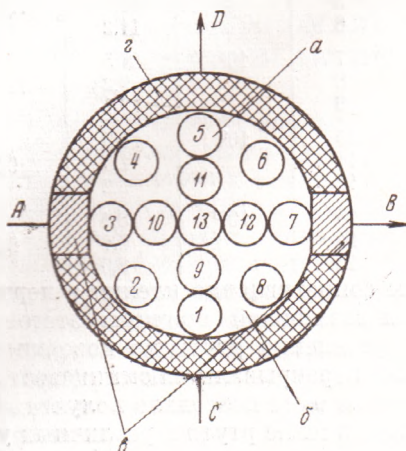


Рис. 2

Рис. 2. Схема исследования образца по участкам (1-13): а — один из исследованных участков, б — селеновая пленка, в — алюминиевые электроды, г — полиэтиленовая подложка

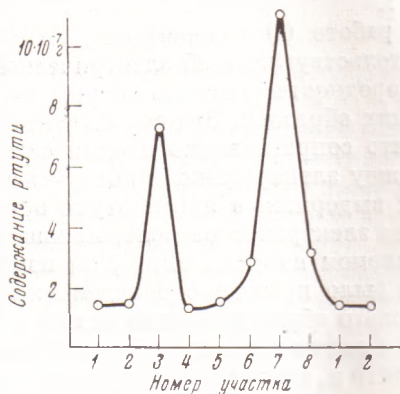


Рис. 3

Рис. 3. Распределение концентрации ртути по крайним участкам (1-8) образца

в котором наблюдается максимальная цветовая чувствительность, может свидетельствовать о наличии оптимальных геометрических размеров островковой структуры.

Из табл. 2 видно, что в образце вдоль оси *AB*, соединяющей оба электрода, к которым было приложено электрическое поле в процессе выдержки селена в парах ртути, содержание ртути различно: вблизи электродов концентрация максимальна и убывает к центру образца. В перпендикулярном направлении концентрация ртути по оси *CD* изменяется незначительно. Таким образом, установлено, что в пленках аморфного селена распределение ртути по поверхности неоднородно. В случае островковой структуры проводящей пленки неоднородность в содержании ртути свидетельствует об анизотропии островковой структуры, что и определяет наличие анизотропии электропроводности, обнаруженной в работе (³).

Авторы приносят благодарность В. В. Сметанникову и И. В. Казачевскому за помощь в выполнении работы.

Институт ядерной физики
Академии наук КазССР
Алма-Ата

Поступило
30 IV 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ М. И. Корсунский, Аномальная фотопроводимость, М., 1972. ² М. И. Корсунский, А. Д. Волчек, К. С. Гаргер, Сб. Вопросы общей и прикладной физики, Алма-Ата, 1969. ³ А. П. Тыщенко, Автореф. кандидатской диссертации, Алма-Ата, 1973. ⁴ Физика тонких пленок, под редакцией Г. Хасс, Р. Э. Тун, т. 2, М., 1967.