

О НАБЛЮДЕНИИ БЕЗГИСТЕРЕЗИСНОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ И СТАТИЧЕСКОГО ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В ПЛЕНКАХ АМОРФНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

С.А. Костылев, В.А. Шкут, В.Я. Крысь

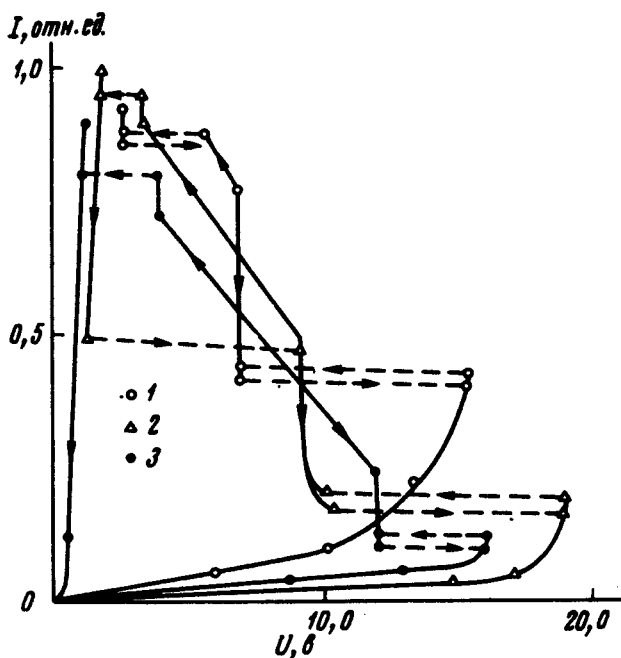
Экспериментально показано, что переключение в пленках аморфных полупроводников происходит в два этапа. Несмотря на то, что в обоих случаях переключение происходит по линии нагрузки, гистерезис наблюдается лишь после второго этапа. Две стадии переключения разделены устойчивой областью токов, в которой может иметь место статическое отрицательное дифференциальное сопротивление.

В настоящее время считается общепринятым, что при наличии отрицательного дифференциального сопротивления S -типа в аморфных полупроводниках в момент переключения возникает область повышенной плотности тока – "шнур" [1 – 3]. Несмотря на большое количество исследований аморфных пленочных структур сведений о реальной вольтамперной характеристике (VAX) материала в случае однородного образца отсутствует. Это обусловлено тем, что стабильно наблюдались и ин-

терпретировались лишь допороговые и послепороговые участки ВАХ, детального же изучения области переключения не наблюдалось, так как не удавалось зафиксировать участка переключения [2].

В настоящей работе приводятся результаты экспериментального наблюдения двухступенчатого переключения в тонких стеклообразных полупроводниковых пленках и исследования статического отрицательного сопротивления (СОДС). Исследование проводилось на постоянном токе в режиме генератора тока. В качестве образцов использовались пленки стекла систем: $\text{Ge}-\text{Te}$, $\text{Si}-\text{As}-\text{Cu}-\text{As}-\text{Te}$; $\text{Ge}-\text{Si}-\text{As}-\text{Te}$; $\text{Cu}-\text{I}-\text{As}-\text{Te}$ — толщиной не более 10 мкм.

На рисунке приведены ВАХ изученных составов. Как видно, для всех образцов типичным является двухступенчатое переключение. Отметим следующие основные особенности ВАХ.



Типичный вид статических ВАХ для различных составов: 1 — $\text{Si}-\text{As}-\text{Te}$; 2 — $\text{Ge}-\text{Si}-\text{As}-\text{Te}$; 3 — $\text{Ge}-\text{Te}; \text{Cu}-\text{As}-\text{Te}; \text{Cu}-\text{I}-\text{As}-\text{Te}$

1. ВАХ симметричны относительно приложенного напряжения. Двух-ступенчатый характер переключения наблюдается во всех материалах, независимо от того переходит образец после второго переключения в состояние с памятью или переключение является обратимым. Способность "запоминать" определяется свойствами материала.

2. Гистерезис ВАХ после первого переключения весьма мал и его величина не зависит ни от состава пленок, ни от температуры и величины тока, с которой снимается обратный ход ВАХ. В то же время гистерезис после второго переключения зависит от состава пленок, его величина значительно больше и совпадает с известными из литературы [4].

3. Переходная область между первым и вторым переключениями стабильна и воспроизводима при многократном снятии ВАХ.

4. В диапазоне токов, соответствующих переходной области, имеется участок СОДС, величина которого зависит от состава образца и уменьшается с ростом температуры до появления одноступенчатого переключения. При этом поведение образца до и после переключения не отличается по характеру от поведения его до первого и после второго переключения в случае двухступенчатого.

Укажем, что для наблюдения двухступенчатого переключения измерительная схема и образец должны удовлетворять ряду требований.

а) В образцах не должна наблюдаться формовка. Наши исследования показали, что формовка, т.е. изменение пороговых параметров после первого приложения напряжения к образцу, обусловлена наличием и последующим пробоем контактных барьеров, либо барьеров на границах микронеоднородностей, обусловленных зернистой структурой пленки [5.]. Поэтому применение в качестве контактов таких металлов как вольфрам, молибден, приводило к значительной формовке. При этом в пленке происходило увеличение тока переключения, так что двухпорогового переключения не наблюдалось. По-видимому аналогичные изменения происходят и в случае крупнозернистых аморфных пленок, в которых также наблюдается формовка. Поэтому режимы испарения материала и конденсации были подобраны таким образом, чтобы обеспечить получение однородных стеклообразных пленок (контроль осуществлялся с помощью микроскопа МИМ-8) .

б) Важным фактором для получения двухпорогового переключения является площадь контактов, которая в нашем случае не превосходила $2 \cdot 10^{-6} \text{ см}^2$. Увеличение площади контакта затрудняло наблюдение двухпорогового переключения, это по-видимому увеличивает вероятность наличия неоднородности под контактом.

в) При исследовании образцов, удовлетворяющих условиям "а" и "б"; обеспечивался режим генератора тока, при этом нагрузочная прямая пересекала ВАХ в одной точке.

Незначительная величина гистерезиса при первом переключении и ее независимость от величины тока позволяет предположить, что неоднородности типа шнуров тока при первом переключении не возникают. ВАХ в этой области отражает либо появление слабых неоднородностей типа слоев тока, либо, что более вероятно по нашему мнению, статическую ВАХ материала. Для проверки этого предположения мы исследовали поведение реактивностей диода в процессе снятия ВАХ с помощью зондирования СВЧ-сигналом. С этой целью была создана СВЧ установка компенсирующая активную составляющую тока в образце и позволяющая измерять индуктивности порядка единиц пикогенри. Как выяснилось, сигнал, соответствующий появлению реактивной составляющей индуктивного характера образца фиксировался лишь после второго переключения. Первое переключение не приводило к заметным изменениям индуктивности образца.

Литература

- [1] В.Л. Бонч-Бруевич, И.П. Звягин, А.Г. Миронов. Доменная электрическая неустойчивость в полупроводниках. М., изд. Наука, 1972.
- [2] S.R.Ovschinsky. Phys. Rev. Lett., 21, 20, 1450, 1968.
- [3] A.D.Pearson, C.E.Miller. Appl. Phys. Lett., 14, №9, 280, 1969.
- [4] S.R.Ovschinsky, H.Fritzsche. IEEE Trans. on Electron Devices, ED-20, №2, 91, 1973.
- [5] П.Т.Орешкин, В.А.Семенов, В.Ф.Золотарев, О.В.Митрофанов. Изв. вуз., Физика, №3, 85, 1969.
-