

КОЛЕБАНИЯ ТОКА В ГЕРМАНИИ *n*-ТИПА С ПРИМЕСЬЮ МАРГАНЦА

И.В.Карпова, С.Г.Калашников

В настоящее время известно большое число работ, в которых наблюдались колебания тока в германии и кремнии. В некоторых случаях эти колебания были обусловлены возникновением объемной отрицательной дифференциальной проводимости и движущихся электрических доменов. Эти явления наблюдаются при температурах, значительно ниже комнатной. В ряде случаев отрицательная проводимость и колебания тока были связаны с инжекцией через контакты.

В опытах, описанных ниже, были обнаружены колебания тока, с большой амплитудой в образцах германия *n*-типа с примесью марганца. Эти колебания по-видимому не связаны с инжекцией в контактах, наблюдаются при температурах, близких к комнатной, и небольших полях и, как нам кажется, имеют другое происхождение, чем указанное выше.

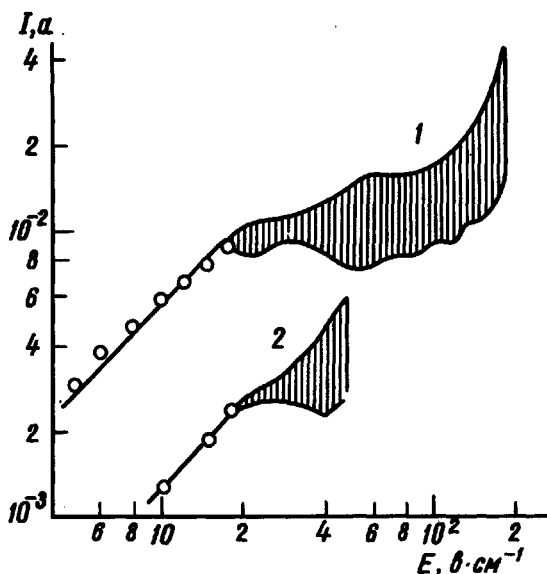


Рис.1. Вольт-амперные характеристики для двух образцов: 1 — длина образца 5 мм, 2 — длина образца 2,5 мм

В качестве компенсирующей примеси в наших образцах использовалась сурьма, концентрация которой подбиралась так, чтобы электроны полностью заполняли нижний уровень марганца ($E_v + 0,15 \text{ эв}$) и частично верхний ($E_c - 0,37 \text{ эв}$). Следует отметить, что если концентрация сурьмы была больше удвоенной концентрации марганца, то колебания отсутствовали.

На рис.1 представлены вольт-амперные характеристики двух образцов, длина которых отличалась в два раза, а концентрация примеси бы-

ла примерно одинаковой. Концентрация марганца была $\sim 10^{14} \text{ см}^{-3}$, а степень заполнения электронами верхнего уровня марганца была близка к единице. Кривые снимались при условии, что сопротивление образца больше сопротивления нагрузки. Измерения велись в импульсном режиме при длительности импульса от 1 мсек до 10 мксек и частоте повторения 0,5 1/с. Из рисунка видно, что при полях, меньших некоторого

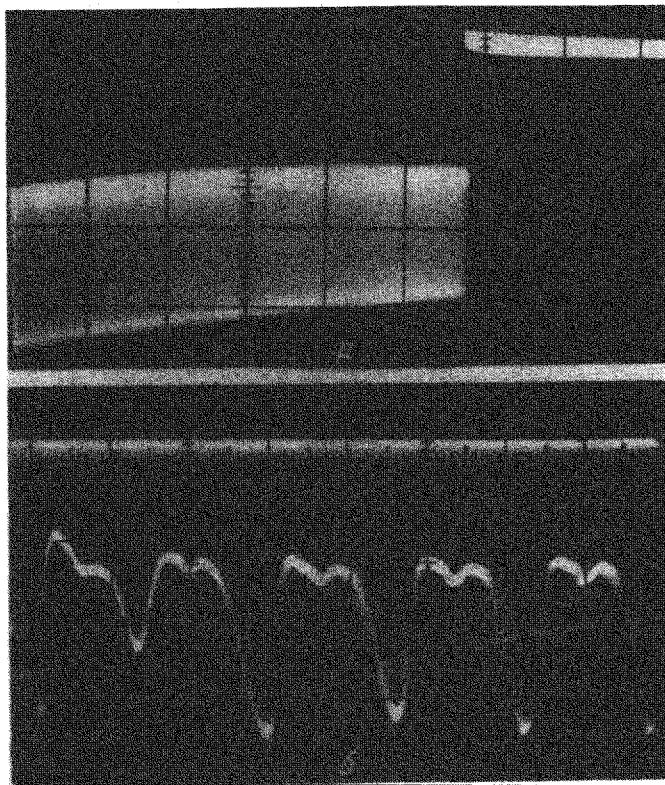


Рис.2. Осциллограмма импульса тока: а — скорость развертки 0,2 мсек/бол.дел; б — 5 мксек/бол.дел

критического значения, соответствующего началу колебаний, вольт-амперная характеристика близка к линейной. Величина поля $E_{кр}$ была равна 18 в/см и не менялась при изменении длины образца от 2,5 до 15 мм.

На рис.2 показана осциллограмма тока. Изменение тока при колебаниях достигало 50-90 процентов от величины импульса. Период колебаний равнялся нескольким микросекундам и практически не менялся при изменении длины образца в семь раз. Колебания возникали как в темноте, так и при освещении кристалла, и их возникновение не зависело от обработки поверхности. Колебания с максимальной амплитудой наблюдались при температурах 300–310°К. При дальнейшем нагреве амплитуда колебаний уменьшалась. При охлаждении кристалла период колебаний увеличивался и правильные колебания переходили в шумы.

Опыты с образцами в виде гантелей и образцами специальной формы, при которой площадь одного из электродов была намного больше, чем

другого, показали, что наблюдаемые колебания, по-видимому, не связаны с инъекцией носителей через контакты.

В работе [1] было показано, что колебания тока в полупроводниках, содержащих примеси с глубокими уровнями, могут быть связаны с рекомбинационными волнами. В работе [2] сообщается о наблюдении колебаний в компенсированном кремнии с примесью золота, которые, по мнению авторов, связаны с этим механизмом. Мы полагаем, что наблюдаемые нами колебания также связаны с рекомбинационными волнами. В пользу этого свидетельствует следующее: 1 – марганец в германии является подходящей примесью для наблюдения рекомбинационных волн; 2 – период наблюдаемых колебаний не зависит от длины образца; 3 – из работы [1] следует, что до возникновения колебаний вольт-амперная характеристика должна быть близка к линейной, что и наблюдалось в наших опытах; 4 – порядок величин критического поля и периода колебаний при указанных выше температурах и концентрациях оказывается таким же, как и ожидаемый теоретически. Дальнейшие эксперименты, которые ведутся в настоящее время, позволят окончательно установить природу описанных колебаний.

В заключение выражаем сердечную благодарность О.В.Константинову, В.И.Перелю и Г.В.Царенкову за стимулирование настоящих экспериментов, ценные обсуждения и ознакомление с результатами их теоретических расчетов.

Институт радиотехники
и электроники
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
7 октября 1967 г.

Литература

- [1] О.В.Константинов, В.И.Перель, Г.В.Царенков. ФТТ, 9, 1761, 1967;
О.В.Константинов, В.И.Перель. ФТТ, 6, 3364, 1964.
[2] J.S.Moore, C.M.Penchina, N.Holonyak Jr., M.D.Sirkis, T.Yamada.
J. Appl. Phys., 37, 2009, 1966.

СВЕТОВОЕ ИНДУЦИРОВАННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ПЛАЗМЕННО-ПУЧКОВОГО РАЗРЯДА

*Ю.В.Ткач, Я.Б.Файнберг, Л.И.Болотин, Я.Я.Бессараб,
Н.П.Гадецкий, В.Н.Черненко, А.К.Березин*

Как известно, большинство существующих газовых лазеров основано на использовании различных типов разрядов соотнoсительно высоким давлениям (10^{-1} – 10 мм рт.ст.) и соответственно невысокой электронной температурой ($T_e = 5 + 6$ эв). Электронная температура в импульс-