

ФОТОУПРАВЛЯЕМАЯ САМОПОДДЕРЖИВАЮЩАЯСЯ ЭМИССИЯ ЭЛЕКТРОНОВ

© *Х.Н.Везиров, Э.Ю.Салаев*

Известно, что коэффициент вторичной электронной эмиссии σ , т.е. отношение вторичного тока к первичному, зависит от материала эмиттера, его структуры и поверхностных свойств, энергии первичных электронов и некоторых других параметров. Если бомбардировке подвергается диэлектрическая мишень, то обычно происходит накопление зарядов на ее поверхности [1]. Если же эта диэлектрическая мишень выполнена в виде тонкой пористой пленки, нанесенной на металлическую подложку, можно наблюдать аномально высокие значения коэффициента σ , превышающие σ плотного диэлектрика иногда даже на 2–3 порядка величины. В таких случаях после прекращения бомбардировки первичными электронами вторичный ток может спадать очень медленно, а в некоторых случаях сохраняется неопределенно долго (тысячи часов) [2]. Это явление называется самоподдерживающейся эмиссией электронов. Механизм явления самоподдерживающейся эмиссии электронов с диэлектрической пленки, нанесенной на металлическую подложку, до сих пор окончательно не установлен, хотя этим вопросам посвящено достаточное количество работ [1–4]. Одним из возможных механизмов этого явления [1] может быть холодная (автоэлектронная) эмиссия электронов из металлической подложки в объем диэлектрика, их движение сквозь тонкий диэлектрический слой с последующим вылетом в вакуум. Не исключено также [4] лавинное размножение вторичных электронов в порах диэлектрического слоя путем ударной ионизации под действием сильного электрического поля, имеющегося внутри тонкого слоя диэлектрика из-за возникших на его поверхности положительных зарядов (при $\sigma > 1$).

Впрочем, выяснение механизма самоподдерживающейся эмиссии не входит в задачу настоящего сообщения.

При исследовании эмиссионных свойств полупроводниковых пленок мы, как нам кажется, впервые наблюдали явление самоподдерживающейся эмиссии электронов с диэлектрической пленки, нанесенной не на металлическую, а именно на полупроводниковую подложку, что позволяло модулировать ток самоподдерживающейся эмиссии световым

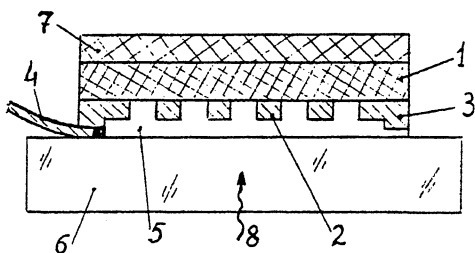


Рис. 1. Конструкция эмиттера на основе фотоуправляемой самоподдерживающейся эмиссии электронов (масштаб не соблюден).

поток и что было совершенно невозможно в случае металлической подложки.

Эксперимент проводился следующим образом (рис. 1). На поверхности полированной монокристаллической германиевой пластины 1 диаметром 25 мм в вакууме методом термического напыления создавалась полупрозрачная пленка 2 золота толщиной порядка 80 нм. Пленка выполнялась в виде сетки с шагом 1.2 мм (квадратными просветами длиной 1 мм) и имела хороший контакт с более толстой золотой пленкой, выполненной в виде кольца 3 (собственно, сетка и кольцо 3 представляли собой одно единое целое, так как сперва создавалась сетка, затем допылялось кольцо). Кольцо 3 имело контактный вывод 4 (золотую проволоку) для подключения к источнику тока. Затем та поверхность германиевой пластины, на которой была создана золотая сетка, наклеивалась посредством эпоксидного клея 5 на поверхность кварцевой пластины 6. После этого противоположная поверхность германиевой пластины шлифовалась до достижения пластиной толщины примерно 5 мкм и полировалась. Затем, после соответствующей теххимической обработки, кварцевая пластина с германием помещалась в вакуумную установку и на свободной поверхности германиевой пленки создавалась рыхлая (пористая) диэлектрическая пленка 7 окисла алюминия толщиной порядка 450 нм. Диэлектрическая пленка получалась термическим испарением алюминия в среде кислорода при давлении порядка $5 \cdot 10^{-2}$ Тор. После этого диэлектрическая пленка в течение 2 мин обрабатывалась в парах цезия при давлении порядка $5 \cdot 10^{-5}$ Тор и температуре 60°C .

После выдержки в течение нескольких часов и стабилизации параметров системы в высоком вакууме (10^{-7} Тор) поверхность диэлектрической пленки облучалась потоком первичных электронов. Энергия этих электронов была 5–7 кэВ. Вторичные электроны собирались на специальный электрод-коллектор (на рис. 1 электронная пушка, коллектор и другие конструктивные элементы установки не пока-

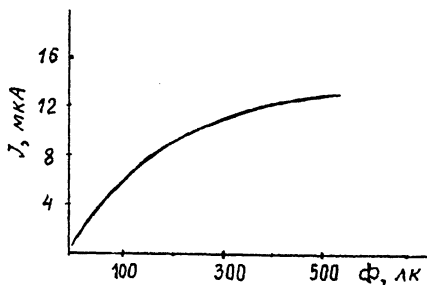


Рис. 2. Зависимость тока самоподдерживающейся эмиссии электронов от освещенности полупроводниковой пленки.

заны). Напряжение между коллектором и пленкой (проводкой 4) было порядка 300 В. Облучение диэлектрической пленки первичными электронами проводилось при комнатной температуре на свету при освещенности на поверхности германиевой пленки порядка 300 лк. При силе первичного тока 0,3 мкА сила вторичного тока с диэлектрической пленки достигала 12 мкА. После отключения первичного тока вторичный ток практически мгновенно падал до порядка 10 мкА, после чего стабилизировался и держался на этом уровне, т. е. приложенном между коллектором и проводкой 4 напряжении прямой полярности (плюс — на коллекторе) и отключенном токе первичных электронов, на свету на коллектор через вакуум шел ток самоподдерживающейся эмиссии электронов с поверхности диэлектрической пленки 7 силой 10 мкА. При полном затемнении образца ток самоподдерживающейся эмиссии падал на 1,5–2 порядка величины и достигал примерно 0,15 мкА. При повторном освещении полупроводниковой пленки световым потоком 8 без облучения первичными электронами (при этом свет проходил сквозь кварцевую пластину, клей и сетку) ток самоподдерживающейся эмиссии возрастал, причем рост тока был пропорционален освещенности полупроводниковой пленки. На рис. 2 показана зависимость тока самоподдерживающейся эмиссии от освещенности германиевой пластины непрерывно падающим (немодулированным) светом стандартного источника типа А.

Было проведено также исследование на инерционность. Для этого световой поток модулировался с частотами до примерно 5 кГц посредством закрепленного на моторе модулятора. Установлено, что вплоть до указанных частот форма, частота и скважность импульсов тока самоподдерживающейся эмиссии в точности соответствуют частоте и скважности импульсов света. Исследование частотных характеристик на более высоких частотах не представлялось возможным в силу технических возможностей установки.

Не вдаваясь в подробности разрабатываемого нами в настоящее время механизма обнаруженного эффекта, думаем, что последний может иметь большое практическое значение, так как на этом принципе модуляции эмиссионного тока при соответствующем подборе полупроводникового материала могут быть созданы новые типы вакуумных фотоэлектронных приборов на широкий диапазон спектра, таких, например, как электронно-оптические преобразователи, фотоэлектронные умножители и др. Проведенными исследованиями получены обнадеживающие результаты, подтверждающие возможность создания электронно-оптического преобразователя на диапазон спектра выше 2 мкм.

Список литературы

- [1] *Соболева Н.А., Меламид А.Е.* Фотоэлектронные приборы. М.: Высш. школа, 1974. 376 с.
- [2] *Бронштейн И.М., Фрайман Б.С.* Вторичная электронная эмиссия. М.: Наука, 1969. 408 с.
- [3] *Зернов В.Д., Яснопольский Н.А.* // Радиотехника и электроника. 1964. Т. 9. № 11. С. 1903-1919.
- [4] *Яснопольский Н.Л., Малышева В.С.* // Радиотехника и электроника. 1962. Т. 7. № 9. С. 1657-1664.

Поступило в Редакцию
6 октября 1995 г.