

Краткие сообщения

06

Спектральная область существования автоколебаний тока в кремнии, легированном марганцем

© М.К. Бахадырханов, Н.Ф. Зикриллаев, К.С. Аюпов, Д.Т. Бобонов, Ф.А. Кадырова, Н. Ильхомжонов

Ташкентский государственный технический университет,
700095 Ташкент, Республика Узбекистан
e-mail: feruza_kadirova@mail.ru

(Поступило в Редакцию 21 декабря 2005 г.)

Приведены экспериментальные данные по исследованию спектральной области возбуждения автоколебаний и закономерности изменения параметров в зависимости от спектра и мощности падающего ИК-излучения в образцах кремния, легированного марганцем с удельным сопротивлением $\rho = 10^3 - 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ p -типа проводимости при $T = 300 \text{ K}$.

PACS: 72.80.Cw, 81.05.Cy

Автоколебания тока были обнаружены и исследованы во многих полупроводниковых материалах [1–5]. Как показал анализ литературных данных, для возбуждения автоколебаний тока необходимо выполнение достаточно жестких условий, предъявляемых к физическим параметрам материала и условиям возбуждения. Однако, как было показано нами [6–8], в кремнии, легированном марганцем, можно возбудить регулярные, стабильные и воспроизводимые автоколебания с управляемыми параметрами. Установлены закономерности изменения параметров и условия возбуждения автоколебания в зависимости от физических параметров материала, интенсивности интегрального света, прилагаемого электрического и магнитного поля. На основе этих результатов была показана возможность создания твердотельных генераторов инфранизких и звуковых частот. Однако в этих работах автоколебания были возбуждены при наличии интегрального света.

Поэтому представляет интерес исследование возможности наблюдения автоколебаний в полупроводниковых материалах в ИК-области спектра, такие исследования представляют большой практический интерес с точки зрения создания принципиально нового типа ИК-приемника с амплитудно-частотным выходом, твердотельных генераторов, работающих в ИК-области спектра, а также элементов памяти и других элементов функциональной электроники. Подобные исследования также очень важны для выяснения механизмов автоколебаний тока.

В связи в этом в данной работе приведены экспериментальные данные по исследованию спектральной области возбуждения автоколебаний и закономерности изменения параметров в зависимости от спектра и мощности падающего ИК-излучения. Для исследования нами были изготовлены по разработанной технологии [9] образцы кремния, легированного марганцем с удельным сопротивлением $\rho = 10^3 - 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ p -типа проводимости при $T = 300 \text{ K}$.

В качестве исходного материала был использован монокристаллический кремний p -типа с $\rho = 10 \Omega \cdot \text{cm}$. Автоколебания исследованы в специальной установке, позволяющей освещать образец монохроматическим светом ($\lambda = 3 - 1 \mu\text{m}$) с управляемой мощностью при $T = 80 \text{ K}$. При исследовании спектральной области возбуждения автоколебаний мощность излучения во всех областях спектра была одинакова. Управление мощности монохроматического света осуществлялось градуированием сеток.

Как показали результаты эксперимента, в компенсированном кремнии $p\text{-Si}\langle\text{B,Mn}\rangle$ автоколебания возбуждаются при освещении образцов ИК-светом с энергией $h\nu \geq 0.55 \text{ eV}$, а в перекомпенсированных образцах $n\text{-Si}\langle\text{B,Mn}\rangle$ с энергией фотона $h\nu \geq 0.68 \text{ eV}$. При исследовании было установлено, что в отличие от автоколебаний, возникающих при интегральном свете, автоколебания, наблюдающиеся при монохроматическом освещении, имеют следующие существенные особенности:

— форма автоколебания достаточно стабильна (синусоидальная, квазистационарная), практически не меняется при изменении энергии и интенсивности падающего монохроматического света;

— при изменении приложенных электрических полей к образцу $E > E_{th}$ (E_{th} — пороговое напряжение электрического поля автоколебания), частота автоколебания остается постоянной, а амплитуда автоколебаний существенно увеличивается, т.е. можно в широком интервале управлять амплитудой, меняя значение электрического поля, это имеет место независимо от значения спектра падающего излучения $h\nu$ (0.55–1.2 eV), рис. 1;

— с изменением мощности (интенсивности) падающего монохроматического света (при $h\nu = \text{const}$) амплитуда колебания меняется достаточно слабо, а частота увеличивается пропорционально изменению мощности излучения (рис. 2).

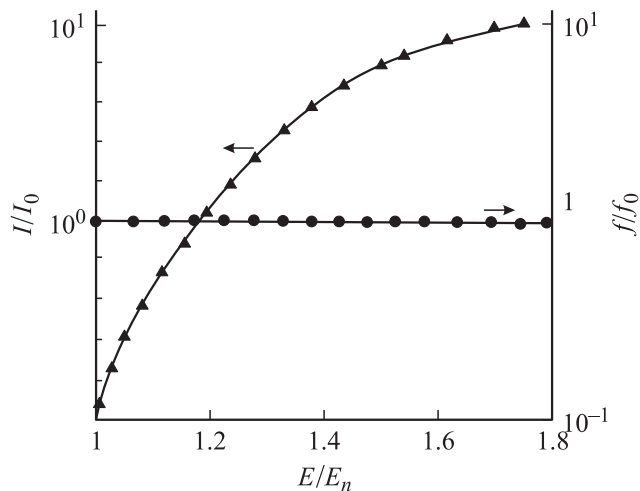


Рис. 1. Относительное изменение амплитуды и частоты автоколебаний при изменении электрического поля относительно к пороговому полю (E_{th}).

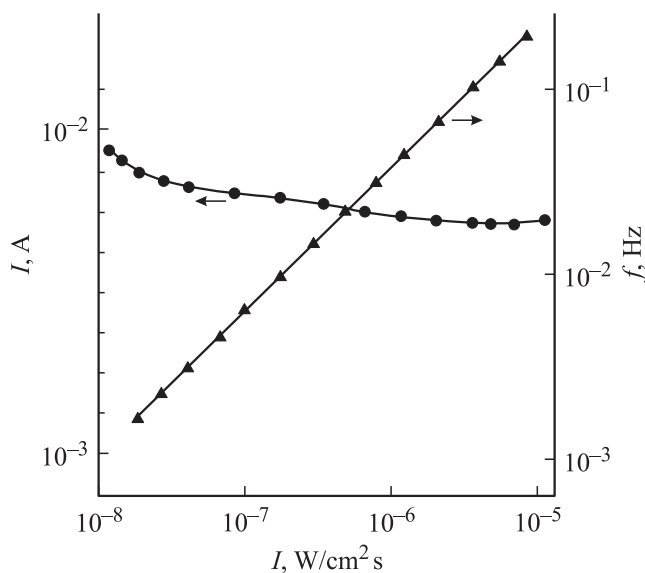


Рис. 2. Зависимость амплитуды и частоты автоколебаний тока от интенсивности монохроматического света в p -Si(B,Mn) с $\rho = 2 \cdot 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$; $E = 400 \text{ V/cm}$, $h\nu = 1.00 \text{ eV}$, $T = 80 \text{ K}$.

Полученные закономерности изменения параметров автоколебаний при освещении монохроматическим светом имеют место независимо от удельного сопротивления компенсированного кремния p -Si(B,Mn) и длины волны монохроматического спектра ($\lambda = 2.3\text{--}1 \mu\text{m}$). Но следует отметить, что при изменении удельного сопротивления или длины волны падающего света соответственно меняются значения пороговой частоты, амплитуды и E_{th} . Анализ условий существования автоколебаний тока в одних и тех же образцах, полученных при освещении как монохроматическим, так и интегральным освещением, показывает, что не только форма автоколебаний, но и ее основные параметры, такие как E_{th} ,

частота и амплитуда, достаточно стабильны, воспроизводимы и управляемы только в случае освещения образцов монохроматическим освещением. Основной недостаток автоколебаний, возникающих при освещенности интегральным светом — появление дополнительных гармоник с различной амплитудой и частотой, которые не только существенно меняют параметры автоколебаний, но и их форму и воспроизводимость результатов. Особенно четко это проявляется с увеличением интенсивности интегрального освещения.

Нами на основе компенсированного кремния p -Si(B,Mn) разработаны твердотельные генераторы инфранизких и звуковых частот с управляемыми параметрами, работающие при наличии монохроматического света в области температур $T = 77\text{--}250 \text{ K}$.

Список литературы

- [1] Niedemostheide T.Q., Hirshiger Q., Novar V. // Phys. Rev. B. 1998. Vol. 58. N 8. P. 4454–4458.
- [2] Кашкин В.Б. // РиЭ. 1999. Т. 44. Вып. 9. С. 1093–1097.
- [3] Завадский Ю.И., Корнилов Б.В. // ФТП. 1969. Т. 11. Вып. 6.
- [4] Карпова И.В., Калашников С.Г., Константинов О.В., Перель В.И. // ФТП. 1972. Т. 16. Вып. 11. С. 2189–2197.
- [5] Ржанов Ю.А., Балкарей Ю.И., Голик Л.Л., Елинсон М.И. // ФТП. 1983. Т. 17. Вып. 9. С. 1545–1548.
- [6] Bakhadir khanov M.K., Ayupov K.S., Zikrillaev N.F., Kadirova F.A., Bobonov D.T. Strongly compensated silicon as a new class of materials for electronics. Eindhoven. 2002. Vol. 2. P. 699–701.
- [7] Бахадырханов М.К., Аюпов К.С., Зикриллаев Н.Ф., Кадырова Ф.А. // Электронная обработка материалов. 2004. № 3. С. 84–89.
- [8] Аюпов К.С., Бахадырханов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Зикриллаев Х.Ф. // Письма в ЖТФ. 1995. Т. 21. Вып. 14. С. 22–24.
- [9] Болтакс Б.И., Бахадырханов М.К., Городецкий С.М., Куликов Г.С. Компенсированный кремний. Л.: Наука, 1972.