

Фотоиндуцированные решетки пространственного заряда и проводимости в широкозонных полупроводниках

И.А. Соколов

ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

Исследование взаимодействия светового излучения с веществом является одной из важнейших задач современной физики твердого тела и квантовой электроники. В связи с этим значительный научный и практический интерес вызывает изучение процессов динамической голографической записи в фоторефрактивных кристаллах (ФРК). В последние три десятилетия на стыке акустики, квантовой электроники, нелинейной, волоконной и интегральной оптики возникли новые научные направления — лазерная акустика и динамическая голография на фоторефрактивных материалах, полимерах, квантово-размерных структурах и широкозонных полупроводниках [1].

Экспериментальные исследования динамической голографической записи и нелинейно-оптических явлений в фоторефрактивных кристаллах привели к обнаружению стационарных, а затем и нестационарных голографических токов (эффект нестационарной фото-ЭДС) [2, 3]. Эффект нестационарной фото-ЭДС регистрируется в виде постоянного или переменного электрического тока, протекающего через фотопроводящий образец, освещаемый бегущей или колеблющейся интерференционной картиной. Первоначально нестационарные голографические токи были обнаружены и детально исследованы в кристалле $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$, а впоследствии и в ряде других фоторефрактивных материалов ($\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$, GaAs, $\text{Sr}_x\text{Ba}_{1-x}\text{Nb}_2\text{O}_6$, LiNbO_3). При проведении подобных исследований не требуется наблюдения дифракции света на записанной фазовой голограмме. Это позволяет существенно расширить класс исследуемых фоточувствительных материалов и проводить измерения в centrosymmetric фотопроводящих кристаллах и средах, не обладающих линейным электрооптическим эффектом, в том числе в аморфных материалах и молекулярных кристаллах.

Возникновение голографического тока в фоточувствительном материале обусловлено совместным действием нескольких эффектов, а именно фотогенерацией свободных носителей заряда, процессами их перераспределения (диффузия, дрейф, фотогальванический эффект) и захвата на уровни локаль-

ных центров. Таким образом, существует возможность изучения этих процессов путем исследования соответствующих зависимостей эффекта нестационарной фото-ЭДС. В частности, непосредственно по знаку фото-ЭДС определяется тип доминирующих фотоиндуцированных носителей. По частотной передаточной характеристике можно определить время максвелловской релаксации τ_M и время жизни носителей заряда τ , а из зависимости фототока от пространственной частоты K — диффузионную длину переноса L_D и дебаевскую длину экранирования заряда l_D . Знание параметров фотоиндуцированных носителей необходимо для создания новых и совершенствования существующих оптических и оптоэлектронных приборов и систем (пространственно-временные модуляторы света, голографические запоминающие устройства, приборы голографической интерферометрии).

Экспериментальные исследования нестационарной фото-ЭДС в кристалле GaAs:Cr на длине волны $\lambda = 0.63 \mu\text{m}$ показали весьма высокую чувствительность при его использовании в качестве адаптивного фотоприемника оптических фазомодулированных колебаний [4] ($\simeq 10^{-5}$ рад на частоте 1 kHz в полосе 10 Hz для $P_0 = 3 \text{ mW}$), что позволило регистрировать амплитуды колебаний зеркальных объектов $\simeq 10^{-2}$ Å. Постоянно растущий интерес к исследованиям адаптивных интерферометров связан прежде всего с перспективами их использования в системах лазерного ультразвукового контроля, которые в настоящее время уже составляют конкуренцию стандартным интерферометрическим схемам. Актуальным направлением исследований явилось также и практическое применение динамических решеток объемного заряда в фоточувствительных средах в задачах метрологии, что потребовало разработки адаптивных систем неразрушающего контроля. К подобным системам относятся устройства для оптического детектирования ультразвука, прецизионного измерения частоты, скорости и амплитуды колебаний зеркальных и диффузно-рассеивающих объектов.

Литература

- [1] М.П. Петров, С.И. Степанов, А.В. Хоменко. Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике. Наука, СПб. (1992). 320 с.
- [2] М.Р. Petrov, I.A. Sokolov, S.I. Stepanov, *et al.*, *J. Appl. Phys.* **68**, 2216 (1990).
- [3] I.A. Sokolov, S.I. Stepanov, *J. Opt. Soc. Am. B* **10**, 1483 (1993).
- [4] S.I. Stepanov, I.A. Sokolov, G.S. Trofimov, *et al.*, *Opt. Lett.* **15**, 1239 (1990).