

Винахід відноситься до напівпровідникового матеріалознавства і може також використовуватись в напівпровідниковому приладобудуванні.

Відомий спосіб визначення енергетичного положення центрів E_i в кристалічних матеріалах (А. Милнс. Примеси с глибокими рівнями в напівпровідниках, М.:Мир, 1977, 562с.), в основу якого покладено вимірювання електричного струму через досліджуваний зразок в залежності від часу. Температура зразка збільшується пропорційно часу. Недоліками цього способу є необхідність попередньої електричної поляризації зразка та поступового збільшення його температури, що призводить до суттєвих втрат часу на визначення E_i різних центрів.

Найбільш близьким за технічним змістом є спосіб визначення фотоактивних центрів в кристалічних матеріалах (Applied Physics Letters - November 25, 2002 - Volume 81, Issue 22, pp.4195-4197), в основу якого

покладено вимірювання приросту ефективних значень діелектричної проникності $\Delta\epsilon'_{\text{еф}}$ та коефіцієнта діелектричних втрат $\Delta\epsilon''_{\text{еф}}$, зумовленого дією на зразок монохроматичного фотозбудження. Довжину хвилі

фотозбудження λ , плавно змінюють, потім будують залежності $\Delta\epsilon'_{\text{еф}}(\lambda) - \Delta\epsilon''_{\text{еф}}(\lambda)$ в комплексній площині. Недоліки цього способу пов'язані з використанням лише планарної схеми розміщення електродів на досліджуваному зразку. При цьому на результати вимірювань суттєво впливають приповерхні центри та приповерхній потенціал. Отже існує неоднозначність визначення природи фотоактивних центрів та їх енергетичного положення вказаним способом. Крім того, у вказаному способі відсутнє однозначне визначення

граничної довжини хвилі λ_i , яка використовується при розрахунках енергетичного положення фотоактивних центрів. Зокрема, запропоноване у прототипі визначення λ_i , як довжини хвилі, при якій спостерігається злом

залежності $\Delta\epsilon'_{\text{еф}}(\lambda) - \Delta\epsilon''_{\text{еф}}(\lambda)$ не можна використовувати при дослідженні деяких кристалів, наприклад ZnSe, для яких типові дугоподібні ділянки цієї залежності.

В основу винаходу покладено задачу розширення функціональних можливостей відомого способу шляхом:

а) врахування впливу приповерхневих центрів та приповерхневого потенціалу,

б) однозначного визначення граничних значень довжини світла, яка використовується при розрахунках енергетичного положення фотоактивних центрів, по мінімальному значенню радіуса кривизни ділянок діаграми $\Delta\epsilon'_{\text{еф}}(\lambda) - \Delta\epsilon''_{\text{еф}}(\lambda)$;

в) визначення відношення добутків концентрації фотоактивних центрів на площу перетину їх фотоіонізації $n_i s_i$

та г) визначення інтегративного добутку $\sum_i n_i s_i$ для центрів всіх типів в зразку.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі визначення фото активних центрів шляхом вимірювання ефективної діелектричної проникності та коефіцієнта діелектричних втрат в залежності від довжини світла вимірювання послідовно виконують при планарній та об'ємній схемі розміщення електродів на зразку, будують

відповідні діаграми $\Delta\epsilon'_{\text{еф}}(\lambda) - \Delta\epsilon''_{\text{еф}}(\lambda)$ та порівнюють їх для вказаних схем розміщення електродів на зразку, визначають поверхневу чи об'ємну природу мають центри, що зумовлюють ділянки діаграми; визначають значення довжини хвилі λ_i , яким відповідають мінімуми радіуса кривизни діаграми. Кожному з λ_i ставлять у

відповідність енергію кванта світла $E_i \frac{h \cdot c}{\lambda_i}$, що зумовлює зміну зарядового стану фотоактивного центру. Починаючи з короткохвильової ділянки, визначають відношення довжин ділянок l_i/l_{i+1} , якому відповідає відношення добутків концентрацій n_i на площу перетину s_i центрів з сусідніми значеннями енергії фотоіонізації. Вимірюють

площу діаграми. Ця площа є інтегративною мірою добутку $\sum_i n_i s_i$ для центрів всіх типів при застосованій інтенсивності фотозбудження. Порівнюючи з таким же параметром зразка - еталона, визначають інтегративну міру добутку $n_i s_i$ для всіх типів центрів досліджуваного зразка.

На відміну від відомого способу, обраного за прототип, в запропонованому способі визначення фотоактивних центрів вимірювання ефективної діелектричної проникності та коефіцієнта діелектричних втрат в залежності від довжини світла λ виконують послідовно при планарній та об'ємній схемі розміщення електродів на зразку.

Завдячуючи цьому, порівняння діаграми $\Delta\epsilon'_{\text{еф}}(\lambda) - \Delta\epsilon''_{\text{еф}}(\lambda)$ для різних схем розміщення електродів забезпечує

визначення того, об'ємну чи поверхневу природу мають фотоактивні центри. Визначення довжини хвилі світла λ_i , якій ставлять у відповідність енергію кванта світла, що зумовлює зміну зарядового стану фотоактивного центру, здійснюють по мінімуму радіуси кривизни вказаної діаграми. Відмінність пропонуємого способу визначення фотоактивних центрів полягає також в використанні відносної довжини окремої ділянки діаграми

$\Delta\epsilon'_{\text{еф}}(\lambda) - \Delta\epsilon''_{\text{еф}}(\lambda)$, як міри добутку концентрації фотоактивних центрів на площу перетину їх фотоіонізації і

використанні площі вказаної діаграми як інтегративного добутку $\sum_i n_i s_i$ для центрів всіх типів.

На фігурах зображено:

Фіг.1 - блок схема пристрою для визначення фотоактивних центрів. Де: 1 - джерело світла, 2 - конденсор, 3 - монохроматор, 4 - електричний екран, 5 - електроди, розміщені на зразку за планарною схемою, 6 - зразок, 7 - ізолятор, 8 - високочутливий міст змінного струму.

Фіг.2. Об'ємна схема розміщення електродів на досліджуваному зразку (позначення ті ж, що на фіг.1).

Фіг.3. Діаграма $\Delta\epsilon'_{\text{еф}}(\lambda) - \Delta\epsilon''_{\text{еф}}(\lambda)$. Табл.1. Сукупність граничних довжин хвиль λ_i та добутків $n_i s_i$, ділянок діаграми, зображеної на фіг.3.

Спосіб здійснюється при кімнатній температурі та нормальному атмосферному тиску за допомогою установки, блок-схема якої зображена на фіг.1. При цьому світло від джерела 1 послідовно проходить крізь конденсор 2, та монохроматор 3, падаючи на вільну від електродів 5 поверхню зразка 6. Останній знаходиться у електричному контакті з електродами, що з'єднані з прецизійним мостом змінного струму 8. Екран 4 забезпечує захист сигналу вимірювань від зовнішніх електричних впливів. Ізолятор 7 забезпечує електричну ізоляцію зразка та електродів від екрану. Розміщення електродів 5 на зразку 6 та напрямок розповсюдження світла при об'ємній схемі фотозбудження зразка показані на фіг.2.

Для визначення того, поверхневу чи об'ємну природу мають фотоактивні центри при одночасному розширенні класу досліджуваних матеріалів в спосіб за п.1 виконуються такі операції:

- а) зразок 6 розміщують на ізолятор 7, що в свою чергу знаходиться в екрані;
- б) на зразок розміщують електроди 5 по планарній схемі;
- в) встановлюють на монохроматорі 3 довжину світла з області нечутливості зразка;
- г) вмикають джерело світла 1 та міст змінного струму 8;

д) визначають темнові значення ефективної діелектричної проникності $\Delta\epsilon'_{\text{еф}}$ та коефіцієнта діелектричних втрат $\Delta\epsilon''_{\text{еф}}$;

е) плавно змінюють довжину хвилі світла λ в бік області фоточутливості, визначають сукупність значень $\Delta\epsilon'_{\text{еф}}(\lambda)$ та $\Delta\epsilon''_{\text{еф}}(\lambda)$, що відповідає всій області фоточутливості зразка;

ж) будують діаграму $\Delta\epsilon'_{\text{еф}}(\lambda) - \Delta\epsilon''_{\text{еф}}(\lambda)$ в комплексній площині фіг.3;

з) визначають значення довжини хвилі λ_i , що відповідають мінімальним значенням кривизни діаграми;

і) розміщують електроди на зразку та спрямовують на нього світло згідно об'ємної схеми фотозбудження;

й) повторюють операції в) - з);

потім к) порівнюючи сукупності λ_i для поверхневої та об'ємної схем фотозбудження зразка, визначають ті λ_i , що є спільними для обох сукупностей, а тому мають об'ємну природу; всі інші пов'язані з впливом поверхні.

Для визначення відносного добутку концентрації фотоактивних центрів певного типу n_i на площу перерізу їх фотоіонізації s_i в спосіб по п.1 вимірюють довжини окремих ділянок діаграми $\Delta\epsilon'_{\text{еф}}(\lambda) - \Delta\epsilon''_{\text{еф}}(\lambda)$ $l_{i,i+1}$, що обмежені довжинами хвилі λ_i та λ_{i+1} . Відношення добутків $n_i s_i$ для сусідніх ділянок визначають як відношення їх довжин,

$$\text{тобто } \frac{n_i s_i}{n_{i+1} s_{i+1}} = \frac{l_{i-1,i}}{l_{i,i+1}}.$$

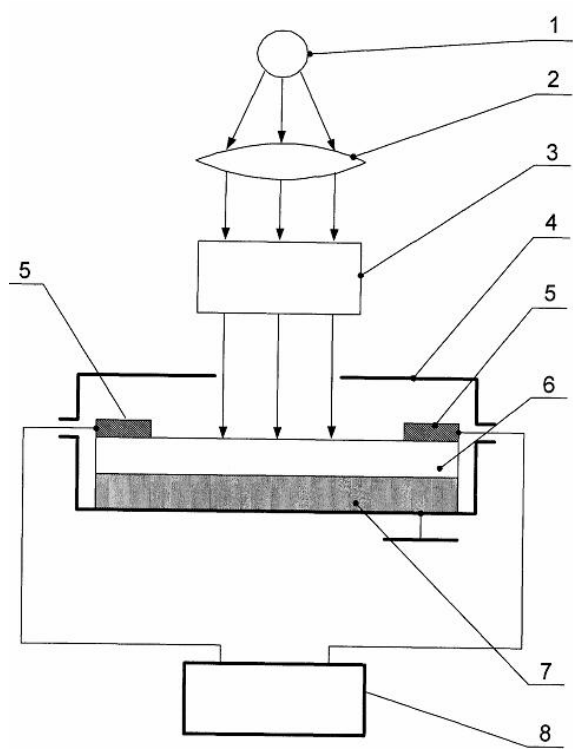
Для визначення відносного інтегративного добутку концентрації n_i на площу перетину фотоіонізації центрів

всіх типів $\sum_i n_i s_i$ в спосіб по п.1 вимірюють площу s діаграми $\Delta\epsilon'_{\text{еф}}(\lambda) - \Delta\epsilon''_{\text{еф}}(\lambda)$. Відносний інтегративний

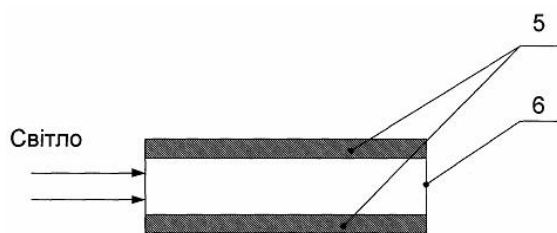
добуток $\sum_i n_i s_i$ визначають через відношення s до аналогічного параметра еталонного зразка, тобто $s/s_{\text{ет}}$.

Таблиця

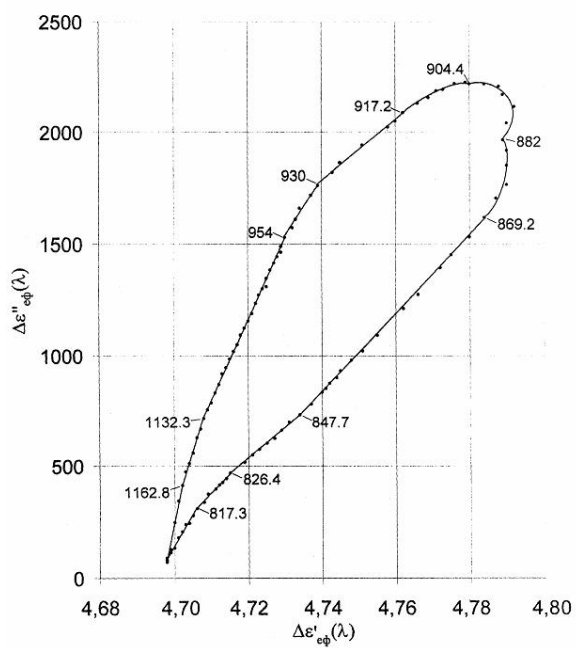
$\lambda, \text{нм}$	817,3	826,4	847,7	869,2	882	904,4	917,2	930	954	1132,3	1162,8	Кінець
$l_i, \text{відн.од.}$	67	47	131	193	94	83	39	44	112	248	51	75
$l_i/l_i, \text{відн.од.}$	0,0566	0,0397	0,11	0,163	0,079	0,07	0,033	0,037	0,0946	0,209	0,043	0,063



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3