

ВЛИЯНИЕ СВЕТА НА ЭКЗОЭМИССИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Light Influence on Exoemissive Efficiency of Metallic Surfaces

Н. П. БАЛАБАНОВ

Высший педагогический институт, Пловдив*

(Поступила в редакцию 16 октября 1969 г.)

Исследовалось влияние света на эмиссионную способность металлических поверхностей. Полученные данные объясняются хемосорбционной моделью экзоэлектронной эмиссии. Результаты эксперимента указывают на то, что существует возможность ускорять или замедлять ход эмиссионного процесса путём облучения светом металлических поверхностей.

Известно, что исследования экзоэлектронной эмиссии дают полезную информацию об электронных характеристиках и состоянии поверхностей твёрдого тела [1,3]. С другой стороны путём воздействия различными факторами на эту поверхность, можно вызывать изменения в её эмиссионной способности [4,5] и таким образом контролировать изменения её свойств.

Одним из эффективных способов влияния на поверхностные свойства твёрдых тел является облучение. В этом направлении были проведены исследования для выяснения влияния света на интенсивность [6,7], на кинетику затухания [8—10] и на спектральную чувствительность [6,11] экзоэлектронной эмиссии. По нашему мнению нет пока экспериментов дающих удовлетворительное представление о возможности регулирования способностью металлических поверхностей эмитировать экзоэлектроны под воздействием света.

Целью наших исследований является изучение этих возможностей.

1. Методика работы и теоретические предпосылки

Исследования проводятся на поверхностях образцов из алюминия и цинка. Образцы освещаются ртутнокварцевой лампой (250 W). Эмиссия экзоэлектронов регистрируется с помощью открытого острейного счётчика. Во время измерений счётчик и эмитеры светоизолированы. Способ измерений объясняется на рис. 1. Сначала снимается кривая затухания эмиссии исследуемых образцов за опреде-

* Адрес: Высш педагогически институт, Пловдив, уль. „цар Асен“ 24, Пловдив, България.

лённое время t_0 . Потом образцы облучаем светом определённое время τ . Через некоторое время снова измеряем интенсивность и её изменение со временем J_φ . Параллельно этим измерениям исследуется контрольная серия образцов, которые в течение времени τ хранятся в темноте. Интенсивность эмиссии этих калибровоч-

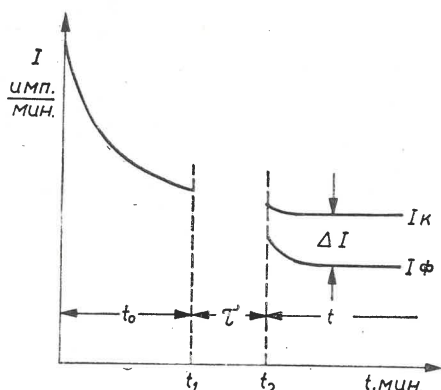


Рис. 1. Объяснение порядка измерения

ных образцов представлена кривой I_k (рис. 1). Мы приняли хемосорбционный способ объяснения экзоэлектронной эмиссии с поверхности твёрдого тела [12,13], согласно которому причиной наблюдаемой экзоэмиссии являются сорбционные процессы, в частности фотосорбционные процессы протекающие на металлических поверхностях.

Согласно электронной теории хемосорбции [14], облучение изменяет концентрацию электронов и дырок, что приводит к изменению скорости адсорбционных процессов. Согласно хемосорбционной модели экзоэлектронной эмиссии [13] временной ход интенсивности эмиссии подчиняется экспоненциальному закону.

Все измерения показали, что начальный ход затухающих кривых для исследуемых и калибровочных образцов один и тот же, т.е. затухание эмиссии подчиняется одному и тому же экспоненциальному закону. Одинаковым является тоже ход эмиссии после воздействия светом (стационарный ход).

Обозначим начальную интенсивность образцов через I_0 , λ_0 и λ — постоянные затухания эмиссии соответственно в интервалах времени t_0 и t , а λ_k и λ_φ — постоянные затухания экзоэмиссии калибровочных образцов (хранящихся в темноте) и тех, на которые воздействуем светом.

Имея ввиду ход эмиссии для различных интервалов, не трудно показать, что разница между интенсивностью экзоэлектронной эмиссии контрольных и исследуемых образцов в момент t после окончания воздействия светом даётся выражением:

$$\Delta I = I_k - I_\varphi = I_0 e^{-\lambda_0 t_0} \cdot e^{-\lambda_k \tau} [1 - e^{-(\lambda_\varphi - \lambda_k) \tau}] e^{-\lambda t}. \quad (1)$$

Главной целью нашей работы является экспериментальная проверка полученного выше выражения.

2. Результаты и обсуждения

Проведённые эксперименты непосредственно связаны с проверкой выражения (1). Таким образом результаты исследований могут быть критерием правильности применения принятой автором теоретической модели для объяснения экзоэлектронных явлений. С другой стороны экспериментальные данные могут

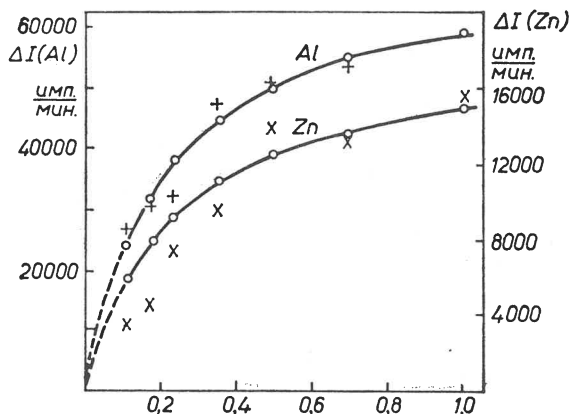


Рис. 2. Зависимость ΔI от интенсивности света

указать на то, каковы возможности регулирования экзоэмиссии при помощи освещения и в зависимости от требований эксперимента.

На рис. 2 показана экспериментально полученная зависимость от интенсивности света J для образцов из Al и Zn. Время облучения светом исследуемых образцов $\tau = 60$ мин. Каждая экспериментальная точка на этих (и всех остальных) графиках является усреднённым результатом 20 измерений (плюс 20 контрольных).

В одной из предыдущих работ [5] было показано, что постоянная затухания экзоэмиссии зависит от интенсивности света, и что эта зависимость представлена выражением:

$$\lambda = A + \frac{B}{1 + C/J}. \quad (2)$$

Здесь A, B, C — это коэффициенты, которые зависят от состояния поверхности и природы образца. Из (1) и (2) можно получить связь между ΔI и интенсивностью света J :

$$\Delta I = a \left(1 - b \cdot e^{-\frac{B}{1 + C/J} \tau} \right) \quad (3)$$

где a и b — некие коэффициенты.

Сплошные кривые на рис. 2 показывают эту зависимость при подобранных на опыте величинах коэфф. a и b . Как видно, теоретические кривые очень хорошо (особенно для образца из алюминия) аппроксимируют экспериментальные данные.

Это согласие может служить доказательством в пользу хемосорбционной модели возникновения экзоэлектронной эмиссии, на основе которой полученная формула (2).

Была исследована тоже зависимость ΔI от времени воздействия света τ . Из выражения (1) вытекает, что функция $\Delta I = f(\tau)$ имеет максимум при

$$\tau_{\max} = \frac{\ln(\lambda_{\varphi}/\lambda_k)}{\lambda^{\nu} - \lambda_k}. \quad (4)$$

Результаты измерений показаны на рис. 3. Экспериментальная кривая действительно имеет максимум, который в случае аллюминевых образцов соответствует

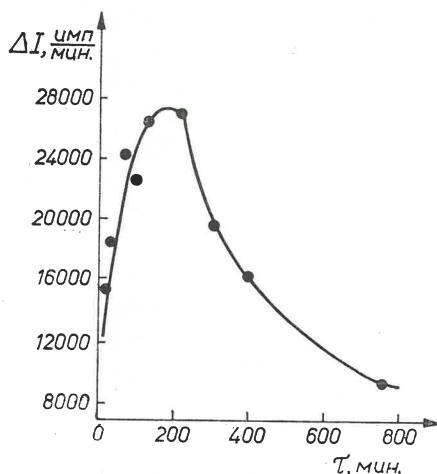


Рис. 3. Зависимость ΔI от времени воздействия светом

$\tau_{\max} = 200$ м. Облучение всех образцов осуществлялось при $E = 6000$ люксов. Полученная кривая даёт возможность определить постоянную затухания λ_{φ} (λ_k определена при контрольных измерениях).

Наши многолетние наблюдения за кинетикой экзоэмиссионного процесса позволяют сделать вывод о том, что для него характерны три стадии:

- а) „быстрая“ стадия — длительностью в 3—4 минуты,
- б) „медленная“ стадия — длительностью 150—200 минут,
- в) „поздняя“ стадия — длится много часов, а даже дней после возбуждения эмиссии.

Проведённые опыты со световым воздействием показывают, что сильно влияет оно на две первых стадии, а во время третьей — экзоэлектронная эмиссия сравнительно нечувствительна к свету. Ввиду того, что на протяжении „поздней“ стадии I_{φ} остаётся почти постоянной, а I_k продолжает (хотя и медленно) убывать при $\tau > 200$ м, наблюдается экспоненциальный спад ΔI со временем.

Наши исследования подтвердили выводы Суяка и его сотрудников [8—10], что освещённость влияет существенно на ход экзоэлектрической эмиссии. По на-

шему мнению причиной того является изменение хемосорбционных свойств поверхностей под воздействием света [15]. Результаты исследований показывают, что облучение ускоряет затухание эмиссии и ход затухающих кривых опережает ход эмиссии контрольных образцов. Это опережение Δt , как функция времени воздействия на образцы (при $E = 6000$ люксов) представлено на рис. 4. „Кривая опережения“ наглядно демонстрирует возможность управлять скоростью эмиссионного процесса путём изменения интенсивности света или времени облучения.

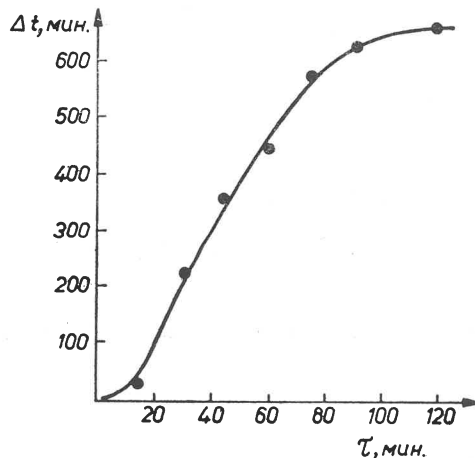


Рис. 4. „Кривая опережения“ экзоэлектронной эмиссии облучаемых образцов из алюминия

Из выражения (1) видно, что разница в интенсивности эмиссии контрольных и облучаемых образцов ΔI будет убывать экспоненциально со временем.

С целью проверить эту зависимость исследуемые образцы облучались на протяжении времени $\tau = 20$ мин при $E = 10000$ люксов. Потом через определённые интервалы времени измерялась интенсивность эмиссии (а также и интенсивность контрольных образцов). Результаты, приведённые на рис. 5 подтверждают ожидаемую зависимость. Как можно заметить, даже кратковременное воздействие светом способно вызвать разницу в эмиссионной способности образцов на протяжении многих часов.

Как уже сообщалось в предыдущих работах [16,17], при освещении образцов после тёмной паузы наблюдается повышение интенсивности эмиссии — т.н. экзоэмиссионная вспышка.

Пользуясь теорией фотоадсорбционного эффекта [15], мы показали [18], что величина эмиссионных вспышек определяется разницей в скоростях протекающих в темноте и на свету адсорбционных процессов. Для относительной величины экзоэмиссионных вспышек получается:

$$R = 1 - e^{-\text{const } \Delta\lambda \cdot t} \quad (5)$$

где $\Delta\lambda$ — разница в постоянных затухания на свету и в темноте.

Исследования экзоэлектронных вспышек полезны тем, что они дают информацию о состоянии поверхностей и о параметрах, характеризующих процессы окисления; в частности об активационной энергии фотоадсорбционного эффекта.

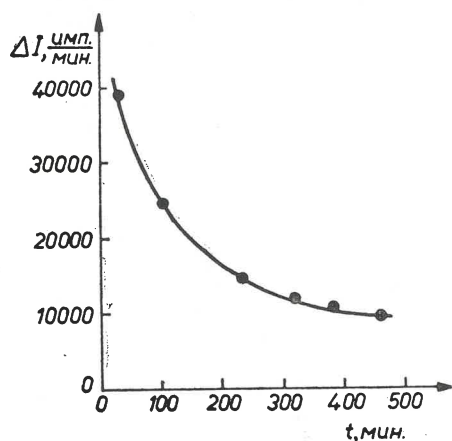


Рис. 5. Зависимость ΔI от времени после воздействия светом

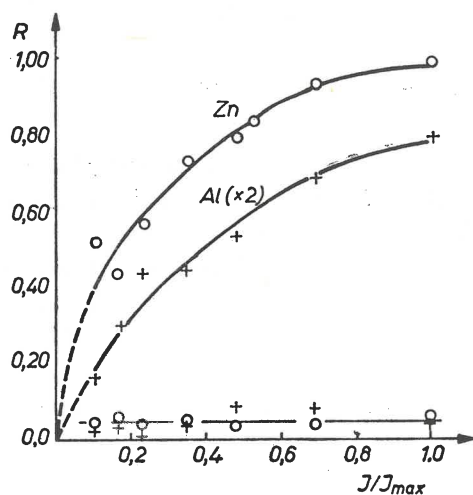


Рис. 6. Зависимость величины экзоэмиссионных вспышек от интенсивности света

Зависимость R от интенсивности света показана на рис. 6. На нём показаны тоже величины вспышек контрольных образцов хранившихся в темноте. Согласно предположениям, в этом случае не обнаружено никаких изменений.

По нашему мнению, на основе проведённых исследований, можно утверждать, что существует реальная возможность фотоуправления экзоэлектронными процессами.

Подбирая соответствующим образом время воздействия и интенсивность света, в зависимости от требований эксперимента, в определённой степени эмиссионный процесс можно ускорять или замедлять, т.е. управлять им.

Ввиду того, что экзоэлектронная эмиссия с металлических поверхностей непосредственно связана с хемосорбционными процессами все сделанные выводы и заключения в принципе относятся и к этим процессам.

Проведённые исследования касаются как физикохимии, так и физики твёрдого тела и физики полупроводников, для которых регулирование поверхностных процессов и управление ними является серьёзной и пока нерешённой проблемой.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сборник *Экзоэлектронная эмиссия*, изд. ИЛ, Москва 1962.
- [2] B. Sujak, *Acta Phys. Polon.*, **20**, 969 (1961).
- [3] A. Bohun, *J. Phys.*, **26**, 149 (1965).
- [4] W. T. Pimbley, E. E. Francis, *J. Appl. Phys.*, **32**, 1729 (1961).
- [5] Н. П. Балабанов, М. П. Митриков, *Доклады Болгарской Академии Наук*, **21**, 645 (1968); *Научни тр. ВПИ — Пловдив*, в печати.
- [6] L. Grünberg, K. Wright, *Acta Phys. Austriaca*, **10**, 375 (1957).
- [7] H. Meyer, K. Meyer, *Acta Phys. Polon.*, **26**, 1197 (1964).
- [8] B. Sujak, A. Gieroszyński, R. Gajda, *Acta Phys. Polon.*, **28**, 329 (1965).
- [9] A. Gieroszyński, B. Sujak, *Acta Phys. Polon.*, **28**, 337 (1965).
- [10] L. Lewowska, B. Sujak, *Acta Phys. Polon.*, **28**, 483 (1965).
- [11] I. Bójkó, M. Piróg, B. Sujak, *Z. Naturforsch.*, **13a**, 799 (1965).
- [12] A. Bohun, *Czech. J. Phys.*, **11**, 819 (1961).
- [13] Н. П. Балабанов, *Научни тр. ВПИ — Пловдив*, **6**, 33 (1968).
- [14] Ф. Ф. Волькенштейн, *Электронная теория катализа на полупроводниках*, Физматгиз, Москва 1960.
- [15] Ф. Ф. Волькенштейн, И. В. Карпенко, *Кинетика и катализ*, **3**, 72 (1962); *ДАН СССР*, **165**, 1101 (1965).
- [16] Л. Митрани, Н. П. Балабанов, М. П. Митриков, *Научни тр. ВПИ — Пловдив*, **3**, 35 (1964).
- [17] Н. П. Балабанов, М. П. Митриков, *Научни тр. ВПИ — Пловдив*, **5**, 45 (1967).
- [18] Н. П. Балабанов, *Доклады Болгарской Академии Наук*, в печати.