

УДК 539.231

ВЫЯВЛЕНИЕ СКРЫТЫХ ОТПЕЧАТКОВ ПАЛЬЦЕВ ПРИ ПОМОЩИ ВАКУУМНОГО ОСАЖДЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

Михаил Александрович Пронин⁽¹⁾, Андрей Александрович Рогожин⁽¹⁾, Максим Алексеевич Мартыненко⁽²⁾

*Студент 3 курса⁽¹⁾, студент 4 курса⁽²⁾
кафедра "Электронные технологии в машиностроении",
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: К.М. Моисеев,
кандидат технических наук, доцент кафедры "Электронные технологии в машиностроении"*

Ключевые слова: *выявление отпечатков пальцев (development of fingerprints), вакуумное осаждение металлов (vacuum metal deposition), тонкие пленки (thin films).*

Аннотация: *в статье рассмотрены методы нанесения тонких пленок металлов для распознавания отпечатков пальцев. Приведен литературный обзор по теме работы. Проведены эксперименты по нанесению тонких пленок цинка, меди и алюминия на поверхности пластмассы и бумаги. Измерены толщины покрытий и проанализирована зависимость качества полученного отпечатка от толщины покрытия.*

Технология выявления отпечатков пальцев существует на протяжении порядка 100 лет. В настоящее время наиболее распространенными методами обнаружения отпечатков пальцев являются:

- обработка дактилоскопическими порошками;
- окулирование параами йода и цианоакрилата;
- использование ультрафиолетовых и инфракрасных лучей.

Однако не всегда с помощью этих методов можно выявить требуемые отпечатки пальцев. В таком случае на помощь приходит метод вакуумного осаждения металла (VMD). Этот способ был предложен английским профессором Толански в 1968 году на основе экспериментов по последовательному нанесению золота и цинка на бумажный образец. Другие исследователи описали процесс осаждения металлической смеси (73% цинка, 21,5% сурьмы, 5,5% меди) в вакуумной среде на подложку из бумаги с целью выявить скрытые от людских глаз отпечатки пальцев. После успеха этого эксперимента, отдел науки английской полиции начал спонсирование исследований по выявлению отпечатков на бумаге/картоне и ткани при помощи осаждения сначала золота, а потом кадмия. Позже кадмий был заменен на цинк вследствие высокой токсичности [1].

Пара золото – цинк является не единственным материалом для выявления скрытых отпечатков. К типовым материалам для обнаружения отпечатков относятся: золото, серебро, цинк, медь, висмут, магний, хром, алюминий, платина, свинец, сурьма, олово [2]. Также известны комбинационные последовательности металлов, такие как: серебро – цинк, медь – цинк, хром – цинк, алюминий – медь, медь – цинк, алюминий – медь – цинк, хром – алюминий – медь, однако самые лучшие результаты были получены при использовании золота и серебра с последующим осаждением цинка [2, 3].

Работа с драгоценными металлами накладывает определенные трудности на их использование в технологических процессах. Во-первых, эти металлы крайне дорого стоят. Во-вторых, использование драгметаллов требует определенной формы отчетности о количестве потраченного материала. Из-за этих недостатков желательно уйти от использования благородных металлов к более доступным и дешевым материалам, таким как цинк, медь,

алюминий. Поэтому целью работы является выявление отпечатков пальцев на образцах из бумаги и пластмассы при помощи нанесения тонких пленок цинка, меди и алюминия методами вакуумного осаждения.

Эксперименты по распознаванию скрытых отпечатков проводятся в лаборатории кафедры МТ11 «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Процесс осаждения цинка и меди реализован на установке МВТУ-11-1 (рис. 1, а). Цинк находится в гранулированном состоянии, поэтому он наносится при помощи электронно-лучевого испарения. На подложкодержателе закрепляют две подставки с образцами из бумаги и пластмассы с оставленными отпечатками пальцев и ситалловые образцы, образующие ступеньку. Низкая шероховатость ситалла позволяет получить качественный образец для измерения толщины. Параметры эксперимента по нанесению цинка приведены в таблице 1. Варьируя время нанесения пленки, изменяется толщина пленки.

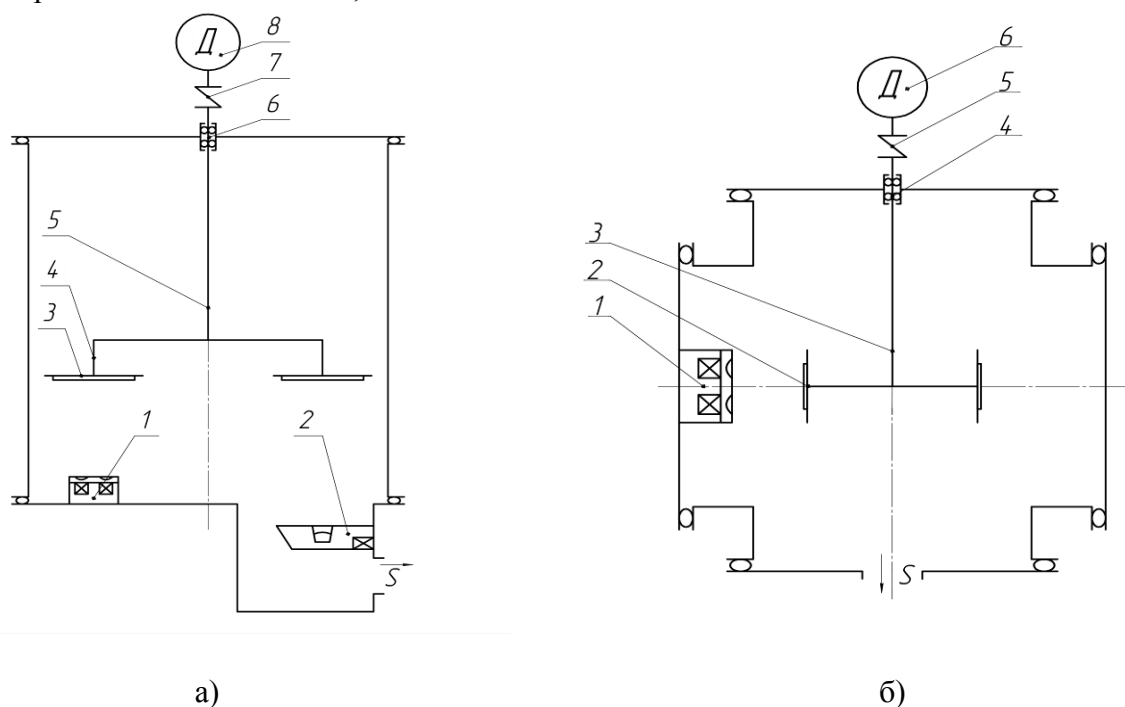


Рис. 1. Вакуумные установки для нанесения тонких пленок:

МВТУ-11-1 (а): 1 – магнетрон МАК 2”; 2 – электронно-лучевой испаритель;

3 – подложкодержатель; 4 – вал-держатель; 5 – вал; 6 – ввод вращения; 7 – муфта; 8 – привод;

ВУП-11М (б): 1 – магнетрон 4”; 2 – подложкодержатель; 3 – вал; 4 – ввод вращения; 5 – муфта; 6 – привод

Таблица 1. Параметры эксперимента нанесения цинка ЭЛИ

Параметры	Значение
Остаточное давление, Па	$4 \cdot 10^{-3}$
Рабочее давление, Па	$2 \cdot 10^{-2}$
Расстояние до образца, мм	95
Напряжение, кВ	3,93
Ток эмиссии, мА	40
Время нанесения, мин	1,0; 1,5; 3,0

Медь осаждается при помощи магнетрона МАК 2'' на высокочастотном блоке питания при мощности 50 Вт. Образцы закрепляются, как и в случае нанесения цинка. Параметры процесса нанесения меди приведены в таблице 2. Аналогично нанесению цинка, варьируем толщину изменением времени.

Таблица 2. Параметры эксперимента нанесения меди МАК 2''

Параметры	Значение
Остаточное давление, Па	$7 \cdot 10^{-3}$
Рабочее давление, Па	$1,5 \cdot 10^{-1}$
Расстояние до образца, мм	38
Поток аргона, л/ч	0,6
Тип сигнала	ВЧ
Мощность, Вт	50
Время нанесения, мин	1,0; 1,5; 2,0

Эксперимент по нанесению алюминия проводится на установке ВУП-11М (рис.16). На подложкодержателе закрепляют три подставки с образцами из бумаги и пластмассы с оставленными отпечатками пальцев и ситалловые образцы, образующие ступеньку. Параметры нанесения алюминия приведены в таблице 3. Аналогично нанесению цинка, варьируем толщину изменением времени.

Таблица 3. Параметры эксперимента нанесения алюминия магнетроном 4''

Параметры	Значение
Остаточное давление, Па	$6,9 \cdot 10^{-3}$
Рабочее давление, Па	$1,5 \cdot 10^{-1}$
Расстояние до образца, мм	135, 124, 118
Поток аргона, л/ч	1,56
Тип сигнала	DC
Мощность, Вт	200
Время нанесения, мин	0,5; 1,0; 1,5

После нанесения получены пленки цинка, меди, алюминия на образцах из бумаги и пластмассы. Результаты экспериментов приведены ниже.

Хорошие результаты показали образцы из пластмассы и бумаги с нанесенным цинком (рис. 2, б, рис. 3, а, рис. 3, б). Отпечатки видны довольно отчетливо. Неплохие результаты показаны образцами пластмассы с нанесенной медью (рис. 5, а, рис. 6, а). Все остальные образцы показали неудовлетворительные результаты. Отпечатки скрылись под толщей пленки.

Измерить толщину пленки удалось лишь на образцах, где медь наносилась 1 минуту. (рис. 5, а, рис. 5, б, табл. 4). Измерения проводились на АСМ «SOLVER NEXT». Толщина составила порядка 500 нм.



а)

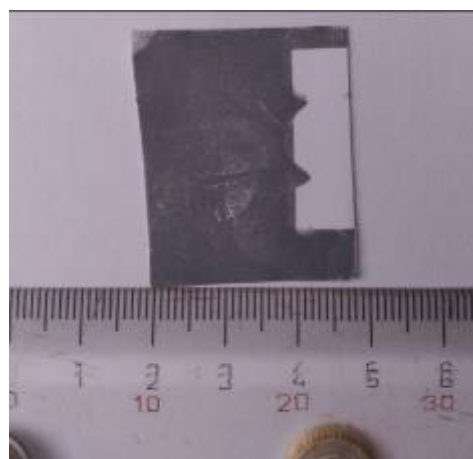


б)

Рис. 2. Пленка цинка, нанесенная за 1 минуту на образцы из пластмассы (а) и бумаги (б)

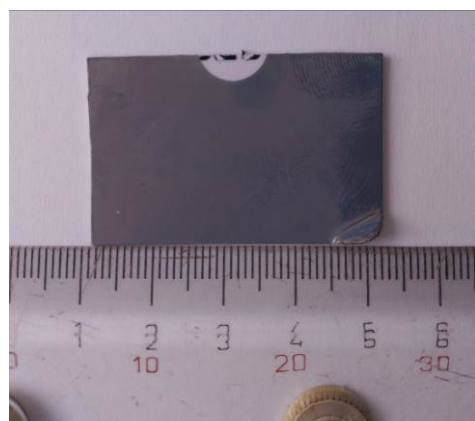


а)

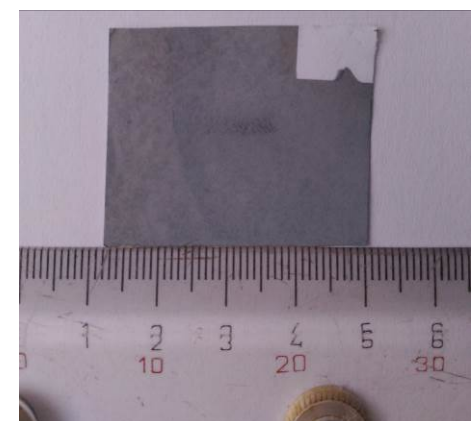


б)

Рис. 3. Пленка цинка, нанесенная за 1,5 минуты на образцы из пластмассы (1) и бумаги (2)



а)

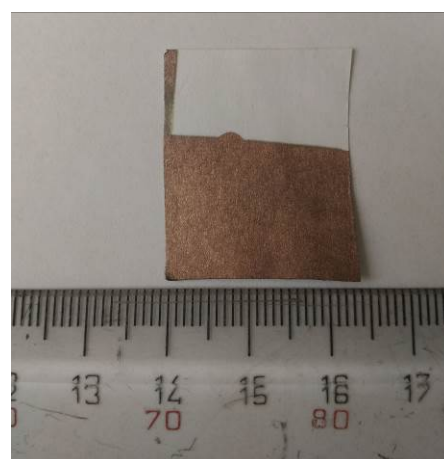


б)

Рис. 4. Пленка цинка, нанесенная за 3 минуты на образцы из пластмассы (а) и бумаги (б)



а)



б)

Рис. 5. Пленка меди, нанесенная за 1 минуту на образцы из пластмассы (а) и бумаги (б)

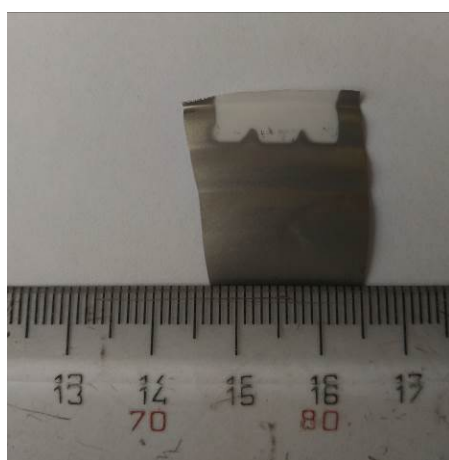


а)



б)

Рис. 6. Пленка меди, нанесенная за 1,5 минуты на образцы из пластмассы (а) и бумаги (б)

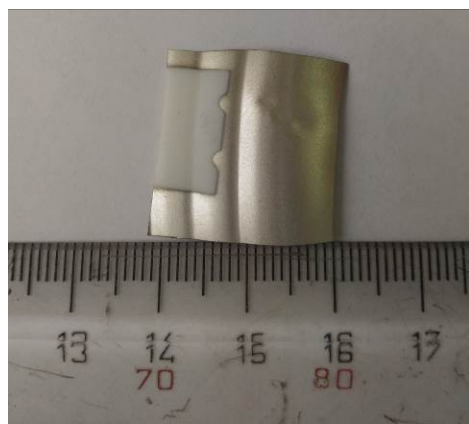


а)

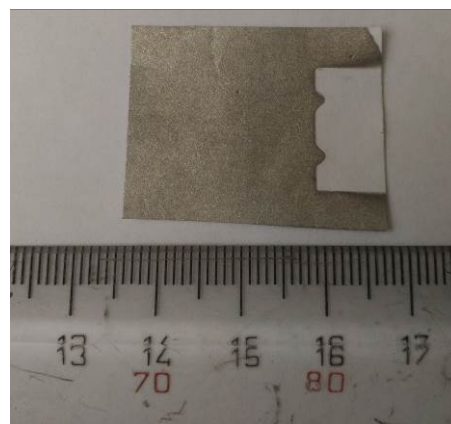


б)

Рис. 7. Пленка алюминия, нанесенная за 0,5 минут на образцы из пластмассы (а) и бумаги (б)

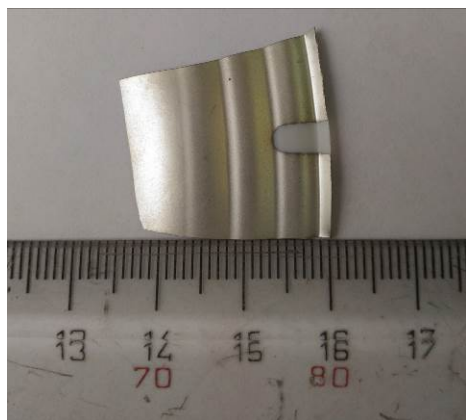


а)

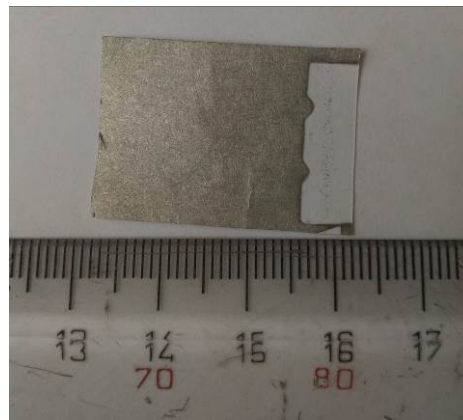


б)

Рис. 8. Пленка алюминия, нанесенная за 1 минуту на образцы из пластмассы (а) и бумаги (б)



а)



б)

Рис. 9. Пленка алюминия, нанесенная за 1,5 минуты на образцы из пластмассы (а) и бумаги (б)

Таблица 4. Параметры измерения ступеньки на свидетеле эксперимента по нанесению меди

Параметры	Значение
Усиление (Gain)	0,1
Частота, Гц	0,1
Размер, мкм	90 x 1
Точки, кол.	1802
Измеренная высота, нм	507
Направление	HLB

Измерения высоты ступеньки медной пленки на свидетеле 2 эксперимента (1,5 минуты нанесения покрытия) не удалось из-за наличия шумов. Измерения высоты ступеньки на остальных образцах не удалось по ряду причин: некачественная подготовка ситалловых ступенек; нестабильная работа АСМ.

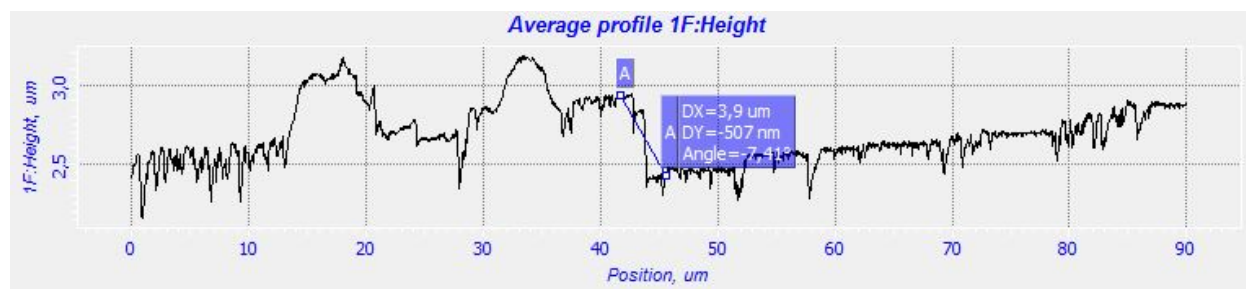


Рис.10. Профиль измерения ступеньки медной пленки на свидетеле 1-го эксперимента (1 мин.)

Из проведенных экспериментов можно сделать вывод, что на распознавание отпечатков пальцев влияет материал, время нанесения, а, следовательно, толщина пленки.

В дальнейшем планируется провести эксперименты по нанесению пленок Zn, Cu, Ag при помощи метода термического испарения, чтобы выявить оптимальные материалы для выявления отпечатков пальцев. Также планируется варьировать время нанесения с целью выявления оптимальной толщины пленки, при которой отпечаток будет виден отчетливо.

Литература

1. Robert S. Ramotowski. Vacuum Metal Deposition// Advances in fingerprint technology: 3rd edition. 2013. Chapter 3.4. С. 74-77.
2. Naomi Jones, Danielle Mansour, Milutin Stoilovic, Chris Lennard, Claude Roux. The influence of polymer type, print donor and age on the quality of fingerprints developed on plastic substrates using vacuum metal deposition//Forensic Science International. 2001. №124. С.167–177.
3. T. Kent, G. L. Thomas, T. E. Reynoldson. A Vacuum Coating Technique for the Development of Latent Fingerprints on Polythene//Forens. Sci. SOC.1976. №16.С.93.