

## АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЕНСОРНОГО ЕМКОСТНОГО ЭКРАНА

А. А. Демин, Д. С. Терентьев

Исследованы и проанализированы технологические процессы микроэлектроники, обеспечивающие создание электронных устройств сенсорного ввода информации, работающих на емкостном и резистивном принципах построения. Сформулированы проблемы существующих микроэлектронных технологий и предложен новый, альтернативный способ производства микроэлектронных емкостных сенсорных экранов. Предложены результаты исследований, позволяющие в 6—8 раз снизить технологическую себестоимость емкостного сенсорного экрана, повысить его надежность до 1 млрд прикосновений и светопропускаемость свыше 92 %. На основе последних микроэлектронных технологий предложен способ формирования слоев сенсорной панели, операции которого могут протекать при температурах, меньших в 1,5—2 раза, чем в случае традиционной технологии.

*Ключевые слова:* сенсорные экраны, технология ИТО, себестоимость, резистивная и емкостная технологии изготовления.

### ВВЕДЕНИЕ

По состоянию на начало 2013 г. сенсорный экран стал одним из самых дорогих периферийных компонентов в мобильных электронно-вычислительных устройствах — смартфонах, мобильных телефонах и т. п. И чем больше массово-габаритные характеристики этого устройства, тем выше размер диагонали сенсорного экрана и доля дисплея в формировании общей стоимости устройства. Это обусловлено существующими ограничениями микроэлектронных технологий производства, в которых используются редкие, дорогостоящие и хрупкие материалы (например, индий [1]). Кроме того, это связано со сложностью формы необходимых элементов в конструкции сенсорных экранов, необходимостью в проведении большого числа операций [2].

Задача микроминиатюризации и снижения себестоимости сенсорных элементов ввода информации особенно актуальна именно для мобильной электроники, в которой на данный момент применяются в основном резистивные и емкостные сенсорные экраны. Первые основаны на изменении электрическо-

го сопротивления контактирующих при прикосновении к экрану резистивных пленок, а вторые на регистрации изменения электрической емкости вследствие добавления к ней емкости человеческого тела [3].

Прогнозирование развития микроэлектронной индустрии имеет тенденции к дальнейшему распространению сенсорного интерфейса ввода и на персональные компьютеры [4]. Это подтверждает актуальность приводимых в статье исследований и разработок по альтернативной и более дешевой микроэлектронной технологии изготовления сенсорных экранов для их повсеместного внедрения (в первую очередь емкостной сенсорной технологии) в устройствах с большими диагоналями.

Работы в области систем сенсорного ввода для широкоформатных устройств отображения информации для персонального компьютера (помимо широко распространенных для мобильных электронных устройств) в настоящий момент ведутся целым рядом компаний [5], в том числе и программного обеспечения для таких систем. Например, Microsoft Corp. в октябре 2012 г. закончила рабо-

ту над операционной системой (ОС) Windows 8, где по большей части многие функции адаптированы именно под сенсорный интерфейс ввода. Система включена в новый Internet Explorer 10, который быстрее и динамичнее своего предшественника и разработан в первую очередь для сенсорного управления (любые действия в сети выполняются простыми касаниями пальцев) [6].

Компания Google Inc. изначально (начиная с 2009 г.) разрабатывала свою ОС Android для сенсорного управления, а в недавно выпущенной очередной версии Android 4.0 (ноябрь 2012 г.) помимо обширных возможностей для сенсорного ввода информации предусмотрено ПО, адаптированное и под бесконтактный ввод (реализовано пока только в веб-браузерах) — технология “floating-touch” [7].

Тем не менее, использование сенсорной емкостной технологии для крупногабаритных дисплеев ограничивается пока высокой стоимостью изготовления единицы площади, чувствительной к прикосновению поверхности устройства отображения [1].



## СРАВНЕНИЕ И АНАЛИЗ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЕНСОРНЫХ ПАНЕЛЕЙ

На настоящий момент в емкостных и резистивных сенсорных экранах в основном применяются технологии изготовления на основе материалов из оксидов индия и олова (ITO — indium tin oxide) [10].

Рассмотрим классификацию сенсорных экранов. Сенсорный экран — это система ввода-вывода информации, в которой устройство отображения неразрывно связано с элементами ввода. Для этого на обычный экран (жидкокристаллический индикатор, органический светоизлучающий светодиод и т. д.) могут наноситься проводящие и прозрачные материалы, обеспечивающие передачу информации, либо создаваться система покрытия поверхности экрана излучениями различной природы (электромагнитными, механическими, акустическими) и частотного диапазона.

Таким образом, имеем четыре основных принципа работы сенсорных экранов: резистивный, емкостной, с определением поверхностно-акустических волн и оптический.

На основе этих принципов разработан десяток сенсорных технологий и конструкций экранов, классификация которых

изображена на рис. 1 в соответствии с используемой сенсорной технологией.

Резистивная и емкостная — основные технологии организации чувствительного слоя на поверхности экрана (см. таблицу). Большая часть всех сенсорных экранов для мобильных устройств изготовлена по одному из этих принципов. Инфракрасные, на поверхностно-акустических волнах (ПАВ) применяются в основном в стационарных терминалах ввода-вывода информации. DST-экраны, тензومترические наиболее редки в использовании из-за своей сложности конструкции и высокой стоимости изготовления.

Основные характеристики сенсорных экранов

Параметр	Вид сенсорной технологии							
	Емкостная	Проекционно-емкостная	Резистивная четырехпроводная	Резистивная пятипроводная	Матричная	Индукционная	На ПАВ	Инфракрасная
Прозрачность, %	90	90	75	80—85	85	90	95	100
Надежность (среднее число нажатий, млн)	200	1000	3—10	35	35	Ограничивается только надежностью электроники	50	Бесконечное число (ограничивается только загрязнением датчика)
Возможность мультитача, но позволяющего только масштабирование изображения	+	—	—	+	+	—	—	—
Возможность мультитача	—	+	—	—	—	—	—	—
Точность определения координат	Определяется размером пальца	Не более 1 мм	Не более 4 мм	Не более 3 мм	Не менее 3,5—4 мм	0,15—0,5 мм	Не более 2 мм	Определяется количеством горизонтальных и вертикальных сканирующих лучей
Время отклика (быстродействие), мс	5...10	4...5	10	5	230...350	18	10	20
Средняя толщина экрана, мм	3...8	3...18	2...3	2...3	0,5...3,5	—	6...12	12...13
Измерение силы нажатия	—	+	—	—	—	+	+	—
Диапазон рабочих температур, °С	0...+35	—40...+70	+15...+55	—10...+60	0...+50	—	От —20...0 до +40...+50	—20...+70
Влажность, %	5...90	5...90	20...90	20...90	0...90	—	10...90	10...90
Защита от внешней среды (устойчивость к жидкостям, грязи и т. д.)	+	+	+	+	+	+	—	—



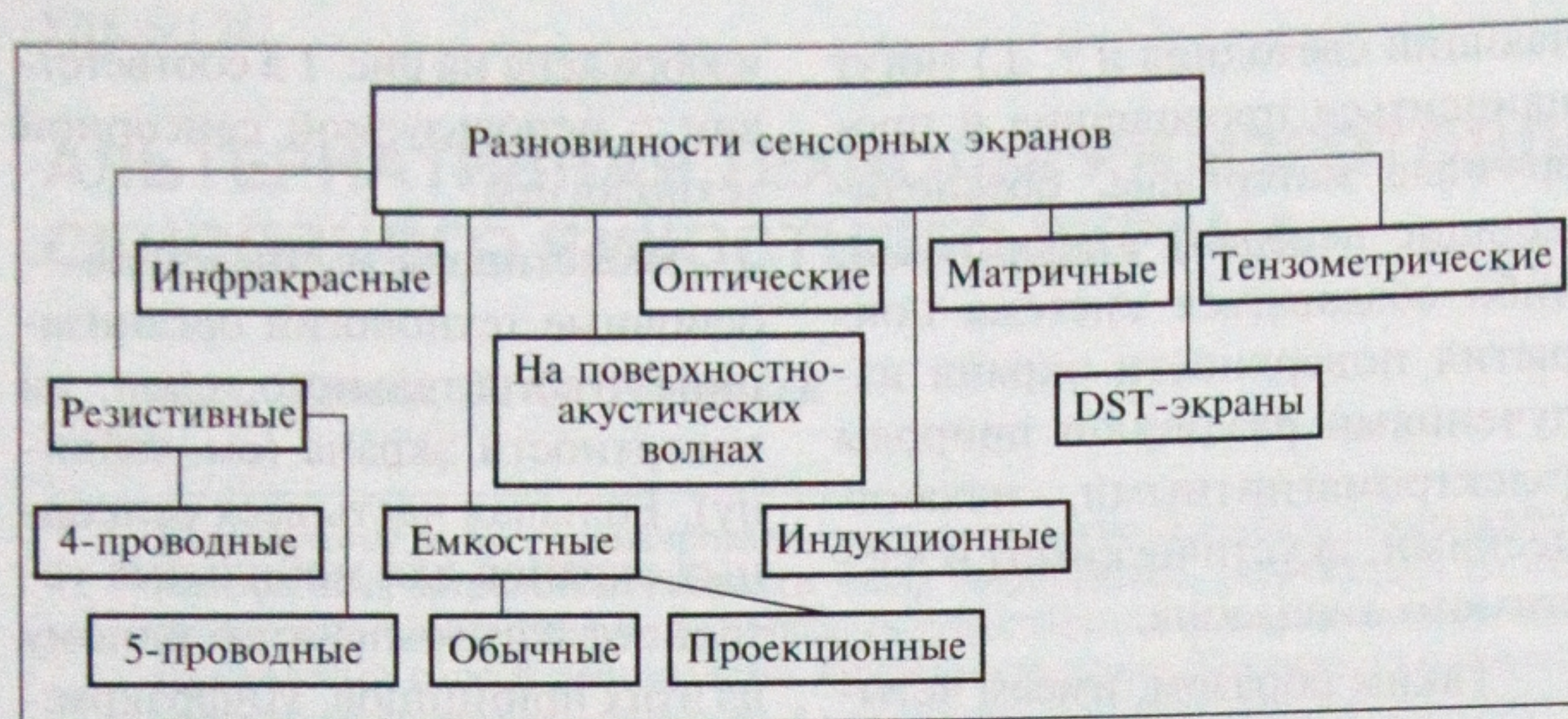


Рис. 1. Классификация сенсорных экранов

Проекционно-емкостные экраны изготавливаются следующим образом [8]. Проводящий слой ИТО покрывается первым слоем из защитного клея, затем прокладываются печатные проводники из меди для формирования сетки электродов проекционно-емкостной панели и наносится второй слой из защитного клея снаружи печатных проводников (видимой части экрана).

Достоинствами такой технологии являются:

- материал ИТО бесцветен и обладает хорошей прозрачностью для излучения видимого спектра;

- резистивные свойства оксидов индия и олова в электрических цепях проявляются в резистивных экранах путем изменения электрического сопротивления слоя ИТО и последующего вычисления координаты прикосновения, а в емкостных экранах резистивные свойства используются в проводящей обкладке;

- возможность функционирования во всех климатических условиях (диапазон рабочих температур может достигать от  $-40$  до  $+70$  °С) и в любой среде, в широком диапазоне относительной влажности (от 10 до 90 %);

- хорошая проводимость материала ИТО.

Самые первые технологии ИТО имели множество недостатков: светопропускаемость, как правило, не превышала 90 %, осаждение ИТО проходило при высоких температурах, которые повреждали гибкие подложки дисплеев (от 200 до 500 °С, в среднем 300 °С), а описанный выше способ изготовления применяется в основном для резистивных экранов, где невозможен мультитач и желателен ввод информации стилусом, а не пальцами.

Дальнейшее развитие технологии ИТО включало в себя разработку новых способов изготовления поверхностно-емкостных, проекционно-емкостных экранов. В основном, новые способы включали в себя, например, такой, когда прозрачный проводящий материал, нанесенный на верхнюю поверхность гибкой пластиковой пленки, затем покрывался слоем металла. Проводящий слой изготавливается, как правило из Ag, Cu, Au и Al, а металлический включает в себя элементы Ni, Cr, Ni—Cr, Ti, Sn, Mo [9].

Преимуществами способа изготовления сенсорных экранов от компании LG INNOTEK CO являются [9]:

- более высокая гибкость (в сравнении с первыми технологиями ИТО для резистивных экранов), эластичность получаемой сенсорной панели;

- прозрачный проводящий материал, нанесенный на верхнюю поверхность гибкой пластиковой пленки, обеспечивает высокую светопропускаемость (свыше 90 %) сенсорного экрана;

- сенсорный экран, изготовленный по такой технологии, поддерживает ввод информации как пальцем, так и стилусом.

Однако наряду с устраненными недостатками по-прежнему остаются сложности проведения технологических процессов и создания конструкций пленок для проекционно-емкостных экранов. Также процесс удаления и предварительной обработки примесей на поверхности пленки ИТО включает предварительную обработку ионными пучками с использованием, по меньшей мере, двух газов: одного из  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $N_2$ ,  $N_2O$ ,  $NO_2$  и  $CO$  и инертного газа Ar, Kr или Xe.

Недавнее открытие технологии ИТО QField от компании Quantum Research Group состоит в использовании метода переноса заряда [10]. Применение этого метода дает возможность получать сенсорные экраны емкостного типа, используя только один проводящий слой из оксидов индия и олова. Обычно в емкостных и резистивных сенсорных экранах применяются два таких слоя. Технология QField позволяет обойтись без отверстий в панели, изолирующих слоев и желобков, так как слой ИТО печатается на оборотной стороне поверхности сенсорного экрана, который изготавливается из стекла или пластика.



Эта особенность технологии существенно упрощает конструкцию экрана и уменьшает его стоимость в сравнении с ИТО с двумя слоями, описанной выше. Толщина панели может быть уменьшена до 3 мм, а один слой ИТО делает экран более прозрачным. Он пропускает 90 % светового потока от источника подсветки, что позволяет увеличить яркость и контрастность ЖК-экрана и уменьшить мощность ламп подсветки [10].

Тем не менее, еще остаются недостатки использования материалов ИТО во всех перечисленных выше технологиях — это редкие (высокая себестоимость) и хрупкие (посредственная надежность) материалы, а также необходимость организации сложных технологических процессов формирования тонких пленок из оксидов индия и олова с различным рисунком и формой.

#### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМ “СЕНСОРНОГО ВВОДА” И ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ**

Сформулируем основные проблемы традиционных микроэлектронных технологий изготовления сенсорных панелей на основе оксида индия и олова:

— типичное сопротивление слоя ИТО находится в диапазоне 10...100 Ом/мм<sup>2</sup>;

— светопропускаемость даже в самых последних разработках не превышает 92...93 %;

— высокая стоимость оксида индия, легированного оловом (материал ИТО) — около 10 000 долларов США за 1 кг, и, как следствие, большие издержки при производстве таких сенсорных экранов;

— хрупкость материалов на основе оксидов олова и индия;

— высокие требования к технологической среде, например, использование при производстве экранов инертных газов.

Рассмотрим одно из решений этих проблем ведущими мировыми компаниями.

На данный момент, в первом квартале 2013 г., компания Fujifilm, используя свой опыт работы с серебром, занимается разработкой новой, более дешевой технологии производства проекционно-емкостных экранов, не использующей принципы традиционной технологии на основе ИТО [11]. Ее наличие позволит повысить количество сенсорных устройств с большой диагональю.

Новая технология от Fujifilm подразумевает использование галогенидов серебра для создания сверхтонких чувствительных датчиков обнаружения прикосновения.

Галогениды серебра — это химические соединения серебра с галогенами: фторид, хлорид, бромид и иодид. Хлорид серебра служит детектором космического излучения, применяется в медицине. Суспензия светочувствительных микрокристаллов галогенида серебра используется для производства фотоэмульсии. По словам разработчиков новые датчики будут давать более точные показания, будут оставаться почти невидимыми и их можно будет использовать для производства гибких дисплеев. Их можно согнуть в отличие от экранов ИТО, которые легко ломаются [11].

Можно упомянуть и другие разработки альтернатив технологиям ИТО. Так, например, недавно было заявлено о возможности выпуска нового типа сенсорных экранов с применением сверхпрочного искусственного сапфира. Работы над этой инновационной технологией ведет

компания GT Advanced Technologies. Впервые она представила результаты своих исследований на выставке MWC-2013, предложив в качестве базового сырья корундовую керамику. Цена разработки в переложении на 1 дюйм дисплея предварительно составляет 1 доллар США, тогда как текущая стоимость современных сенсорных емкостных экранов составляет порядка 3—4 доллара за один дюйм [12].

Стоит также иметь в виду и научные исследования в области графеновых гибких сенсорных дисплеев, ведущиеся с 2004 г. [13]. Но эти продукты пока слишком высоки по стоимости затрат на изготовление и поэтому далеки от стадии коммерциализации.

#### **МОДИФИКАЦИЯ ПРОЕКЦИОННО-ЕМКОСТНОЙ СЕНСОРНОЙ ПАНЕЛИ**

Конструкция модифицированной проекционно-емкостной панели сенсорного экрана представляет собой матрицу конденсаторов, выполненных не в виде пересечения проводников (как в классическом проекционно-емкостном сенсорном экране), а дискретных площадок в виде пар двух толстых проводящих пленок, разделенных диэлектрическими пленками, а между собой полистиролом (рис. 2). Эти конденсаторы имеют равные геометрические размеры пластин и равные расстояния между ними, следовательно, равные значения электрической емкости. К каждому из них подведены контакты для измерения напряжения в виде печатных проводников на плате [14].

Для пояснения принципа работы представим работу такого экрана в виде следующей модели (рисунки 3, 4).

Конденсаторы экрана расположены на рисунке для удобства



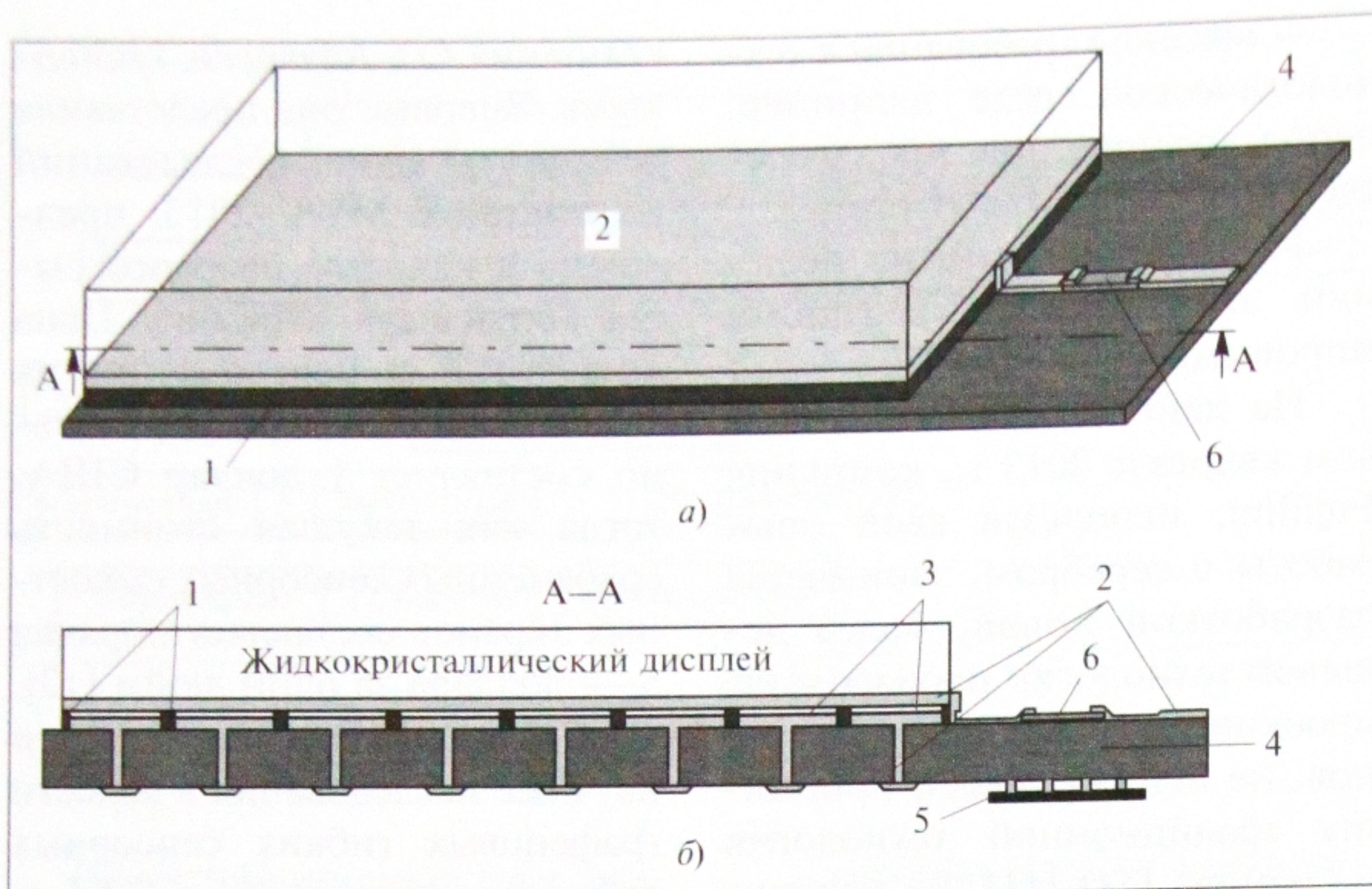


Рис. 2. Конструкция модифицированного проекционно-емкостного экрана [14]:

*a* — структура; *б* — вид сенсорного экрана в разрезе; 1 — разделяющая и обрамляющая матрицу из конденсаторов сетка из полистирола; 2 — проводниковый материал; 3 — диэлектрик между обкладками; 4 — отверстия для подсоединения проводников к нижним обкладкам в плате; 5 — интегральная микросхема специализированного контроллера определения координат касания (с обратной стороны); 6 — толстопленочный резистор

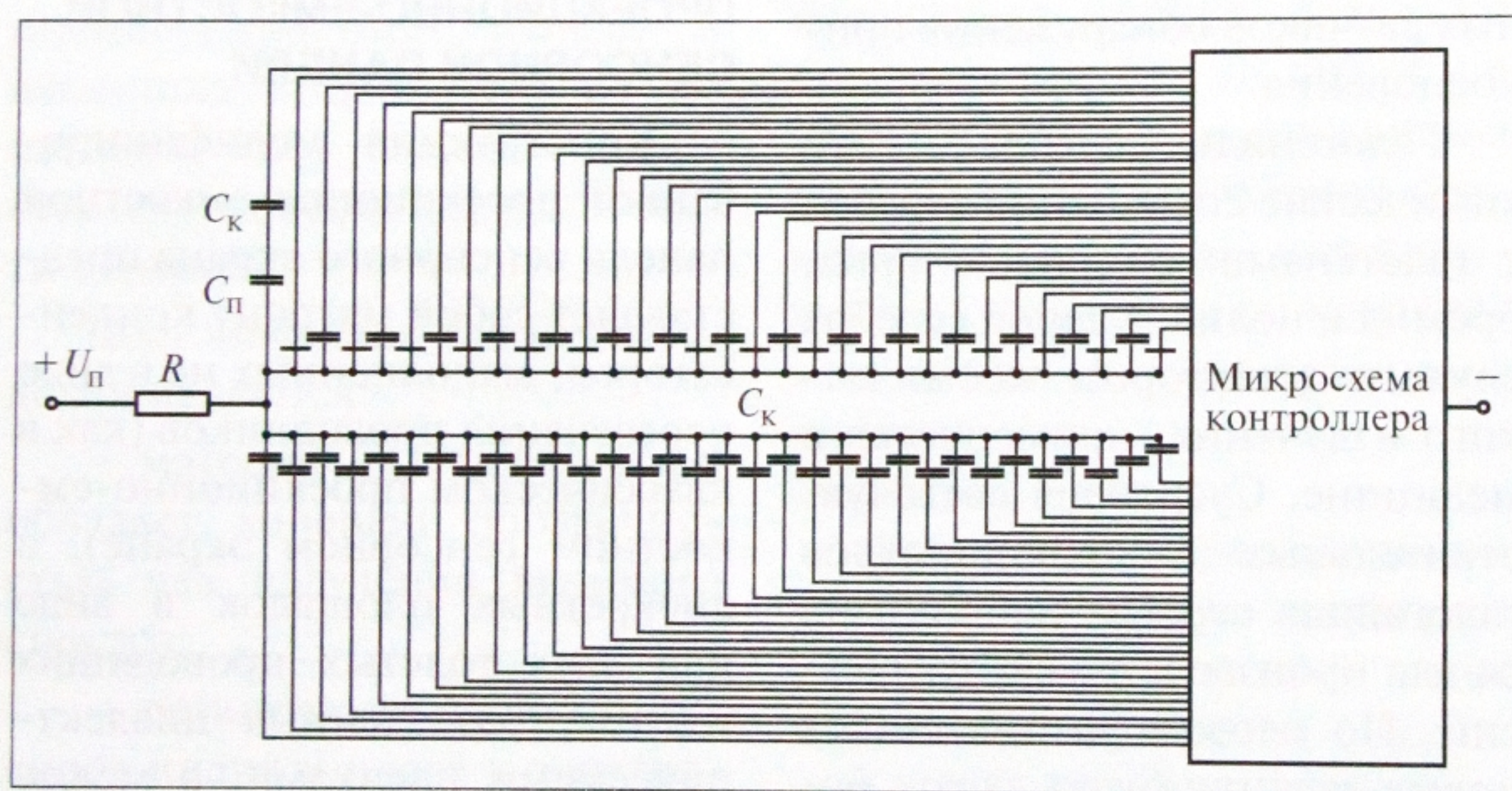


Рис. 3. Топологическая модель матрицы проекционно-емкостного экрана [14]

в виде двух рядов, по 32 в каждом. После падения напряжения питания  $U_{п}$  на резисторе  $R$  электрический ток поступает в равной степени на 64 конденсатора, соединенных параллельно.

Пользователь, совершая касание к участку дисплея над произвольным конденсатором (на рис. 3 выбран первый конденсатор слева в верхнем ряду) емкости  $C_{к}$ , образует последовательно подключенную к емкост-

ти конденсатора дополнительную емкость прикосновения  $C_{п}$  ( $C_{к}$  — емкость конденсатора при отсутствии прикосновения).

Затем электрический ток, проходящий через конденсаторы, достигает микросхемы специализированного контроллера, который определяет координаты касания путем фиксации изменения (увеличения) напряжения после соответствующего конденсатора, сравнивая

его с эталонным значением напряжения. Контроллер способен распознавать два и более прикосновения.

Технология “floating-touch” может быть реализована в таком экране и без внесения в конструкцию дополнительных мощных датчиков регистрации отдаленных электрических емкостей. Так, в обычном проекционно-емкостном экране для образования емкостей используются пересечения тонких, порядка нескольких сотен микрометров, проводников, поэтому площадь их пересечения очень мала ( $0,01...0,05 \text{ мм}^2$ ). Следовательно, значение образуемой электрической емкости слишком низкое для регистрации емкости тела человека на расстоянии [14].

Толщина разделяющей сетки  $d_{гр}$  у границ матрицы конденсаторов в два раза меньше основной  $d$  и равна  $0,25 \text{ мм}$ . Такое решение в конструкции сенсорной матрицы позволит изолировать нижние обкладки, расположенные по краям матрицы, от внешнего пространства и, в особенности в месте соединения проводника с верхней обкладкой, от входной проводящей шины. Также дополнительное обрамление разделяющей сетки служит как несущая конструкция на плате для матрицы конденсаторов. Нижние обкладки показаны пунктирной линией и представляют собой на виде сверху квадрат со стороной  $7,5 \text{ мм}$ .

В разработанном проекционно-емкостном экране, где используются электроды из толстых пленок (толщиной в несколько десятков микрометров) для образования емкостей с площадью примерно на четыре порядка больше, и электрическая емкость, соответственно,



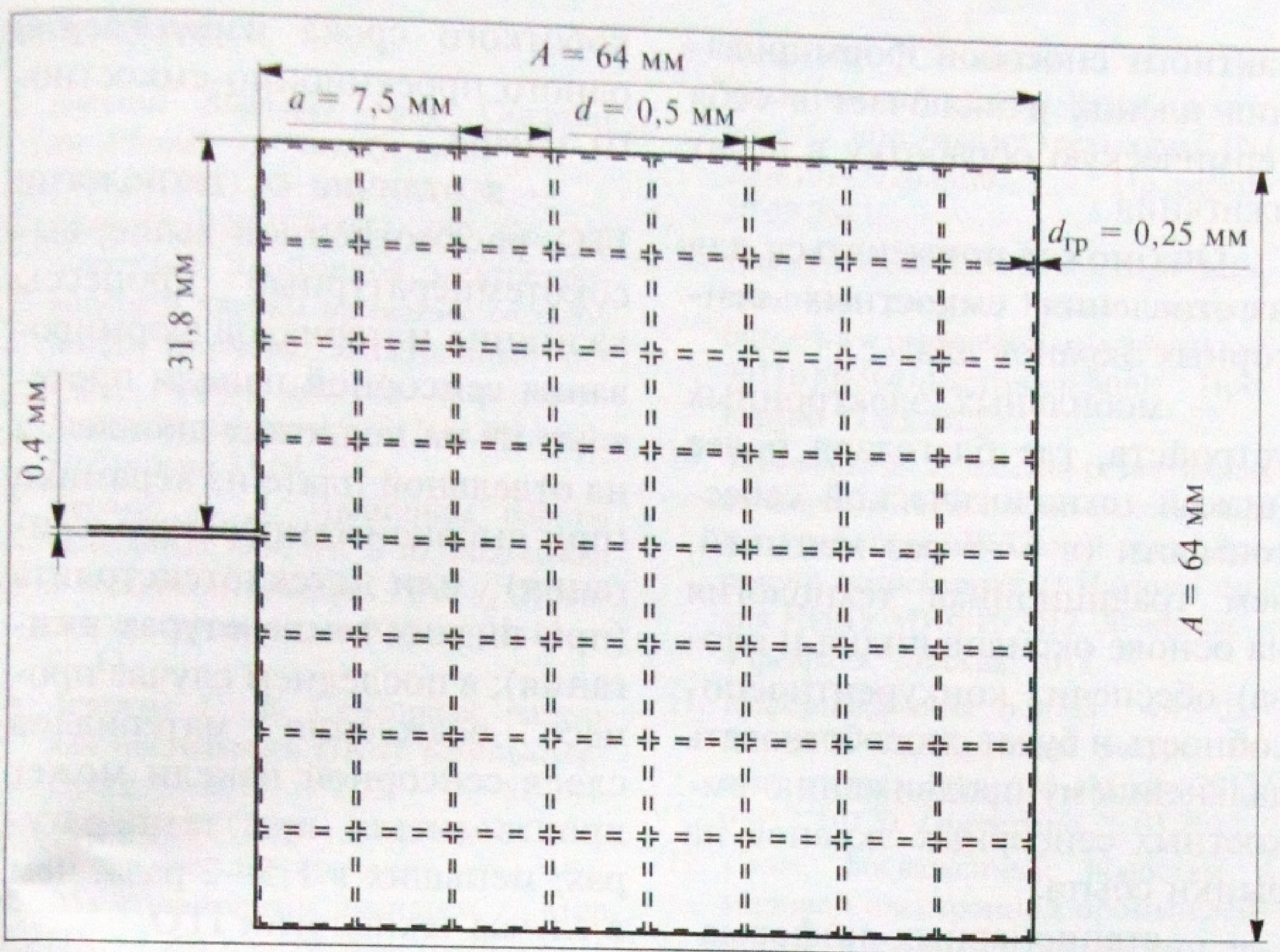


Рис. 4. Топология сенсорной матрицы, вид сверху:  
A — сторона верхней обкладки

также будет намного больше при таком же расстоянии между обкладками. Этого достаточно для регистрации емкостей на расстоянии до 10...20 мм без использования датчиков “собственной емкости”.

### АЛЬТЕРНАТИВНАЯ МИКРОЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЕМКОСТНЫХ ЭКРАНОВ

Формирование элементов проекционно-емкостного сенсорного экрана с помощью толсто пленочной микроэлектронной технологии позволяет получить более низкие издержки в сравнении с другими технологиями изготовления проекционно-емкостных сенсорных панелей. При этом остаются те же функциональные характеристики получаемого изделия: время отклика 4—5 мс, распознавание двух и более прикосновений одновременно (функция multi-touch), а также определение объектов ввода на расстоянии до 20 мм от поверхности экрана (floating-touch), но с возможностью регистрации нескольких объектов, что не реализовано в этой функции от компании Sony Inc. [15]. Также сохраняются и такие характеристики, как диапазон рабочих температур от  $-40$  до  $+70$  °С, функционирование изделия при относительной влажности от 10 до 90 %.

Разработанная технология включает в себя использование проводящих, резистивных и диэлектрических паст, поочередно наносимых при помощи трафаретной печати на поверхность подложки или платы (керамической в случае высокотемпературных паст и из стеклотекстолита/гетинакса/фторопласта в случае низкотемпературных полимерных паст) с повторяющимися циклами нанесения—суш-

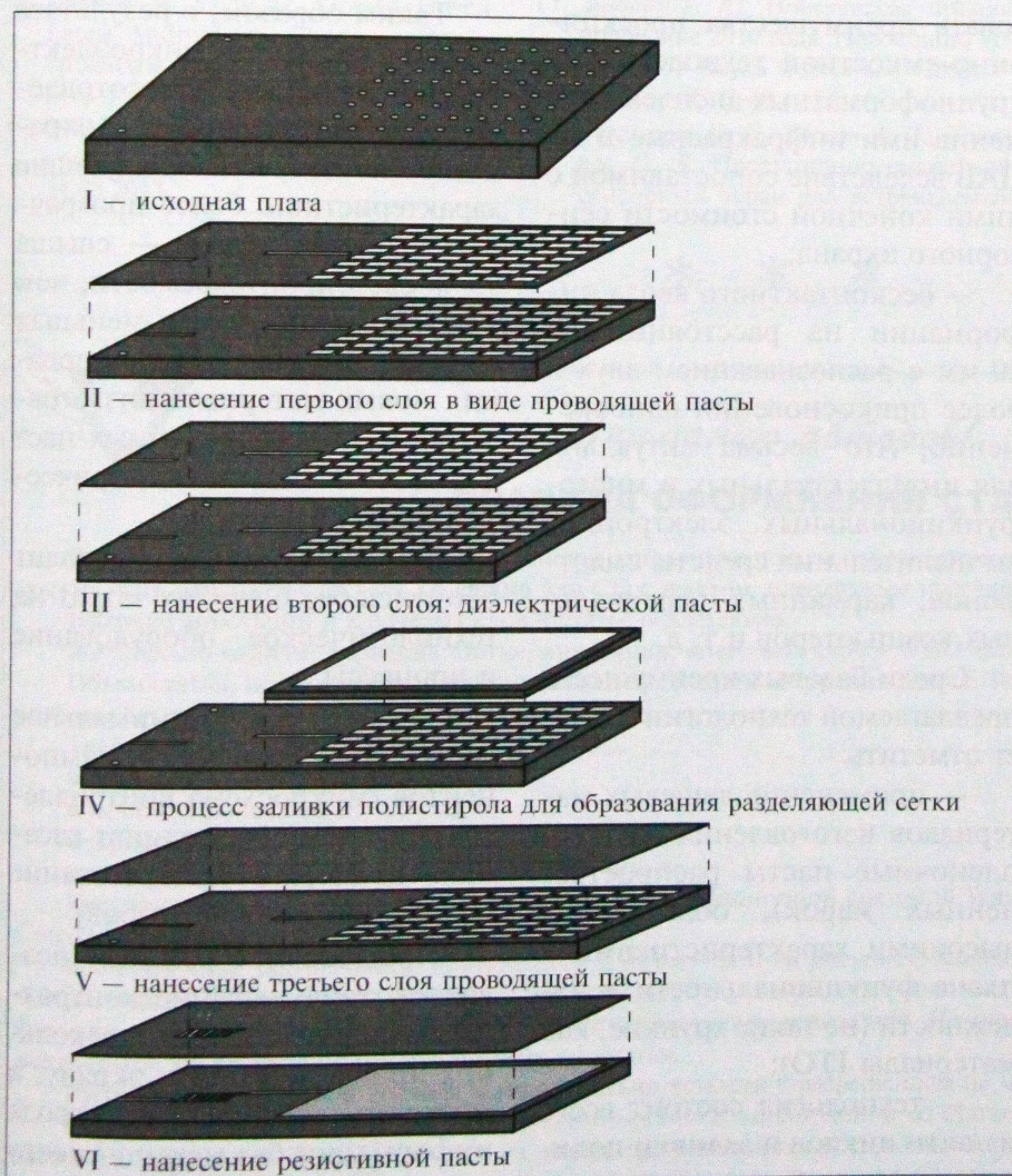


Рис. 5. Этапы нанесения толсто пленочных сенсорных структур



ка—вжигание—смена трафарета и пасты.

Вжигание осуществляется в печах конвейерного типа с постепенным повышением температуры до максимальной, затем выдержкой при ней и охлаждением. Каждый последующий слой вжигается при меньшей температуре, чем предыдущий. После нанесения диэлектрической пасты поверх нижних сформированных обкладок заливается сетка из полистирола для изоляции конденсаторов друг от друга, а затем, после ее остывания и затвердевания, наносится последний слой проводящей пасты для формирования общей верхней обкладки.

Более подробно технологические этапы формирования сенсорных элементов в виде матрицы конденсаторов представлены на рис. 5.

Предлагаемая технология производства позволяет повысить светопропускаемость до 100 % (у проекционно-емкостных аналогов с сеткой электродов, покрывающей поверхность дисплея (ЖК-индикатора и т. д.) 90—92 %; у резистивных экранов с сенсорной пленкой — 75—85 %). Это достигается за счет того, что сборочные операции проекционно-емкостного экрана после изготовления панели производятся при монтаже сенсорной панели внутри экрана, а не поверх устройства отображения [14—16].

## **ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЕНСОРНОГО ЕМКОСТНОГО ЭКРАНА**

Разработанная технология относится к классу толстопленочных методов производства микроэлектронных изделий при помощи бесконтактного и кон-

тактного способов формирования пленок и включает в себя термическую обработку в печах вжигания.

Она может применяться для изготовления емкостных сенсорных экранов для:

— мобильных электронных устройств, где благодаря более низкой технологической себестоимости (в 6—8 раз меньшей, чем традиционная технология на основе оксидов индия и олова) обеспечит конкурентоспособность и будет способствовать дальнейшему продвижению емкостных сенсорных экранов на рынки сбыта;

— стационарных информационных и платежных терминалов, интерактивных киосков, в которых возможно будет использовать преимущества проекционно-емкостной технологии на крупноформатных дисплеях, заменив ими инфракрасные и на ПАВ вследствие сопоставимой с ними конечной стоимости сенсорного экрана;

— бесконтактного ввода информации на расстоянии до 20 мм с распознаванием двух и более прикосновений одновременно, что весьма актуально для интеллектуальных и многофункциональных электронно-вычислительных средств: смартфонов, карманных персональных компьютеров и т. д.

Среди базовых преимуществ предлагаемой технологии следует отметить:

— применение дешевых материалов изготовления (толстопленочные пасты распространенных марок), обладающих высокими характеристиками в плане функциональности и надежности (не такие хрупкие, как материалы ИТО);

— технология состоит всего из пяти циклов и заливки полистирола, что обеспечит возможность массового производства и

короткого срока изготовления одного проекционно-емкостного экрана;

— в отличие от технологии ИТО, рассмотренной выше, высокотемпературные процессы вжигания материалов формирования сенсорной панели протекают не на подложке дисплея, а на отдельной плате из керамики (при высокой температуре вжигания) или стеклотекстолита (при низких температурах вжигания); в последнем случае процесс осаждения материалов слоев сенсорной панели может производиться при температурах, меньших в 1,5—2 раза, чем в случае технологии ИТО.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, в результате разработки новой микроэлектронной технологии изготовления емкостных сенсорных экранов были получены следующие характеристики: более прозрачные свойства экрана — свыше 93 % светопропускаемости, чем у других емкостных, и меньшая его толщина за счет использования новых материалов изготовления — толстопленочных паст с разными типами электрической проводимости.

Данная технология позволит обойтись без больших затрат на технологическое оборудование и процессы.

Задействовано минимальное количество навесных компонентов (микросхема контроллера определения координат касания, возможно использование нескольких конденсаторов).

Предлагаемое решение позволяет распознавание контроллером одновременно нескольких прикосновений к экрану, а также имеется функция ввода информации без механического контакта с дисплеем (в отличие от технологии ИТО).



## ЛИТЕРАТУРА

1. Джеймс Митчелл Кроу. Смертен ли iPhone? // New Scientist Ru. — 2011. — № 1–2. — С. 22–26.
2. Пат. № RU2181389C2 РФ. Способ получения прозрачной электропроводящей пленки на основе оксидов индия и олова. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/218/2181389.html>. Проверено 11.04.2013.
3. Квашин А. А. Принципы работы сенсорных панелей и их поддержка в микроконтроллерах NXP // Новости электроники. — 2008. — № 13. — С. 13.
4. Асмаков С. В. Сенсорная панель для настольного ПК // КомпьютерПресс. — 2013. — № 2. — С. 82–84.
5. Логинов В. Одним касанием? Сравнительное тестирование ультрабуков с сенсорным дисплеем // Мир ПК. — 2013. — № 2. — С. 26.
6. Шляхтина С. Новинки ПО: Windows 8 // КомпьютерПресс. — 2012. — № 12. — С. 4.
7. Gohring N. Samsung, Google Unveil Latest Android OS, Phone. — Электронный ресурс. Режим доступа: [http://www.pcworld.com/article/242128/samsung\\_google\\_unveil\\_latest\\_android\\_os\\_phone.html](http://www.pcworld.com/article/242128/samsung_google_unveil_latest_android_os_phone.html). Проверено 24.03.2013.
8. Пат. № CN200810142726 КНР. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://patent.ipexl.com/C2N/200810142726.html>. Проверено 26.03.2013.
9. Пат. № US20110304568 США. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.patentstorm.us/applications/20110304568/description.html>. Проверено 27.03.2013.
10. Терентьев Д. С. Замена резистивных сенсорных технологий емкостными в устройствах мобильной связи широкого потребления // Научная сессия НИЯУ МИФИ-2012, 30 января — 4 февраля, Москва, 2012.
11. Информационный портал “www.the-clu.com”. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://the-clu.com/2013/03/12/10120>. Проверено 26.03.2013.
12. Сайт, посвященный новостям в мировой электронной промышленности. [www.migom.by](http://www.migom.by). Режим доступа: [http://www.migom.by/news/fujifilm\\_rabotaet\\_nad\\_udeshvleniem\\_tachskrinov/](http://www.migom.by/news/fujifilm_rabotaet_nad_udeshvleniem_tachskrinov/). Проверено 27.03.2013.
13. Зимица Т. Ю. Нобелевская премия по физике 2010 года. Новое лицо углерода // Наука и жизнь. — 2010. — № 11. — С. 2–5.
14. Терентьев Д. С., Власов А. И., Токарев С. В. Проекционно-емкостной сенсорный экран для встраиваемых мобильных систем // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. — 2013. — № 1. — С. 16–25.
15. Sony Mobile Communications AB. Floating touch. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://developer.sonymobile.com/knowledge-base/technologies/floating-touch/>. Проверено 28.03.2013.
16. Беседина К. Н., Власов А. И., Токарев С. В. и др. Перспективы создания средств восприятия и преобразования на основе фотонных кристаллов // Датчики и системы. — 2011. — № 7. — С. 69–78.

Алексей Анатольевич Демин — аспирант кафедры;

☎ 8-499-263-65-53

E-mail: [nanosystems@iu4.ru](mailto:nanosystems@iu4.ru)

Дмитрий Сергеевич Терентьев — магистрант кафедры;

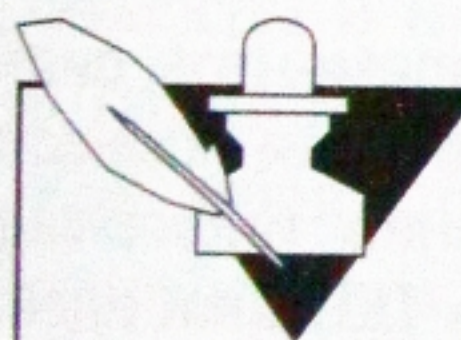
☎ 8-499-263-65-53

E-mail: [nanosystems@iu4.ru](mailto:nanosystems@iu4.ru)

Вадим Анатольевич Шахнов — д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, зав. кафедрой.

☎ 8-499-263-65-52

E-mail: [shakhnov@iu4.bmstu.ru](mailto:shakhnov@iu4.bmstu.ru) □



## Внимание авторов!

### ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

Статья высылается по e-mail в электронной форме или по почте в одном экземпляре на бумаге (в данном случае обязательно должна быть приложена дискета 3,5 дюйма или CD с текстом, идентичным напечатанному тексту).

Наличие аннотации и ключевых слов к статье обязательно.

Желательно наличие названия статьи, аннотации, ключевых слов и ФИО авторов на английском языке.

Объем статьи, исключая обзорные, не должен превышать 10 страниц текста. Текст печатается через 1,5 интервала с одной стороны бумаги формата А4, страницы нумеруются.

Требования к статье в электронной форме:

- редактор не ниже Word 97;
- печатная полоса 16,5 × 25 см;
- шрифт Times New Roman, 12 пт;
- текст не должен иметь колонок, разделов и т. д.

Рисунки должны иметь формат, совместимый с операционной системой Windows (Рисунок Microsoft Word, редакторы CorelDraw, Photoshop, Illustrator и т. п.).

Все буквенные обозначения, приведенные в формулах и на рисунках, необходимо пояснять в основном или подрисуночном текстах (недопустимы повторные обозначения в подрисуночных подписях и в тексте). Нумеровать следует только те формулы и уравнения, на которые есть ссылка в последующем изложении. Не следует перегружать статью математическими выкладками, не необходимыми для понимания статьи.

Растровые изображения должны быть предельно четкими с разрешением не менее 300 dpi.

Список использованной литературы (только органически связанной со статьей) составляется в порядке цитирования и дается в конце статьи. В тексте ссылки на литературу отмечаются порядковыми номерами в квадратных скобках.

В конце статьи следует обязательно указать полностью имя, отчество и фамилию авторов, ученые степени и звания, должность, место работы, контактный телефон, электронные адреса.