استفاده موضعی از دستگاه های میکروفلوید با بیومولکول ها برای کنترل فضایی و زمانی سلول های زنده با هدف کنترل قرار گرفتن در معرض دارو، آنالیز سلولی و مطالعه کشت های مشترک ضروری است. رویکرد متداولی که اغلب برای به دست آوردن الگوهای سلولی دو بعدی استفاده می شود مبتنی بر سلول های بذر بر روی زیربخش های سیتوفیلیک در داخل زیرلایه سیتوفیلیک می باشد. استراتژی های مختلف برای دستیابی به این الگوها در ترکیب با سیستم های میکروفلوید مبتنی بر کانال مورد بررسی قرار گرفته اند، از جمله چاپ میکرو تماسی (mCP)، الگوی میکروفلوییک، فوتولیتوگرافی، اشعه ماوراء بنفش، و الگو برداری مبتنی بر استنسیل (شابلون). با این حال، ادغام مولکول های بایو با الگوی میکرو در چیپ های سلولی میکرو فلوئید دیجیتال مبتنی بر EWOD (Electrowetting-on-Dielectric)، به رغم توجه قابل توجهی به این پلت فرم میکروفلوید مبتنی بر قطره است، تا کنون بررسی نشده است.

اخیرا برای انجام آزمایشات مبتنی بر سلول های معلق، برای ایزوله سازی و تمرکز سلول های روی تراشه، و برای انجام اولین کشت خودکار سلولی بر روی یک پلت فرم میکروفلوییک ، از میکروفلوییک دیجیتال مبتنی بر EWOD استفاده شده است. استفاده از میکروفلوییک دیجیتال برای آنالیز سلول های چسبیده تا زمان معرفی اولین کشت سلولی به صورت خودکار بر روی یک پلت فرم میکروفلوییک، گزارش نشده بودند.

تعدادی از تکنیک های میکرو فلوئیدیک، به ویژه الکترو وتینگ بر روی دی الکتریک (EWOD)، گاهی اوقات به عنوان قطره میکروفلوئیدیک نیز شناخته می شوند. قطرات EWOD به طور کلی بزرگتر (دامنه میکرولیتر تا نانو لیتر) از اندازه معمولی قطره هایی هستند که در میکروفلوئیدیک مورد استفاده قرار میگیرند و به ندرت در سطوح به جای مایع دستکاری می شوند. در دستگاه های EWOD، قطره ها به صورت جداگانه مورد توجه قرار می گیرند، این مورد همیشه مد نظر دستگاه های میکروفلوئیدیک قطره ای نیست.

قطرات EWOD به عنوان مخزن برای آنالیز تک سلول ها مورد استفاده قرار می گیرند، با اینحال به دلیل خصوصیات مختلف آنها اعم از اندازه قطره، تثبیت قطره، روش های دستکاری و غیره سازگاری زیستی بیشتری دارند.

متمرکز کننده های دی الکتروفورتیک با موفقیت بر روی تراشه مبتنی بر EWOD توسعه یافت. در چنین چیپی، دو نیروی الکتروسینتیکی بزرگ بر روی اشیاء در مقیاس های مختلف اعمال شد. EWOD برای پمپ کردن قطرات در یک مقیاس میلیمتر استفاده می شود، در حالی که DEP ذرات زیستی را اندازه میکرو دستکاری می کند. سلول و دانه های پلی استایرن به منظور نشان دادن قابلیت غلظتی توسط نیروهای pDEP و nDEP مورد استفاده قرار گرفتند.

از آنجا که الکترودها با یک لایه دی الکتریک پوشیده شده اند، به جای ایجاد میدان های الکتریکی غیر یکنواخت در مایع، سیگنال های فرکانس پایین در لایه دی الکتریک مصرف می شود و EWOD را فراهم می کند. لازم است از سیگنال های فرکانس بالا برای تولید DEP بر روی یک تراشه مبتنی بر EWOD استفاده شود. EWOD و DEP دو نمونه از دستکاری الکتروسینتیک هستند که در سالهای اخیر به طور گسترده در کاربردهای آزمایشگاهی روی تراشه ها استفاده شده اند. EWOD در راه اندازی میکرو ذرات استفاده شده، زیرا توانایی تر کردن سطح به صورت الکتریکی را دارا است.

ولتاژ اعمال شده به یک دی الکتریک سطح آبگریز (به عنوان مثال، تفلون) را به سطحی آب دوست تبدیل می کند. ایجاد، حمل و نقل، ادغام و تقسیم قطره ها با موفقیت در دستگاه EWOD انجام شد و در نتیجه EWOD به کاندید مناسبی برای پمپ کردن میکروسیال ها تبدیل شد. با این حال، واکنش آبگریزی می تواند بایو ذرات (به عنوان مثال، سلول ها و پروتئین ها) را بر روی سطح تفلون دستگاه های EWOD جذب کند، در نتیجه باعث کاهش نمونه و آلودگی تراشه می گردد.

در چنین دستگاهی، EWOD قطره هایی در اندازه میلیمتر را فعال می کند و DEP سلول ها را در مقیاس میکرو بکار می گیرد. در اینجا دو مساله مهم باید در نظر گرفته شود: (1) توانایی حرکت بایو فلوید توسط EWOD و (2) تولید DEP توسط الکترود های پوشش داده شده با دی الکتریک.

تنش سطحی یک نیروی غالب در محدوده میکرو است. EWOD وسیله ای برای تغییر کشش سطحی بین سطح جامد دی الکتریک و مایع بالای آن با استفاده از ولتاژ در طول لایه دی الکتریک است. این پدیده را می توان برای انتقال قطرات مایع در یک الکترود پوشش داده شده با دی الکتریک و سطحی با پوشش آب گریز استفاده کرد. همانطور که در شکل 1 نشان داده شده است، یک قطره مایع بین دو صفحه شیشه قرار گرفته است. فضای میانی توسط ضخامت جداکننده ها تعیین می شود (در شکل 1 نشان داده نشده است). صفحه پایینی حاوی مجموعه ای از الکترودهای محرک است، و صفحه بالایی یک الکترود خالی دارد. هنگام استفاده از ولتاژ بین صفحات بالا و پایین، سطح بالای الکترود با دریافت انرژی (دوم از سمت راست) از آبگریز (ماهیت تفلون) به آب دوست تغییر می کند. بنابراین، قطره به سمت راست حرکت می کند. زاویه تماس قطره را می توان با معادلات لیپمن و یانگ بیان کرد:



جایی که  نفوذ پذیری خلاء،  و t نفوذ پذیری و ضخامت لایه دی الکتریک است ,  تنش بین فاز مایع گاز است. هنگامی که یک ولتاژ V بر لایه دی الکتریک اعمال می شود، زاویه تماس از  به  تغییر می کند. وجود و خواص لایه دی الکتریک برای تولید EWOD ضروری است. دی الکتریک یکنواخت بدون جریان نشتی ضروری است.



الف) نما بالا یک دستگاه EWOD. قطره را می توان با استفاده از ولتاژ در الکترودها پمپ کرد.



ب) نمایش مقطع یک دستگاه EWOD.

شکل 1: نمایش مقطع یک دستگاه EWOD: میکرو فلوئیدیک دیجیتالی که توسط EWOD کنترل می شوند.

اگر چه مکانیزم های پایه EWOD و DEP یکسان نیستند، اما الزامات مشابهی میکروالکترودهای الهام بخش ما برای ترکیب این دو نیرو الکتروسینتیک بودند. اعتقاد بر این است که ادغام EWOD و DEP توانایی های آنها را برای کشف زمینه های تحقیق جدید افزایش می دهد. شکل 2 (الف) مفهوم انجام EWOD و DEP را با دو نوع الکترود نشان می دهد. الکترودهای نوار شکل در منطقه مرکز به طور عمده برای متمرکز کردن سلول های DEP استفاده می شوند. الکترودهای نوار شکل را الکترود DEP نامیدیم. الکترودهای مربع شکل برای دستکاری قطرات توسط EWOD (به عنوان مثال، حمل و نقل، برش و ادغام قطرات) استفاده می شوند. الکترودهای مربع شکل الکترودهای EWOD نامیده می شوند. برش مقطع دستگاه در شکل 2 (ب) نشان داده شده است، این مشابه دستگاه های معمول EWOD است که در شکل 1 (ب) نشان داده شده است. هر دو الکترود DEP و EWOD بر روی صفحه پایه الگوبرداری شده و با پوشش های دی الکتریک و آب گریز پوشانده شده اند. صفحه بالا حاوی یک الکترود خالی است که یک لایه آب گریز نازک در بالای آن قرار دارد. الکترودهای DEP 100 میکرو متر عرض دارند و عرض الکترودهای EWOD 1میلی متر است. ارتفاع مایع 200 میکرو متر می باشد.

روش متمرکز کردن سلول های معلق در یک قطره مایع در شکل قسمت های1 (c) - (e) نشان داده شده است. ابتدا قطره سلولی بر روی الکترودهای DEP قرار داده می شود یا توسط نیروی EWOD به آنجا منتقل می شود. سپس ولتاژ بر روی یکی از الکترودهای DEP از سمت چپ (شکل 2 (c)) به سمت راست (شکل 2 (d)) به صورت پیوسته اعمال می شود. الکترود DEP انرژی گرفته میدان های الکتریکی غیر یکنواختی تولید می کند (توسط خطوط الکتریکی نشان داده شده)، که باعث می شود سلول های DEP از سمت چپ به راست بروند. پس از انتقال سلول ها به یک طرف قطره (سمت راست نشان داده شده)، قطره توسط الکترودهای EWOD به دو قطره فرعی با غلظت های مختلف سلولی تقسیم می شود (شکل 2 (e)).



(a) نمای بالا. الکترودهای نوار شکل برای EWOD یا DEP و الکترود مربعی شکل برای EWOD.



(b): سطح مقطع دستگاه



(c) با انرژی دادن به یکی از الکترودهای نوار شکل، میدان الکتریکی یکنواخت ایجاد می شود.



(): با انرژی دادن به هر الکترود نوار شکل در یک مجموعه، میدان الکتریکی غیر یکنواخت از چپ به راست منتقل می شود.



(e) استفاده از EWOD برای برش قطره.

شکل 2: پیکربندی و روش دستگاه برای دستیابی به کنسانترتور DEP بر روی دستگاه EWOD.