

T. A. Fulton and G. J. Dolan, [Observation of Single-Electron Charging Effects in Small Tunnel Junctions](#), Phys. Rev. Lett. 59, 109 (1987)

Статья Фултона и Долана 1987 года — классический пример экспериментальной пионерской работы, в которой продемонстрирован фундаментальный физический эффект: туннелирование отдельных электронов в режиме Кулоновской блокады, а также когерентные осцилляции напряжения в малых туннельных барьерах, что было предсказано ранее Д. В. Авериным и К. К. Лихаревым [1]. Суть эффекта заключается в том, что туннелированию электронов между металлическими островами мешает кулоновский потенциал. Однако путем подбора внешнего напряжения на затворном электроде, возможно добиться устойчивого туннелирования одного электрона через потенциальный барьер. На эксперименте это наблюдается как рост проводимости.

Принципиальную возможность достичь таких результатов дало планомерное развитие методов фото – и электронной литографии. Соавтор статьи, Дж. Долан, был известен разработкой метода теневого напыления (shadow evaporation) через маску, созданную электронно-лучевой литографией. В середине 1980-х годов развитие методов литографии достигло уровня, позволяющего создавать структуры размером менее 100 нанометров. При таких размерах зарядовая энергия одного электрона ($e^2/2C$) на проводящем острове становится сравнимой с тепловой энергией ($k_B T$) при температуре 1 К и даже превышает её, что является определяющим фактором для экспериментальной демонстрации одноэлектронных эффектов.

Результаты этой работы, а также технологические методики, использованные при создании наноструктур, заложили прочный базис для изучения новой области науки – мезофизики, а также позволили использовать рассмотренный эффект для создания логических элементов. Индуцированный к данной области интерес вылился в создание новых устройств, основанных на принципе Кулоновской блокады, например, одноэлектронного транзистора, который впоследствии использовался для считывания состояния кубита, основанного на зарядовой степени свободы [2-3].

[1] Averin, D.V., Likharev, K.K. Coulomb blockade of single-electron tunneling, and coherent oscillations in small tunnel junctions. J Low Temp Phys 62, 345–373 (1986).

<https://doi.org/10.1007/BF00683469>

[2] Nakamura, Yasunobu; Pashkin, Yu; Tsai, JS (29 April 1999). "Coherent control of macroscopic quantum states in a single-Cooper-pair box". Nature. 398 (6730): 786–788.

[arXiv:cond-mat/9904003](https://arxiv.org/abs/cond-mat/9904003)

[3] O. V. Astafiev, Yu. A. Pashkin, Y. Nakamura, T. Yamamoto and J. S. Tsai, Phys. Rev. Lett. 93, 267007 (2004); <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.93.267007>