

Chapter I

Strain induced coherent dynamics of Mn-doped positively charged quantum dots

I.1 Mn in a II-VI positively charged quantum dot

Cf Optical control of the spin of a magnetic atom in a semiconductor QD, L. Besombes et. al., Sept 2014

I.1.1 Quantum dot charged state selection

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Curabitur tortor quam, imperdiet quis facilisis sed, fringilla a quam. Cras ante odio, hendrerit ac ante nec, cursus imperdiet urna. Mauris convallis ultricies purus, nec condimentum erat bibendum vel. Aliquam erat volutpat. Pellentesque condimentum, eros a consequat accumsan, turpis sem euismod nisi, sed fringilla quam turpis sit amet erat. Mauris dictum odio sed nisi dapibus, et molestie mauris rutrum. Praesent convallis dolor in nibh blandit bibendum. Quisque sit amet arcu consectetur lorem luctus venenatis nec quis dui. Aliquam erat volutpat. Aenean auctor elit nec tristique dignissim. Nulla massa mi, efficitur semper ex id, pretium eleifend massa. Vivamus sit amet orci scelerisque, gravida est ut, vulputate odio.

Curabitur eget ipsum egestas dui viverra suscipit. Cras aliquet lacus vitae erat finibus semper. Nulla pharetra eget urna vitae sodales. Nunc faucibus velit lacus, nec ornare eros aliquet quis. Donec a orci nec sem pulvinar ultricies sit amet ut arcu. Nullam id vehicula enim, at tincidunt velit. Duis vestibulum lorem a molestie fringilla. Nullam tincidunt semper placerat. Donec nibh sem, ornare eget cursus ac, luctus sit amet eros. Phasellus eget interdum nisi. Donec mollis



Figure I.1: Sample with Schottky gate

risus id lectus fringilla, et commodo risus iaculis. Donec at lacus sed nibh posuere posuere sit amet eget sapien. In dignissim, enim sit amet convallis fermentum, lacus nulla gravida tortor, non facilisis ex nisl sit amet augue. Maecenas eu enim condimentum, consectetur ligula vel, tincidunt nisl. Nam laoreet dictum volutpat. Donec at erat venenatis, ultrices lorem ac, vestibulum neque.



Figure I.2: Example of charge variation and selection of the charged state

I.1.2 Energy structure

Cf XplusMnRes.pptx to detail the e-Mn levels



Figure I.3: X+-Mn spectra and linear polarization

Curabitur tortor quam, imperdiet quis facilisis sed, fringilla a quam. Cras ante odio, hendrerit ac ante nec, cursus imperdiet urna. Mauris convallis ultricies purus, nec condimentum erat bibendum vel. Aliquam erat volutpat. Pellentesque condimentum, eros a consequat accumsan, turpis sem euismod nisi, sed fringilla quam turpis sit amet erat. Mauris dictum odio sed nisi dapibus, et molestie mauris rutrum. Praesent convallis dolor in nibh blandit bibendum. Quisque sit amet arcu consectetur lorem luctus venenatis nec quis dui. Aliquam erat volutpat. Aenean auctor elit nec tristique dignissim. Nulla massa mi, efficitur semper ex id, pretium eleifend massa. Vivamus sit amet orci scelerisque, gravida est ut, vulputate odio.

Curabitur eget ipsum egestas dui viverra suscipit. Cras aliquet lacus vitae erat finibus semper. Nulla pharetra eget urna vitae sodales. Nunc faucibus velit lacus, nec ornare eros aliquet quis. Donec a orci nec sem pulvinar ultricies sit amet ut arcu. Nullam id vehicula enim, at tincidunt velit. Duis vestibulum lorem a molestie fringilla. Nullam tincidunt semper placerat. Donec nibh sem, ornare eget cursus ac, luctus sit amet eros. Phasellus eget interdum nisi. Donec mollis risus id lectus fringilla, et commodo risus iaculis. Donec at lacus sed nibh posuere posuere sit amet eget sapien. In dignissim, enim sit amet convallis fermentum, lacus nulla gravida tortor, non facilisis ex nisl sit amet augue. Maecenas eu enim condimentum, consectetur ligula vel, tincidunt nisl. Nam laoreet dictum volutpat. Donec at erat venenatis, ultrices lorem ac, vestibulum neque.



Figure I.4: Mn in charged QD simple energy structure



Figure I.5: Energy structure of h-Mn/X+-Mn with valence band mixing, perturbative two holes, with the linear polarization as an example

I.1.3 Optical λ -level identification

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Curabitur tortor quam, imperdiet quis facilisis sed, fringilla a quam. Cras ante odio, hendrerit ac ante nec, cursus imperdiet urna. Mauris convallis ultricies purus, nec condimentum erat bibendum vel. Aliquam erat volutpat. Pellentesque condimentum, eros a consequat accumsan, turpis sem euismod nisi, sed fringilla quam turpis sit amet erat. Mauris dictum odio sed nisi dapibus, et molestie mauris rutrum. Praesent

convallis dolor in nibh blandit bibendum. Quisque sit amet arcu consectetur lorem luctus venenatis nec quis dui. Aliquam erat volutpat. Aenean auctor elit nec tristique dignissim. Nulla massa mi, efficitur semper ex id, pretium eleifend massa. Vivamus sit amet orci scelerisque, gravida est ut, vulputate odio.



Figure I.6: Luminescence under laser scan (map)

Curabitur eget ipsum egestas dui viverra suscipit. Cras aliquet lacus vitae erat finibus semper. Nulla pharetra eget urna vitae sodales. Nunc faucibus velit lacus, nec ornare eros aliquet quis. Donec a orci nec sem pulvinar ultricies sit amet ut arcu. Nullam id vehicula enim, at tincidunt velit. Duis vestibulum lorem a molestie fringilla. Nullam tincidunt semper placerat. Donec nibh sem, ornare eget cursus ac, luctus sit amet eros. Phasellus eget interdum nisi. Donec mollis risus id lectus fringilla, et commodo risus iaculis. Donec at lacus sed nibh posuere posuere sit amet eget sapien. In dignissim, enim sit amet convallis fermentum, lacus nulla gravida tortor, non facilisis ex nisl sit amet augue. Maecenas eu enim condimentum, consectetur ligula vel, tincidunt nisl. Nam laoreet dictum volutpat. Donec at erat venenatis, ultrices lorem ac, vestibulum neque.

I.2 Time evolution of a Mn spin coupled to carrier

Cf article 2016/01

I.2.1 Relaxation mechanisms

Mn in a lattice -> modification of orbital -> spin-orbit interaction. Magnetic anisotropy + anisotropy of strain. (Mn has nuclear spin 5/2 -> hyperfine interac-



Figure I.7: Identification of λ -systems with each λ -system drawn

tion?)



Figure I.8: Isolated λ -system with the loop (excitation, recombination, relaxation to initial state)

 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Curabitur tortor quam, imperdiet quis facilisis sed, fringilla a quam. Cras ante odio, hendrerit ac ante nec, cursus imperdiet urna. Mauris convallis ultricies purus, nec condimentum erat bibendum vel. Aliquam erat volutpat. Pellentesque condimentum, eros a consequat accumsan, turpis sem euismod nisi, sed fringilla quam turpis sit

amet erat. Mauris dictum odio sed nisi dapibus, et molestie mauris rutrum. Praesent convallis dolor in nibh blandit bibendum. Quisque sit amet arcu consectetur lorem luctus venenatis nec quis dui. Aliquam erat volutpat. Aenean auctor elit nec tristique dignissim. Nulla massa mi, efficitur semper ex id, pretium eleifend massa. Vivamus sit amet orci scelerisque, gravida est ut, vulputate odio.



Figure I.9: Autocorrelation with experiment configuration

Curabitur eget ipsum egestas dui viverra suscipit. Cras aliquet lacus vitae erat finibus semper. Nulla pharetra eget urna vitae sodales. Nunc faucibus velit lacus, nec ornare eros aliquet quis. Donec a orci nec sem pulvinar ultricies sit amet ut arcu. Nullam id vehicula enim, at tincidunt velit. Duis vestibulum lorem a molestie fringilla. Nullam tincidunt semper placerat. Donec nibh sem, ornare eget cursus ac, luctus sit amet eros. Phasellus eget interdum nisi. Donec mollis risus id lectus fringilla, et commodo risus iaculis. Donec at lacus sed nibh posuere posuere sit amet eget sapien. In dignissim, enim sit amet convallis fermentum, lacus nulla gravida tortor, non facilisis ex nisl sit amet augue. Maecenas eu enim condimentum, consectetur ligula vel, tincidunt nisl. Nam laoreet dictum volutpat. Donec at erat venenatis, ultrices lorem ac, vestibulum neque.

I.2.2 Escaping the λ -level system

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Curabitur tortor quam, imperdiet quis facilisis sed, fringilla a quam. Cras ante odio, hendrerit ac ante nec, cursus imperdiet urna. Mauris convallis ultricies purus, nec condimentum erat bibendum vel. Aliquam erat volutpat. Pellentesque condimentum, eros a consequat accumsan, turpis sem euismod nisi, sed fringilla quam turpis sit amet

erat. Mauris dictum odio sed nisi dapibus, et molestie mauris rutrum. Praesent convallis dolor in nibh blandit bibendum. Quisque sit amet arcu consectetur lorem luctus venenatis nec quis dui. Aliquam erat volutpat. Aenean auctor elit nec tristique dignissim. Nulla massa mi, efficitur semper ex id, pretium eleifend massa. Vivamus sit amet orci scelerisque, gravida est ut, vulputate odio.



Figure I.10: Redo Fig.5 with escaping path

Curabitur eget ipsum egestas dui viverra suscipit. Cras aliquet lacus vitae erat finibus semper. Nulla pharetra eget urna vitae sodales. Nunc faucibus velit lacus, nec ornare eros aliquet quis. Donec a orci nec sem pulvinar ultricies sit amet ut arcu. Nullam id vehicula enim, at tincidunt velit. Duis vestibulum lorem a molestie fringilla. Nullam tincidunt semper placerat. Donec nibh sem, ornare eget cursus ac, luctus sit amet eros. Phasellus eget interdum nisi. Donec mollis risus id lectus fringilla, et commodo risus iaculis. Donec at lacus sed nibh posuere posuere sit amet eget sapien. In dignissim, enim sit amet convallis fermentum, lacus nulla gravida tortor, non facilisis ex nisl sit amet augue. Maecenas eu enim condimentum, consectetur ligula vel, tincidunt nisl. Nam laoreet dictum volutpat. Donec at erat venenatis, ultrices lorem ac, vestibulum neque.



Figure I.11: Relaxation time in dark with experiment configuration

I.3 Dynamics of carrier coupled in the λ -level system

I.3.1 Influence of the strain anisotropy

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Curabitur tortor quam, imperdiet quis facilisis sed, fringilla a quam. Cras ante odio, hendrerit ac ante nec, cursus imperdiet urna. Mauris convallis ultricies purus, nec condimentum erat bibendum vel. Aliquam erat volutpat. Pellentesque condimentum, eros a consequat accumsan, turpis sem euismod nisi, sed fringilla quam turpis sit amet erat. Mauris dictum odio sed nisi dapibus, et molestie mauris rutrum. Praesent convallis dolor in nibh blandit bibendum. Quisque sit amet arcu consectetur lorem luctus venenatis nec quis dui. Aliquam erat volutpat. Aenean auctor elit nec tristique dignissim. Nulla massa mi, efficitur semper ex id, pretium eleifend massa. Vivamus sit amet orci scelerisque, gravida est ut, vulputate odio.

Curabitur eget ipsum egestas duì viverra suscipit. Cras aliquet lacus vitae erat finibus semper. Nulla pharetra eget urna vitae sodales. Nunc faucibus velit lacus, nec ornare eros aliquet quis. Donec a orci nec sem pulvinar ultricies sit amet ut arcu. Nullam id vehicula enim, at tincidunt velit. Duis vestibulum lorem a molestie fringilla. Nullam tincidunt semper placerat. Donec nibh sem, ornare eget cursus ac, luctus sit amet eros. Phasellus eget interdum nisi. Donec mollis risus id lectus fringilla, et commodo risus iaculis. Donec at lacus sed nibh posuere posuere sit amet eget sapien. In dignissim, enim sit amet convallis fermentum, lacus nulla gravida tortor, non facilisis ex nisl sit amet augue. Maecenas eu enim



Figure I.12: Energy structure with $|3, +1\rangle$ and $|3, -1\rangle$, and $|2, +1\rangle$ and $|2, -1\rangle$ coupled by E

condimentum, consectetur ligula vel, tincidunt nisl. Nam laoreet dictum volutpat. Donec at erat venenatis, ultrices lorem ac, vestibulum neque.



Figure I.13: Experiment configuration $|3, +1\rangle$ + Polarization decline and polar rate

I.3.2 Evolution under magnetic field

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Curabitur tortor quam, imperdiet quis facilisis sed, fringilla a quam. Cras ante odio, hendrerit ac ante nec, cursus imperdiet urna. Mauris convallis ultricies purus, nec condimentum erat bibendum vel. Aliquam erat volutpat. Pellentesque condimentum, eros a consequat accumsan, turpis sem euismod nisi, sed fringilla quam turpis sit amet erat. Mauris dictum odio sed nisi dapibus, et molestie mauris rutrum. Praesent convallis dolor in nibh blandit bibendum. Quisque sit amet arcu consectetur lorem luctus venenatis nec quis dui. Aliquam erat volutpat. Aenean auctor elit nec tristique dignissim. Nulla massa mi, efficitur semper ex id, pretium eleifend massa. Vivamus sit amet orci scelerisque, gravida est ut, vulputate odio.



Figure I.14: Schema of the QD with spin and magnetic field orientation, and action of the magnetic field on the spin.

Curabitur eget ipsum egestas du viverra suscipit. Cras aliquet lacus vitae erat finibus semper. Nulla pharetra eget urna vitae sodales. Nunc faucibus velit lacus, nec ornare eros aliquet quis. Donec a orci nec sem pulvinar ultricies sit amet ut arcu. Nullam id vehicula enim, at tincidunt velit. Duis vestibulum lorem a molestie fringilla. Nullam tincidunt semper placerat. Donec nibh sem, ornare eget cursus ac, luctus sit amet eros. Phasellus eget interdum nisi. Donec mollis risus id lectus fringilla, et commodo risus iaculis. Donec at lacus sed nibh posuere posuere sit amet eget sapien. In dignissim, enim sit amet convallis fermentum, lacus nulla gravida tortor, non facilisis ex nisl sit amet augue. Maecenas eu enim condimentum, consectetur ligula vel, tincidunt nisl. Nam laoreet dictum volutpat. Donec at erat venenatis, ultrices lorem ac, vestibulum neque.



Figure I.15: Polarization rate evolution in $B(x$ and $z)$ and simulation